

Universidade Federal do Ceará
Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes

Dissertação de Mestrado

**PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
DO *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000* PARA
ANÁLISE DE VIAS ARTERIAIS URBANAS
EM FORTALEZA**

Francisco Suliano Mesquita Paula

2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
DO *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000* PARA
ANÁLISE DE VIAS ARTERIAIS URBANAS EM FORTALEZA**

FRANCISCO SULIANO MESQUITA PAULA

**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. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, PhD.

**Fortaleza
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

PAULA, FRANCISCO SULIANO MESQUITA

Proposta de Adaptação da Metodologia do *Highway Capacity Manual 2000* para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza, 2006.

XIII, 158 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| 1. Transportes - Dissertação | 2. HCM |
| 3. Qualidade do tráfego | 4. Vias arteriais |

CDD 388

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PAULA, F. S. M. (2006). Proposta de Adaptação da Metodologia do *Highway Capacity Manual 2000* para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 158 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Francisco Suliano Mesquita Paula

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Proposta de Adaptação da Metodologia do *Highway Capacity Manual 2000* para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza.

Mestre / 2006

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.

Francisco Suliano Mesquita Paula
Rua Júlio César, 2233
60425-350 – Fortaleza/CE – Brasil

**PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
DO *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000* PARA
ANÁLISE DE VIAS ARTERIAIS URBANAS EM FORTALEZA**

Francisco Suliano Mesquita Paula

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 Elizabeth Pinheiro Moreira, D.Sc.
(Examinadora Interna)

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

FORTALEZA, CE – BRASIL

Fevereiro de 2006

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.

PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA
DO *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000* PARA
ANÁLISE DE VIAS ARTERIAIS URBANAS EM FORTALEZA

Francisco Suliano Mesquita Paula

Fevereiro / 2006

Orientador: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, PhD.

As vias arteriais são responsáveis pelo deslocamento da maioria do tráfego de passagem nas grandes cidades brasileiras, tornando prioritário o gerenciamento desses corredores com o intuito de manter níveis aceitáveis de fluidez do tráfego veicular. O *Highway Capacity Manual* – HCM 2000 é um manual americano que contém metodologias para a avaliação do nível de serviço e estimação da capacidade de diversos elementos do sistema viário, incluindo uma específica para a análise de vias urbanas. Essa metodologia pode ser dividida em três métodos: 1º Método – Determinação da classe da via; 2º Método – Estimação do nível de serviço; e 3º Método – Simulação da velocidade média de percurso. Neste trabalho, entretanto, considerou-se como hipótese de pesquisa que essa metodologia não é adequada à realidade brasileira, devido às diferenças existentes tanto em relação às características físico-operacionais do sistema viário, quanto ao comportamento dos seus usuários. Portanto, esta pesquisa de dissertação objetivou verificar a adequabilidade da metodologia do HCM 2000 às vias arteriais de Fortaleza, propondo adaptações para torná-la mais eficaz na avaliação da qualidade do tráfego de passagem nos corredores arteriais dessa cidade. As discussões conceituais foram complementadas por análises quantitativas dos dados de uma amostra de 15 dos principais corredores de Fortaleza, resultando em propostas de alteração nos dois primeiros métodos, além de recomendação de utilização do 3º Método apenas em análises de planejamento. Espera-se que as conclusões deste estudo contribuam para o futuro desenvolvimento de uma metodologia genuinamente nacional que retrate com precisão a realidade do tráfego nas vias arteriais urbanas brasileiras.

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.

**PROPOSED ADJUSTMENT IN HIGHWAY CAPACITY MANUAL
2000 METHODOLOGY FOR URBAN ARTERIAL STREETS
ANALYSIS IN FORTALEZA.**

Francisco Suliano Mesquita Paula

Fevereiro / 2006

Advisor: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, PhD.

Arterial streets are responsible for the vast majority of the transient traffic in large Brazilian cities, thus their adequate supervision is a major concern in order to maintain acceptable levels of mobility in the network. The Highway Capacity Manual – HCM 2000 is a manual produced by United States transportation agencies providing methodologies for the assessment of the level of service and to estimate the capacity of several components of the traffic system, including a specific section regarding urban streets analysis. This methodology is divided in two methods: 1st Method – Street class determination; 2nd Method – Level of service assessment; and 3rd Method – Simulation of the space average speed . In this work, however, the assumed research hypothesis has considered this methodology to be inappropriate to the Brazilian reality due to differences in the physical-operational aspects of the network as well as differences in drivers behaviour characteristics. Consequently, this research aimed to verify the feasibility of the HCM 2000 methodology to arterial streets of Fortaleza and suggest adjustments to improve its effectiveness vis-à-vis the quality assessment of the transient traffic corridors in this city. Conceptual debates were complemented by the quantitative analysis of a 15 sample dataset obtained from the most important traffic corridors in Fortaleza. As a result, adjustments in the two first methods were suggested and the 3rd method was found to be recommended for planning analysis purpose only. The findings in this research are expected to contribute for the further development of a fully national methodology that would able to accurately reflect the Brazilian urban arterial streets traffic scenario.

DEDICATÓRIA

*À minha família,
Por sempre estar presente na minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Algumas pessoas participaram de forma especial para que esta dissertação pudesse ter sido realizada, quer seja pelo lado profissional ou pessoal. Assim, faço questão registrar os seguintes agradecimentos:

Aos meus pais Ursulino Paula Neto e Maria Salete Mesquita Paula e minha irmã Suliana Mesquita Paula, responsáveis diretos pela minha formação pessoal e pelo apoio dedicado em todos os momentos, e ainda, pelos ensinamentos repassados no dia-a-dia.

Aos meus amigos Suetônio Cavalcante, Webster Pinheiro e Alexandre Neto que sempre me incentivaram a iniciar e a concluir este curso de Mestrado.

Aos meus amigos de infância Ronaldo Brito, Fábio Bezerra e Sidnei Santos que foram essenciais na minha formação pessoal e que sempre acompanharam, com sentimento de irmãos, as minhas atividades acadêmicas.

Às minhas amigas e companheiras de trabalho Rosina Lopes, Lara Hill e Venina Oliveira que muito contribuíram, através de um forte apoio pessoal e profissional.

Aos meus amigos e Engenheiros de Transporte Flávio Cunto e Henrique Marques, pessoas maravilhosas com quem tive o prazer de trabalhar, conhecer e conviver, e que sempre me apoiaram e contribuíram significativamente em minha formação profissional.

Ao Prof. Vanildo Mendes de Medeiros que foi um dos mestres durante a minha formação acadêmica e o responsável direto pelo meu ingresso na área de Engenharia de Transportes.

Aos engenheiro(a)s Dante Rosado, Francisco Moraes, Felipe Viana e Hermania Saskia pelo apoio durante a calibração e validação dos modelos.

À Autarquia Municipal de Trânsito de Fortaleza pela permissão de concluir as disciplinas e a elaboração do texto de dissertação durante parte do horário de trabalho.

Ao Prof. Felipe Loureiro pela magnífica orientação e pelos essenciais ensinamentos repassados durante todo o período do estudo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	4

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM.....	7
2.1 INTRODUÇÃO.....	7
2.2 O HCM 1985 E AS ATUALIZAÇÕES DE 1994 E 1997.....	9
2.3 ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM 2000.....	19
2.3.1 1º Método – Determinação da Classe da Via	22
2.3.2 2º Método – Simulação do NS.....	25
2.3.3 3º Método – Simulação da VMP.....	28
2.3.4 Considerações finais sobre o HCM 2000.....	37
2.4 ESTUDOS RELACIONADOS COM A AVALIAÇÃO DO HCM.....	39
2.4.1 Adaptação do HCM para Taiwan.....	39
2.4.2 Dissertação de Gasparini.....	43
2.4.3 Projeto Rede Tráfego.....	45
2.4.4 Síntese comparativa.....	47
2.4.5 Planejamento do TRB para melhoria do HCM 2000.....	48
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS ARTERIAIS DE FORTALEZA.....	52
3.1 INTRODUÇÃO.....	52
3.2 O SISTEMA VIÁRIO DE FORTALEZA.....	53
3.2.1 A classificação viária planejada de Fortaleza.....	53
3.2.2 O sistema viário básico existente no Município.....	55
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CORREDORES DA AMOSTRA.....	58
3.3.1 Seleção dos corredores de tráfego.....	58

3.3.2	Descrição das pesquisas de velocidade e retardamento.....	60
3.3.3	Dados coletados através do sistema CTAFOR.....	61
3.3.4	Caracterização operacional dos corredores da amostra.....	62
3.3.5	Considerações Finais.....	64

CAPÍTULO 4

A VERIFICAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DOS MÉTODOS.....66

4.1	O PROCESSO DE VERIFICAÇÃO.....	66
4.2	1º MÉTODO.....	66
4.2.1	Considerações sobre a classificação viária de Fortaleza.....	66
4.2.2	Aplicação.....	69
4.3	2º MÉTODO.....	74
4.3.1	Considerações conceituais.....	74
4.3.2	Análise estatística sobre a amostra de VMP dos corredores.....	75
4.3.3	Aplicação.....	78
4.4	3º MÉTODO.....	80
4.4.1	A simulação da VMP em corredores arteriais de Fortaleza.....	80
4.4.2	Aplicação.....	80
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
4.5.1	Sobre o 1º Método.....	85
4.5.2	Sobre o 2º Método.....	86
4.5.3	Sobre o 3º Método.....	87

CAPÍTULO 5

A ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA.....88

5.1	INTRODUÇÃO.....	88
5.2	ADAPTAÇÃO DO 1º MÉTODO.....	89
5.2.1	Considerações iniciais.....	89
5.2.2	Definição dos novos critérios.....	90
5.2.3	Definição das categorias de valores para cada critério.....	95
5.2.4	Definição da nova quantidade de classes.....	98
5.2.5	O novo método de determinação da classe da via.....	99

5.3	A ADAPTAÇÃO DO 2º MÉTODO.....	102
5.3.1	Considerações iniciais.....	102
5.3.2	A metodologia do HCM 2000.....	103
5.3.3	A metodologia de PEREIRA NETO <i>et al.</i> (2003).....	106
5.3.4	A metodologia proposta para a adaptação do 2º Método.....	108
5.3.5	O novo método de determinação do NS.....	110
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
5.4.1	1º Método.....	112
5.4.2	2º Método.....	112
5.4.3	Metodologia Adaptada.....	113
 CAPÍTULO 6		
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		114
6.1	CONCLUSÕES.....	114
6.2	RECOMENDAÇÕES.....	117
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		119
 ANEXO.....		122

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Metodologia do HCM 85 e 94 para estimação do NS.....	10
Figura 2.2:	Metodologia do HCM 2000 para determinação do NS.....	22
Figura 2.3:	Determinação das medidas quantitativas dos NS para a Classe 1.....	41
Figura 3.1:	Sistema Viário Básico do Município de Fortaleza e a amostra selecionada.....	55
Figura 3.2:	Vias utilizadas pelo tráfego de passagem em Fortaleza.....	56
Figura 4.1:	Tipos de viagens predominantes nas vias urbanas (HCM 2000).....	68
Figura 4.2:	Tipos de estacionamentos na via.....	68
Figura 5.1:	Estacionamento recuado fora da pista de tráfego com separador físico.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1:	Variação da velocidade em movimento com a densidade semafórica da Classe I para as VFL de 90, 80 e 70 km/h no HCM 2000.....	30
Gráfico 4.1:	Distribuições de frequência observadas e esperadas.....	77
Gráfico 5.1:	Padrão de comportamento da densidade semafórica.....	98
Gráfico 5.2:	Amplitude da taxa de movimento dos NS em cada classe (s/km).....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	Classificação das vias arteriais (HCM 85/94).....	12
Tabela 2.2:	Nível de Serviço de Vias Arteriais (HCM 85/94).....	13
Tabela 2.3:	Tempo em movimento por quilômetro no segmento (HCM 85/94).....	14
Tabela 2.4:	Determinação da classe da via (HCM 2000).....	24
Tabela 2.5:	Determinação das categorias funcional e de projeto (HCM 2000).....	25
Tabela 2.6:	Nível de serviço de vias urbanas (HCM 2000).....	26
Tabela 2.7:	Tempo em movimento por quilômetro no segmento (HCM 2000)	29
Tabela 2.8:	Amplitude Fatores de ajuste da progressão, <i>PF</i> (HCM 2000).....	33
Tabela 2.9:	Tipos de chegada de veículos em aproximações semaforizadas (HCM 2000).....	33
Tabela 2.10:	Valores de <i>k</i> para o tipo de controle (HCM 2000).....	35
Tabela 2.11:	Amplitude Valores de <i>I</i> para aproximações com interseções semaforizadas à montante (HCM 2000).....	36
Tabela 2.12:	Determinação da categoria de projeto (HCM 85 adaptado para Taipei).....	40
Tabela 2.13:	Valores ajustado do tempo em movimento (CHANG, 1985).....	42
Tabela 2.14:	Síntese comparativa entre os estudos relacionados ao HCM 2000.....	47
Tabela 3.1	Dados gerais da malha viária de Fortaleza.....	57
Tabela 3.2:	Dados gerais da malha viária de Fortaleza na área do CTAFOR.....	57
Tabela 3.3:	Vias representativas da rede arterial de Fortaleza.....	59
Tabela 3.4:	Grupos semânticos de PEREIRA NETO <i>et al.</i> (2003).....	62
Tabela 3.5:	Avaliação dos corredores no estudo de PEREIRA NETO <i>et al.</i> (2003).....	63
Tabela 3.6:	Resumo das variáveis dos corredores da amostra coletadas em campo.....	64
Tabela 4.1:	Agregação dos corredores por grupos.....	70
Tabela 4.2:	Resumo da classificação dos grupos de vias e comparativo antes/depois dos ajustes nas variáveis.....	73
Tabela 4.3:	VMP dos 42 trechos dos 15 corredores da amostra.....	76
Tabela 4.4:	Teste em par para as VMP manhã e tarde.....	76

Tabela 4.5:	Teste de aderência à distribuição Normal.....	77
Tabela 4.6:	NS dos corredores de acordo com o HCM 2000.....	79
Tabela 4.7:	NS dos corredores de acordo com o HCM 2000 – Análise de sensibilidade dos resultados em função do erro adotado.....	79
Tabela 4.8:	VMP e NS das Vias Arteriais de Fortaleza.....	82
Tabela 4.9:	Resumo da análise da VMP dos corredores de Fortaleza.....	83
Tabela 5.1:	Determinação da Categoria de Projeto (HCM 2000).....	90
Tabela 5.2:	Observação dos valores dos critérios nos corredores.....	95
Tabela 5.3:	Critérios propostos para classificação das vias arteriais de Fortaleza..	97
Tabela 5.4:	1º Método Adaptado.....	100
Tabela 5.5:	Classificação das vias da amostra segundo o 1º Método adaptado....	101
Tabela 5.6:	Nível de serviço de vias urbanas (HCM 2000).....	103
Tabela 5.7:	Amplitude de velocidade dos NS do HCM 2000 (Km/h).....	104
Tabela 5.8:	Taxa de movimento em cada da NS do HCM 2000 – limite superior (s/km).....	105
Tabela 5.9:	Amplitude da taxa de movimento em cada NS do HCM2000 (s/km).....	105
Tabela 5.10:	2º Método Adaptado.....	111
Tabela 5.11:	NS dos corredores de acordo com 2º Método adaptado.....	111

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Historicamente, as políticas públicas brasileiras vêm incentivando o crescimento gradativo dos automóveis particulares. Isso se iniciou na década de 50, por meio de altas taxações à importação de veículos e dos incentivos do governo federal às instalações de indústrias automobilísticas nacionais (BOTELHO, 2002). Esse setor veio se fortalecendo ao longo dos anos, tornando-se muito forte durante os anos 90, quando surgiu a concepção do “carro popular”, quadro que contribuiu para o acentuado crescimento da frota de veículos no território nacional. Segundo o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, somente no período de 1990 a 2003 a frota nacional de veículos dobrou, passando de 18 para 36 milhões de veículos, aproximadamente.

Entretanto, a oferta de sistema viário urbano não vem conseguindo acompanhar esse nível de crescimento do número de automóveis, principalmente em países como o Brasil, onde os recursos financeiros são escassos. Aliado a essa limitação, há o fato de que o espaço urbano relativo usado pelo transporte individual é significativamente superior ao usado pelo transporte coletivo. Dessa forma, a capacidade das vias urbanas tende a chegar facilmente ao seu limite, e o surgimento de congestionamentos nas principais áreas adensadas e nos corredores de passagem é praticamente inevitável. Esses impactos são percebidos pelos usuários no aumento do seu tempo de deslocamento e na conseqüente diminuição da sua velocidade média de percurso.

Esses deslocamentos em áreas urbanas e suas respectivas regiões metropolitanas são realizados, principalmente, utilizando-se vias expressas e arteriais. Porém, observa-se uma escassez ou mesmo ausência de vias expressas na maioria das cidades brasileiras. Dessa forma, torna-se prioritário para a gestão municipal monitorar, avaliar e planejar a circulação nesses corredores arteriais, para manter níveis de fluidez do tráfego aceitáveis, como forma de proporcionar menos atraso para a circulação de

veículos, diminuindo os custos no sistema de transporte, gerando menos poluição, e, conseqüentemente, ofertando uma melhor qualidade de vida para a população urbana.

Ressalta-se que a metodologia apresentada pelo *Highway Capacity Manual* – HCM é a única utilizada para o estudo de vias arteriais pela comunidade técnica brasileira, quer seja para fins de planejamento, de projeto ou operacionais. Assim, necessita-se investigar se essa metodologia é válida para a realidade nacional, pois adotar uma avaliação errônea causaria impacto sempre negativo no sistema de transportes, quer seja por subestimação, acarretando custos desnecessários para sua melhora, ou por superestimação, levando à não implementação de melhorias necessárias e elevando os custos de transporte e ambientais.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O HCM (TRB, 2000) é um manual americano utilizado mundialmente, que contém metodologias para a avaliação e a estimação do Nível de Serviço (NS) de diversas ofertas viárias do sistema de transporte terrestre urbano e rodoviário. Dentre essas metodologias apresentadas no HCM 2000, existe uma específica para a análise de vias urbanas, que é apresentada em duas etapas no manual: a primeira no Capítulo 10 – *Urban Street Concepts*, e a segunda no Capítulo 15 – *Urban Streets*. No primeiro capítulo, são apresentados alguns conceitos básicos e a forma de determinar a classe de uma via urbana; já no segundo, são discutidos outros parâmetros conceituais e apresentadas as formas de determinação do Nível de Serviço (NS) de uma via urbana e de simulação da velocidade média operacional do corredor. Para facilitar a compreensão e a forma de analisar essa metodologia, optou-se por decompô-la em três métodos, descritos a seguir.

O 1º Método é aquele que determina a classe da via, utilizando os seus aspectos funcionais, tais como acessibilidade e mobilidade, e os seus aspectos de projeto, tais como geometria e dados operacionais. O método é provavelmente incompatível com as características das vias brasileiras pela própria estrutura básica que considera características funcionais e de projeto dos corredores, a qual se aplica bem em um sistema viário hierarquizado como o americano. Essa realidade é diferente da

encontrada no cenário nacional, e particularmente em Fortaleza, em que se observam mínimas diferenças entre algumas vias locais e coletoras e até mesmo entre locais e arteriais, por exemplo.

O 2º Método é aquele que determina a qualidade do NS da oferta viária a partir da velocidade média operacional e da classe da via. Esse método pressupõe um modelo de percepção dos usuários em relação à qualidade do tráfego, o que o torna suspeito de ter sua utilização comprometida na realidade brasileira. E ainda, entende-se que esse modelo também tem limitações de aplicação em locais que experimentem níveis de congestionamentos bastante distintos, por não considerar que nesses dois cenários os usuários têm percepções diferenciadas.

Denominou-se 3º Método aquele que é utilizado para simular a velocidade média operacional do corredor considerando basicamente duas variáveis: o tempo médio em movimento entre interseções semaforizadas e o atraso médio total dispensado nesses locais, observando-se toda a corrente de tráfego de passagem. Vale ressaltar de imediato que cada uma dessas variáveis contém parâmetros que necessitam ser calibrados e validados para utilização nas cidades brasileiras.

Observa-se, portanto, que existe uma ferramenta disponível para a análise dos corredores de tráfego urbano. Porém, como é uma metodologia que foi desenvolvida para a realidade de um país com grandes diferenças econômicas, sociais, políticas, culturais, e que possui sistema viário com características geométricas e operacionais diferentes, estabelece-se como hipótese de pesquisa que essa metodologia não é adequada à realidade brasileira devido às diferenças existentes tanto em relação às características físico-operacionais do sistema viário quanto ao comportamento dos seus usuários.

Diante dessa grande diferença identificada entre o meio urbano americano e o nacional, se a metodologia fosse aplicada diretamente, poderíamos estar avaliando de forma equivocada as vias nacionais, fazendo com que a realidade não fosse retratada e compreendida de forma fidedigna.

1.3 OBJETIVOS

Esta pesquisa científica teve por objetivo geral propor uma adaptação na metodologia do HCM 2000 para análise de vias urbanas, para que se possa utilizá-la com confiabilidade nas vias urbanas de Fortaleza. Foram objetivos específicos desta pesquisa como forma de alcançar o objetivo geral:

- a) Revisar a bibliografia referente às diversas edições do HCM, buscando uma melhor compreensão da sua metodologia de análise do nível de serviço em vias urbanas;
- b) Caracterizar as vias arteriais de Fortaleza, proporcionando uma base de dados consolidada que possibilite a aplicação e a adaptação da metodologia;
- c) Verificar a adequabilidade de cada um dos três métodos que compõem a metodologia de análise de vias urbanas do HCM 2000, quando da sua aplicação para vias arteriais de Fortaleza;
- d) Propor alterações conceituais e adaptações em cada método, se necessário, a partir dos resultados e das conclusões da verificação da sua adequabilidade.

1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Apresenta-se, a seguir, um breve resumo dos capítulos que constituem a presente dissertação.

No presente capítulo expõe-se o contexto no qual está inserido o tema desta dissertação. Em seguida, são descritos o problema e a hipótese e de pesquisa, destacando no primeiro a sua relevância e motivação para a investigação e o tratamento. Por fim, apresenta-se o objetivo geral e os específicos deste trabalho científico, bem como esta breve descrição dos seis capítulos da dissertação.

No Capítulo 2 é descrita, primeiramente, a evolução do HCM como um todo, desde a sua primeira versão em 1950 até a versão publicada em 2000, que se encontra vigente até o momento. Em seguida, descreve-se em específico a metodologia para

análise de vias urbanas apresentada pela primeira vez no HCM 85 (TRB, 1985), seguida pelas atualizações de 1994 e 1997, destacando-se as alterações relevantes de uma para outra. Numa terceira etapa é apresentada de forma detalhada a metodologia da última publicação do HCM pelo *Transportation Research Board* – TRB no ano de 2000, realizando-se uma análise sobre os conceitos gerais de cada método e as suas conseqüências. Finalizando o capítulo, apresentam-se alguns estudos relacionados com a avaliação da metodologia do HCM, uma síntese comparativa entre esses estudos e o planejamento do *Transportation Research Board* – TRB para melhoramento e atualização do HCM 2000.

No Capítulo 3 apresenta-se, de início, a malha viária de Fortaleza com os seus principais corredores de tráfego e a justificativa de escolha da amostra que será estudada neste trabalho científico. Em seguida, define-se os dados que serão utilizados para a aplicação da metodologia do HCM2000 e a forma como foram coletados. No final desse Capítulo, é feita toda a caracterização dos corredores arteriais de Fortaleza e a organização desses dados de forma que se possa utilizá-los para a realização das adaptações propostas.

No Capítulo 4 discute-se conceitualmente a relação da metodologia do HCM2000, direcionando-a para a realidade das vias arteriais de Fortaleza e ressaltando os métodos que não são compatíveis com a realidade local. São realizadas aplicações de cada um dos métodos utilizando os dados da amostra de vias arteriais de Fortaleza, caracterizadas no Capítulo 3. É realizada, ainda, uma análise estatística sobre os dados de velocidade média operacional dos corredores, buscando identificar o comportamento da população do conjunto de vias arteriais de Fortaleza a partir da amostra coletada. Por fim, são feitos comentários e recomendações com relação às adaptações a serem feitas em cada método.

No Capítulo 5 é realizada a adaptação da metodologia para análise de vias urbanas. Com base nas discussões e nas aplicações apresentadas nos capítulos anteriores, propõem-se novas categorias de projeto que agrupem os corredores de Fortaleza de forma homogênea e, a partir desses resultados, redefine-se a nova forma de determinação da classe de vias urbanas para a realidade local. Também é realizada nessa

parte do trabalho a proposição de uma nova forma de modelar a percepção do usuário com relação à qualidade do tráfego em vias arteriais. Buscou-se identificar uma forma que fosse adaptada não só à realidade de Fortaleza, mas também que pudesse ser calibrada a outros cenários. Dessa forma, propôs-se então uma adaptação à metodologia americana para a redefinição de novos limites de velocidade para todos os NS, em cada classe de via que foi definida na adaptação do 1º método.

No último capítulo são apresentadas as conclusões gerais desta pesquisa científica tendo como base os objetivos da dissertação, ressaltando-se as dificuldades encontradas ao longo das etapas e as limitações do trabalho. Por fim, apresentam-se sugestões no caso de replicações deste estudo para outras cidades e recomendações de continuidade do estudo de avaliação e análise de vias urbanas.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM

2.1 INTRODUÇÃO

O *Transportation Research Board* – TRB, por intermédio de um comitê estabelecido no *Highway Capacity and Quality of Service*, é responsável desde 1944 pela elaboração de diretrizes para os engenheiros de transporte nos Estados Unidos da América que tinham como objetivo estimar a capacidade viária. Esse comitê reuniu os principais profissionais da área buscando agrupar os métodos de estimação da capacidade existentes, nas mais diversas ofertas de transportes, e organizá-lo num manual. Dessa forma, surgiu em 1950 a primeira versão do *Highway Capacity Manual* – HCM, vindo a ser um método padrão para a análise de capacidade rodoviária dos EUA, traduzido em 9 outras línguas além da inglesa, tornando-se assim divulgado mundialmente. Nos anos subsequentes foi atualizado nas versões publicadas em 1965, 1985 e por último em 2000, atualmente em vigência (KITTELSON, 2000). Ressalta-se que as publicações de 1994 e 1997 são consideradas como atualizações da versão de 1985.

O Manual aborda, desde a sua primeira publicação, métodos para a estimação do Nível de Serviço (NS) de rodovias, interseções semaforizadas, zonas de intercruzamentos e acessos rodoviários. Ao longo da sua evolução foram incorporadas outras metodologias surgidas devido a novas questões levantadas pela comunidade técnica. Daí foram introduzidas na versão de 1965 metodologias para a análise de vias expressas e de sistemas de transporte público, e ainda diretrizes para a análise de interseções não semaforizadas. Porém, questões referentes a vias urbanas surgiram no início da década de 70, as quais tiveram foco mais direcionado, passando então a ser discutidas e estudadas. Assim, a atualização do HCM publicada em 1985 (TRB, 1985) dedicou um capítulo à análise de vias urbanas, e por meio da evolução da metodologia para análise de interseções semaforizadas – que é diretamente interligada às vias urbanas – essa metodologia vem sendo atualizada nas versões subsequentes.

Nos capítulos iniciais do HCM 2000, onde são definidos os conceitos gerais que são válidos para todas as metodologias contidas no manual, identifica-se claramente que a finalidade primária do manual é funcionar como uma ferramenta de simulação. Essa concepção busca responder questões do tipo “qual a oferta viária que suporta uma determinada demanda?” e “até quando isso acontece?” ou caracterizando-se tipicamente como procedimentos de simulação. No que se refere à avaliação do cenário atual, o HCM registra que podem ser utilizados dados coletados em campo, porém de forma bastante discreta, enfatizando que o manual tem a capacidade de representar com precisão a situação real e estimulando, dessa forma, a utilização dos métodos de simulação. Observa-se ainda, implicitamente no contexto, que ao longo da evolução do manual foram dedicados pequenos esforços na avaliação de atributos de percepção do usuário. No manual é citado que o conceito de nível de serviço representa essa percepção, porém não comenta a forma como esse parâmetro foi identificado. Outro fato relevante é que o HCM 2000 introduziu capítulos específicos para análises de corredores e de áreas, sendo o primeiro constituído de um conjunto de vias urbanas e o segundo auto-explicativo pela própria denominação, demonstrando assim uma preocupação mais forte com a macro análise. Por fim, entende-se que o manual foi concebido, também, com objetivos de avaliação de alternativas e de análises de viabilidade econômica e de impactos ambientais, tendo uma grande aplicação na área de planejamento estratégico.

A partir desses conceitos iniciais, pretende-se neste capítulo analisar cada uma das versões publicadas no que se refere a vias urbanas, procurando entender o escopo da metodologia e identificar as suas alterações ao longo do tempo. Em seguida, são apresentados estudos de avaliação e adaptação do HCM, na tentativa de identificar as limitações da metodologia em relação à realidade de outros países – com destaque para o Brasil – e, ainda, relatar a experiência de um estudo nacional relacionado com a análise da qualidade do tráfego e da circulação em vias arteriais urbanas brasileiras. Ao final deste Capítulo procura-se agrupar e organizar todas essas informações com a finalidade de direcionar as etapas seguintes do trabalho.

2.2 O HCM 1985 E AS ATUALIZAÇÕES DE 1994 E 1997

Identifica-se no manual que as metodologias apresentadas têm três tipos de análise distintos: operacional, de projeto e de planejamento. O primeiro está relacionado com intervenções geralmente de baixo custo, as quais são aplicadas em situações existentes na busca de resultados imediatos, e que, ocasionalmente, pode ser utilizado para avaliar a necessidade de intervenções maiores. O segundo encontra-se associado a intervenções que exijam alteração de projeto físicos, acarretando mudanças nas condições de operação do cenário avaliado e se refletindo em resultados de médio a longo prazo. O terceiro está voltado para análises estratégicas, como a duplicação de uma via ou o impacto do crescimento da demanda, por exemplo. Entende-se que esses conceitos devem ficar bastante claros para que o analista possa aplicar a metodologia de forma adequada com o objetivo final do estudo a ser desenvolvido.

Essa abordagem global sobre as formas de aplicação da metodologia e a sua própria estrutura básica não se alterou ao longo dessas três versões. Primeiramente, determina-se o trecho do corredor a ser estudado, a classe da via, a velocidade de fluxo livre (VFL) e os segmentos (subdivisões do trecho). Em seguida, com os dados de velocidade média de percurso coletados em campo, determina-se o nível de serviço (NS) dos segmentos e o trecho em estudo. No caso da impossibilidade dessa coleta em campo, pode-se simular essa velocidade média de percurso (VMP) com base em dados operacionais do corredor.

O HCM apresenta a seqüência a ser seguida para a aplicação da metodologia, dividindo-a em sete etapas, que podem se transformar em cinco, no caso de ser possível a coleta dos dados de velocidade em campo (ver Figura 2.1). Porém, achou-se conveniente dividi-la em três métodos para uma melhor compreensão da sua estrutura. O 1º Método determina a Classe da via, em função das características funcionais e de projeto. O 2º Método contempla a simulação do NS dos segmentos e/ou do trecho como um todo, tendo como base a VFL, a classe da via e a VMP. Já o 3º Método compreende a simulação da VMP no caso da impossibilidade da sua coleta diretamente em campo, em função da determinação do tempo em movimento entre as interseções semaforizadas, do atraso nessas interseções e do comprimento dos segmentos. Na figura 2.1 apresenta-se o fluxograma proposto pela versão de 1985 e pela atualização de 1994

do HCM, com destaque da agregação da metodologia nos três métodos aqui representados.

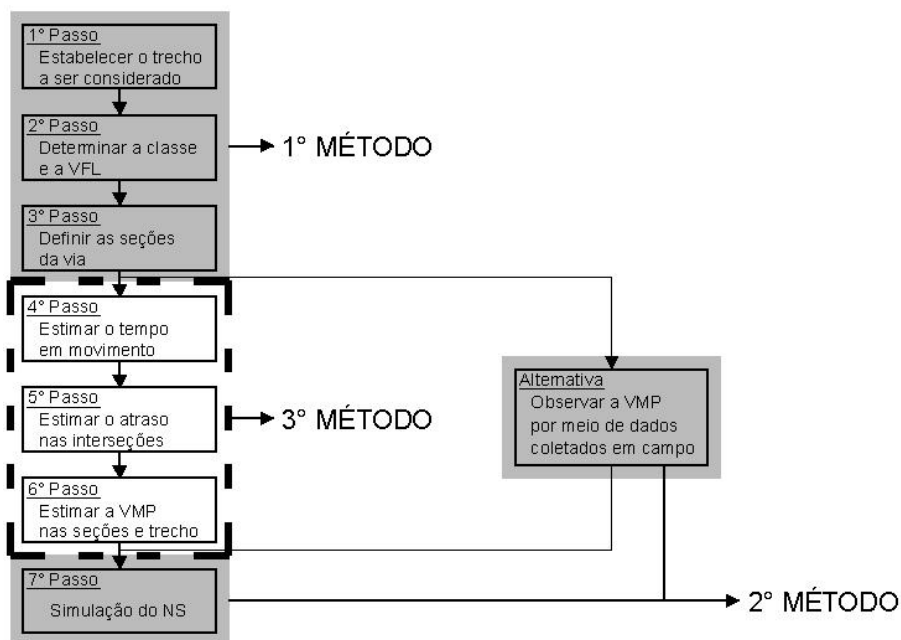


Figura 2.1: Metodologia do HCM 85 e 94 para simulação do NS

Observa-se ainda, na Figura 2.1, que a forma como o HCM apresenta a metodologia induz o analista a interpretar que a seqüência lógica de aplicação é necessariamente a utilização do 3º Método com a coleta da VMP em campo sendo somente uma alternativa. Contudo, entende-se que a forma mais adequada de sua aplicação deve ser a utilização do 3º Método somente quando não for possível a coleta em campo, podendo ser justificada por questões financeiras ou operacionais. Entende-se, ainda, que esse método pode ser utilizado no caso de estudos de planejamento de novas vias, onde não é possível se obter uma amostra dos dados reais, daí a justificativa de se adotar os passos 4, 5 e 6 como 3º Método, criando uma ordem de aplicação da metodologia como um todo e ressaltando a opção de não se utilizar esse último.

Fica bem explícito no HCM que essa metodologia não é direcionada para a determinação da capacidade da via, já que ela é definida pela capacidade das interseções semaforizadas, que é avaliada por outra metodologia do HCM. Os estudos desenvolvidos com a finalidade de análise operacional e de projeto devem rigorosamente investigar todos os efeitos do espaçamento semaforico, da classe da via e

do fluxo de tráfego, já que se necessita de resultados com um maior nível de precisão. Já para o caso de estudos de planejamento, o HCM tolera uma simplificação com relação aos dados de entrada por meio da utilização de valores padrões propostos na metodologia. Porém, a metodologia considera que o conhecimento sobre a qualidade de progressão e os tempos semafóricos são fundamentais mesmo para esse tipo de análise.

Embora a estrutura da metodologia não tenha sido alterada, foram implementadas algumas modificações conceituais e numéricas ao longo das atualizações. A primeira versão do HCM a apresentar a metodologia para a análise de vias urbanas foi a de 85, a qual é descrita em seu Capítulo 11 – *Urban and Suburban Arterials*. Nesse capítulo, logo de início, são definidos os tipos de vias que se enquadram nessa classe, que são aquelas de comprimento de pelo menos 2 milhas (3,218 km), tendo movimentos de conversões que não excedam 20% do volume total de tráfego. Essa definição foi alterada na atualização de 1994, na qual o tamanho do trecho (comprimento total da via a ser estudada) passou a ser de 1 milha (1,609 km) para áreas centrais, e de 2 milhas para outras áreas, devendo esses trechos ter semáforos espaçados de no mínimo 200 pés (60,96 m) em áreas centrais, de 400 pés (121,92 m) em áreas intermediárias e em torno de 2 milhas em outras áreas.

A partir dessa delimitação, essas vias são divididas em dois grandes grupos, de um lado “vias coletoras” e “vias pertencentes a áreas centrais” (*downtown*), e do outro “rodovias suburbanas de múltiplas faixas” e “rodovias rurais”. As vias coletoras caracterizam-se por proporcionar tanto o acesso aos lotes quanto à circulação do tráfego em áreas residenciais, comerciais e industriais.

Outros fatores inerentes às vias coletoras são que a sua função de acessibilidade é mais importante que a das vias arteriais e as interseções com outras vias nem sempre possuem semáforo. As vias de áreas centrais são aquelas que possuem conflitos internos de pedestres, e outras interrupções da corrente de tráfego causadas por manobras de estacionamento, paradas de ônibus, circulação e carga/descarga de veículos pesados, e embarques e desembarques de passageiros. O HCM 85 considera ainda que as vias de áreas centrais alteram a sua forma de operação ao longo do dia, transformando-se em vias arteriais normalmente durante o horário de pico. Já as rodovias suburbanas de

múltiplas faixas e rodovias rurais caracterizam-se por não possuir adensamento do uso do solo lindeiro à via, poucos pontos de acesso a outras vias e interseções semaforizadas espaçadas de mais de 2 milhas, as quais não se alteraram na atualização de 1994.

A versão de 1985 e a atualização de 1994 do HCM estabelecem a determinação da classe da via (1º Método) de forma semelhante. Primeiramente, determina-se a categoria funcional da via com base em critérios de mobilidade, acessibilidade, conectividade e características das viagens. As categorias funcionais dividem-se em duas: arterial principal e arterial secundária. Em seguida, define-se a categoria de projeto em função de critérios de densidade de acessos a lotes, geometria, estacionamento, faixas exclusivas para conversão à esquerda, densidade de semáforos, velocidade limite, volume de pedestres e uso do solo lindeiro à via. As categorias de projeto dividem-se em três: suburbanas, intermediárias e urbanas. Definidas essas categorias é determinada a classe da via por meio de uma classificação cruzada como se apresenta na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Classificação das vias arteriais (HCM 85/94)

Categoria de projeto	Categoria funcional	
	Via arterial principal	Via arterial secundária
Suburbana	I	II
Intermediária	II	III (85); II ou III (94)
Urbana	III (85); II ou III (94)	III

Fonte: Tradução da Tabela 11-3 do HCM 85/94 (TRB, 1895 e 1994)

Pode-se observar que existe uma flexibilidade na atualização de 1994 para a determinação da classe da via. Segundo FAMBRO (1994), isso se deve ao fato de ser constatada uma grande rigidez que o HCM 85 impunha, não conseguindo com isso englobar toda a variedade de vias arteriais suburbanas e urbanas, pois algumas vias se enquadravam em mais de uma categoria funcional e/ou de projeto, enquanto outras vias não se enquadravam em nenhuma categoria definida. Para aliviar esse problema, os critérios para a classificação ficaram mais flexíveis e, em alguns casos, ocorre uma sobreposição nos valores das variáveis desses critérios. Exemplos típicos são a mudança da quantidade de semáforos por milha de 1 a 4, 4 a 8 e 8 a 12 – no HCM 85 – para 1 a 5, 4 a 10 e 6 a 12 – na atualização de 1994 –, e a possibilidade de uma via considerada de classificação funcional “arterial principal” e de categoria de projeto “urbana” poder ser classificada tanto como uma via de Classe II ou III, como se observa na Tabela 2.1.

Entende-se que essa flexibilidade foi, de propósito, delegada ao engenheiro analista para que se pudesse utilizar a metodologia da forma mais adequada a cada cenário analisado.

O 2º Método apresenta a forma de determinação do NS dos segmentos e da via como um todo (trecho). Para cada classe de via é definido um intervalo e um valor típico para a velocidade de fluxo livre (VFL). Essa velocidade é aquela em que o motorista trafega sob condições de fluxo suficientemente baixo para que não exista interferência da interação com outros veículos, sem sofrer qualquer atraso devido às interseções semaforizadas. Os intervalos de velocidade que limitam os seis níveis de serviço (divididos entre A a F) são definidos a partir de uma percentagem dessa VFL. Os NS A, B, C, D, E e F são definidos como a condição em que a via ou os segmentos operam com velocidade média de percurso da corrente de tráfego em torno de 90%, 70%, 50%, 40%, 33% e entre 33% e 25% da VFL, respectivamente, sendo o NS A as melhores condições de operação e o NS F as piores, destacando que o NS E representa a capacidade viária. Como o nível de serviço representa a percepção do motorista dessas condições (TRB, 2000), entende-se, dessa forma, que o manual considera que a velocidade de fluxo livre retrata, pelo menos para a realidade americana, a forma como o usuário do transporte individual percebe as alterações dessas condições. Vale ressaltar que esse método não sofreu nenhuma alteração na atualização de 1994 do HCM, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Nível de Serviço de Vias Arteriais (HCM 85/94)

Classe da Via	I	II	III
Limites da VFL [mph (km/h)]	45 a 35 (72 a 56)	35 a 30 (56 a 48)	35 a 25 (58 a 40)
VFL típica [mph (km/h)]	40 (64)	33 (53)	27 (43)
Nível de Serviço	Velocidade Média de Percurso [mph (km/h)]		
A	≥ 35 (56)	≥ 30 (48)	≥ 25 (40)
B	≥ 28 (45)	≥ 24 (39)	≥ 19 (31)
C	≥ 22 (35)	≥ 18 (29)	≥ 13 (21)
D	≥ 17 (27)	≥ 14 (23)	≥ 9 (15)
E	≥ 13 (21)	≥ 10 (16)	≥ 7 (11)
F	< 13 (21)	< 10 (16)	< 7 (11)

Fonte: Tradução da Tabela 11-1 do HCM 85/94 (TRB, 1895 e 1994)

O 3º Método, que estima a velocidade média de percurso (VMP), tem sido a etapa metodológica mais atualizada desde a publicação do HCM 85. Vários estudos

científicos de diferentes autores, realizados ao longo das últimas décadas, contribuíram para uma melhor precisão na estimativa dos valores de velocidade média de percurso, dos quais podemos citar dois principais: ROUPHAIL (1989), que avançou nos estudos relativos aos fatores de ajuste de progressão, e AKCELIK (1988), que contribuiu com estudos referentes à fórmula do atraso em interseções semaforizadas. Como podemos observar pela Figura 2.1, para se estimar a VMP são simulados os tempos médios em movimento e o atraso dos veículos devido às interseções semaforizadas. Portanto, o 3º Método caracteriza-se como um procedimento de simulação operacional da velocidade média de percurso.

A determinação do tempo em movimento que é apresentada na Tabela 2.3 baseia-se em valores semelhantes na versão de 1985 e na atualização de 1994. Observa-se que, implicitamente, estão representadas as densidades semaforizadas, já que os comprimentos dos segmentos são definidos pelas interseções semaforizadas.

Tabela 2.3 – Tempo em movimento por quilômetro no segmento (HCM 85/94)

Classe da via	I			II		III		
VFL [mph (km/h)]	45 (72)	40 (64)	35 (56)	35 (56)	30 (48)	35 (56)	30 (48)	25 (40)
Extensão média do segmento [mi (m)]	Tempo de percurso por quilometro [s/mi (s/km)]							
0.05 (80)	-	-	-	-	-	-	227 (365)	265 (426)
0.10 (160)	-	-	-	145 (233)	155 (249)	165 (265)	180 (290)	220 (354)
0.15 (240)	-	-	-	135 (217)	141 (227)	140 (225)	150 (241)	180 (290)
0.20 (320)	109 (175)	115 (185)	125 (201)	128 (206)	134 (216)	130 (209)	140 (225)	165 (265)
0.25 (400)	104 (167)	110 (177)	119 (191)	120 (193)	127 (204)	122 (196)	132 (212)	153 (246)
0.30 (480)	99 (159)	102 (164)	110 (177)	-	-	-	-	-
0.40 (640)	94 (151)	96 (154)	105 (169)	-	-	-	-	-
0.50 (800)	88 (142)	93 (149)	103 (166)	-	-	-	-	-
1.00 (1610)	80 (129)	90 (144)	103 (166)	-	-	-	-	-

Fonte: Tradução da Tabela 11-4 do HCM 85/94 (TRB, 1985 e 1994)

Notas:

1. É aconselhável ter um valor estimado da velocidade de fluxo livre. Se isso não for possível, a tabela abaixo pode ser usada, assumindo os seguintes valores padrão:

Classe da Via	VFL [mph (km/h)]
I	40 (64)
II	35 (56)
III	30 (48)

2. Para comprimentos de segmentos muito longos na Classe I (1 milha ou mais), a VFL pode ser usada para estimar o tempo em movimento por milha. Esses tempos são mostrados para comprimentos de segmentos de 1 milha.
3. Se a classe I tiver um segmento menor do que 0.20 mi, (a) reavaliar a classificação e se permanecer um segmento distinto (b) usar os valores para 0.20mi;
4. Do mesmo modo, vias urbanas de Classes II e III com extensão maior do que 0.25 mi devem ser reavaliadas (ou seja, a classificação está correta?). Se necessário, os valores acima podem ser interpolados.
5. Embora essa tabela não apresente a dependência da velocidade em movimento em relação à taxa de fluxo de tráfego, é lógico que há alguma dependência. Contudo, a dependência do atraso na interseção em relação à taxa de fluxo de tráfego é muito mais forte e assim se sobressai na simulação da velocidade média de percurso;

Nota-se, ainda, que quanto maior essa densidade menor o tempo de percurso por quilômetro. PRASSAS (1999) concluiu em seus estudos que: a) as velocidades estimadas por modelos de simulação de tráfego eram maiores que as do HCM em pelo menos 10 km/h; b) as estimativas da velocidade em movimento não decrescem tão bruscamente com o incremento da densidade semaforica, como é proposto pelo HCM; e c) ao contrário dos valores do HCM, as velocidades estimadas pelo modelo de simulação são sensíveis ao aumento do volume de tráfego.

O atraso utilizado na determinação da velocidade média de percurso é o atraso total da interseção (D). Na versão de 1985 e na atualização de 1994, o atraso total é definido como função do atraso parado (d), conforme Equação 2.1. O atraso parado é o tempo que um veículo gasta sem movimento, enquanto espera em uma fila na aproximação de um semáforo. As parcelas de tempo de desaceleração, tempo de percurso em movimento chegando na aproximação e o tempo de aceleração não fazem parte do atraso parado. Na equação 2.2 é apresentada a forma de determinação do atraso parado no HCM 85.

$$D = d * 1.3 \quad (2.1)$$

onde,

D = atraso total (s/veíc.);

d = atraso parado (s/veíc.).

$$d = \left\{ \frac{0,38C \left[1 - \left(\frac{g}{C} \right) \right]^2}{1 - \left[X \left(\frac{g}{C} \right) \right]} + 173X^2 \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{16X}{c}} \right] \right\} * PF \quad (2.2)$$

onde,

X = grau de saturação ($X = \text{volume} / \text{capacidade}$);

C = tamanho do ciclo (s);

c = capacidade do grupo de faixas (ucp/h);

g = tempo de verde efetivo para o grupo de faixas (s); e

PF = fator de ajuste de progressão.

Nota-se que o primeiro termo da equação considera que a proporção de verde da interseção (g/C) é a parcela do atraso que representa a parte da demanda de chegada uniformemente distribuída todo o tempo para cada grupo de faixas. O segundo termo que considera como variáveis o grau de saturação e a capacidade representa o atraso incremental devido às chegadas aleatórias na interseção. O fator de ajuste de progressão (PF) é aplicado em ambos os termos (uniforme e aleatório) assumindo valores variáveis dependendo do tipo de chegada, do tipo de controle semafórico existente no local em análise, e do grau de saturação da interseção (v/c). As chegadas dos pelotões são divididas em seis tipos, de 1 a 5: a do tipo 1 é a menos favorável (um denso pelotão chegando na interseção no início da fase de vermelho) e a do tipo 5 é a mais favorável (um denso pelotão chegando no início da fase verde). Note-se que a fórmula do atraso parado sem a aplicação do PF assume uma condição de chegadas aleatórias, o que não ocorre quando se tem a formação de pelotões e/ou a presença de semáforos atuados pelo tráfego.

Na versão 94 do HCM em relação à versão 85, a diferença ocorre na forma de determinação do atraso parado. Na atualização de 1994, fica explícita a separação do atraso uniforme e do atraso aleatório, sendo somente a primeira parcela corrigida por um fator de ajuste, conforme recomendou (FAMBRO et al., 1991). O impacto é que as estimativas do atraso diminuíram e as de velocidade média aumentaram para boas progressões; existiram similares atrasos e velocidades médias para chegadas aleatórias, e atrasos maiores e velocidades médias menores para progressões pobres. Na equação 2.3 são mostradas essas modificações.

$$d = d_1(DF) + d_2 \quad (2.3)$$

Na atualização de 1994 do HCM foi acrescentado mais um tipo de chegada, variando do tipo 1 ao 6, permitindo uma maior desagregação na avaliação da qualidade de chegada dos pelotões. Além dessa alteração, destaca-se que o DF se diferencia do PF por assumir valores fixos em interseções não coordenadas, dependendo somente do tipo de controlador, e valores variáveis para interseções coordenadas, dependendo do grau de saturação (v/c) e do tipo de chegada e o último em relação à proporção de verde (g/C).

Outra mudança da atualização é que, na determinação do atraso uniforme, o valor da relação volume/capacidade (X) passou a ser no máximo 1, não considerando condições de fluxo acima da capacidade.

$$d_1 = \frac{0,5C \left[1 - \left(\frac{g}{C} \right) \right]^2}{\left\{ 1 - \left[\text{Mín} \left(1, X \right) \left(\frac{g}{C} \right) \right] \right\}} \quad (2.4)$$

Finalmente, foi introduzido um termo de calibração m na determinação do atraso aleatório, representando o efeito do tipo de chegada dos veículos e o grau de concentração dos pelotões. O valor 16, antes fixo na versão 85 do HCM, para a variável m , representa o tipo de chegada 3, tendo sido observado que valores mais baixos são encontrados em aproximações com sistemas coordenados, pois há redução da variação na demanda a cada ciclo por causa do efeito da coordenação. Nas Equações 2.4 e 2.5 é apresentada a forma de determinação do atraso uniforme e aleatório, respectivamente.

$$d_2 = 173X^2 \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{mX}{c}} \right] \quad (2.5)$$

Segundo FAMBRO e ROUPHAIL (1997), o atraso médio por veículo é a medida primária para a determinação do NS de interseções semaforizadas. Essa medida de performance é também o maior componente no cálculo da velocidade média de percurso usada para determinar o NS em vias arteriais. Por conta disso, a forma de determinação tem sido avaliada com o intuito de melhorar a precisão dessa estimativa.

FAMBRO e ROUPHAIL (1997) também propuseram a alteração do modelo existente no HCM para um outro denominado modelo de atraso generalizado, que recomendava as seguintes alterações: incluir os parâmetro k , T , I e o termo $d3$. O primeiro com o objetivo de melhorar a estimativa de atraso sobre o controle de tráfego atuado; o segundo para considerar o período de análise; o terceiro para considerar o efeito da chegada de veículos provenientes da interseção à montante, e o último para considerar o efeito das filas remanescentes do período anterior. A validação do modelo do atraso generalizado foi feita por ROUPHAIL *et al.* (1997) e por ENGELBRECHT *et*

al. (1997), avaliando os efeitos de controladores atuados pelo tráfego e condições acima da capacidade, respectivamente.

Essas recomendações foram incluídas na atualização de 1997 do HCM (TRB, 1998), apesar de estar muito próxima a publicação da nova versão do manual em 2000. Segundo KITTELSON (2000), a atualização de 1997 justificou-se basicamente por dois motivos: a) significantes avanços nas técnicas de análise da qualidade do serviço e na capacidade viária antes de 1997, incluindo as vias urbanas, e b) devido à uma legislação federal americana, esperava-se que o TRB disponibilizasse diretrizes para a comunidade técnica na realização da análise do HCM no sistema métrico para qualquer tipo de oferta viária até o ano 2000, de forma que qualquer atualização que ficasse pronta em 1997 poderia ser (e assim o foi) anexada e publicada juntamente com o *Metric Analysis Reference Guide*, que já iria ser publicado de qualquer modo. Segundo TROUTBECK e KITTELSON (1998), esse guia era específico para os usuários do HCM para auxiliar na conversão de unidades inglesas para métricas em conjunto com a análise de capacidade, e também na conversão de tabelas, figuras e planilhas para cada capítulo do HCM, além de estabelecer regras gerais para conversões de expressões e apresentar problemas ilustrando o processo de conversão. Ressalta-se que esse guia perderia teoricamente sua utilidade a partir da publicação do HCM 2000, o qual já seria elaborado em unidades do sistema métrico.

As principais mudanças na atualização de 1997 além do citado guia foram três: a) a inserção de uma nova categoria de projeto para a oferta viária arterial denominada de *high speed*; b) a introdução de um método para considerar o efeito da interseção à montante no atraso da interseção em análise, e c) a realização de uma consistência com todas as mudanças e atualizações feitas no capítulo referente às interseções semaforizadas. Dessa forma, entende-se que a versão 97 do HCM contribuiu de forma relevante na análise de vias urbanas, e que, pela proximidade temporal com a nova revisão já prevista, todas as suas alterações foram incorporadas na versão 2000 do manual, as quais serão discutidas com detalhes na seção seguinte.

2.3 ANÁLISE DE VIAS URBANAS COM O HCM 2000

A metodologia do HCM 2000 para análise de vias urbanas tem como foco o grau de mobilidade de uma via urbana, o qual é mensurado por meio da velocidade média de percurso da corrente de tráfego de passagem. Podem ser analisadas vias com espaçamento semaforico menor ou igual a 3,0 quilômetros, podendo ser de sentido único ou duplo, devendo cada sentido ser analisado separadamente. Também é recomendado que a via a ser analisada tenha pelo menos 3 km (ou 1,5 km em áreas centrais), podendo ser analisadas vias mais curtas. Porém, o manual considera que provavelmente essas vias tenham função exclusiva de acesso, cuja avaliação pode ser realizada por meio da análise de suas interseções isoladamente.

O HCM 2000 considera como vias urbanas as vias arteriais e as vias coletoras, inclusive aquelas contidas em áreas centrais. Considera, ainda, que essas vias de áreas centrais possuem tráfego com movimentos de conversões nas interseções frequentemente superiores a 20%, isso porque essas vias possuem a característica de fluxo circulatório, o que contribui para o aumento desse percentual. Porém, o indicador do grau de mobilidade da via continua sendo a velocidade média de percurso.

Como limitações, o manual apresenta algumas condições em que a metodologia pode não explicar diretamente, as quais podem ter significativo impacto sobre a velocidade do tráfego de passagem, cabendo ao analista adaptar a metodologia para incorporar esses efeitos. São elas:

- Presença de estacionamento;
- Densidade de acessos aos lotes;
- Faixas adicionais para acessar ou sair da via junto às interseções;
- Rampas entre as interseções;
- Qualquer restrição de capacidade entre as interseções;
- Existência de conversões ou retornos entre as interseções;
- Movimentos de conversões que excedam 20% do total do volume da via;
- Filas oriundas de uma interseção à jusante que possam interferir na interseção em análise;
- Congestionamento em uma via transversal bloqueando o tráfego de passagem.

Nota-se aqui um detalhe que vale ser ressaltado: a metodologia considera que vias localizadas em áreas adensadas têm movimentos de conversões superiores a 20% e que estas pertencem ao universo de vias urbanas, afirmando, ao mesmo tempo que isso é uma limitação, como pode ser notado no parágrafo anterior. Entende-se com isso que faltou alertar mais explicitamente nas limitações que as vias contidas nas áreas centrais seriam uma exceção justamente por causa da característica do tráfego circulatório já comentado. Contudo, fica registrado o alerta.

Ao contrário das versões anteriores, que apresentam toda a metodologia em um só capítulo, o HCM 2000 apresenta a metodologia em dois capítulos: o Capítulo 10 – *Urban Streets Concepts*, e o Capítulo 15 – *Urban Streets*. O primeiro localiza-se na parte conceitual e o segundo na parte metodológica do manual. A estrutura da metodologia foi mantida no HCM 2000, assim pode-se adotar a mesma abordagem que foi dada às versões anteriores, ou seja, visualizá-la como um conjunto de três métodos.

No Capítulo 10 são apresentados os principais conceitos das características do fluxo de tráfego, como a velocidade de fluxo livre (VFL), a velocidade em movimento (*running speed*) e a velocidade de percurso (*travel speed*), além do conceito de NS como função da VFL. A VFL permanece com o mesmo conceito das outras versões, conforme descrito anteriormente. A velocidade em movimento é determinada dividindo-se o comprimento do segmento pelo tempo em movimento, o qual é o tempo necessário para a corrente de tráfego atravessar o segmento, sem levar em consideração a interação entre os veículos e o atraso devido a qualquer parada. Já a velocidade de percurso é determinada dividindo-se o comprimento do segmento pelo tempo de percurso, o qual é o tempo necessário para a corrente de tráfego atravessar o segmento, levando em consideração a interação entre os veículos e o atraso devido às interseções semaforizadas ou a qualquer outro motivo. Apesar de estar situado na parte conceitual do manual, também é apresentado no Capítulo 10 o 1º Método, em que é determinada a classe de vias urbanas a partir dos dados de categoria de projeto e funcional.

No Capítulo 15 são apresentados ainda algumas definições iniciais como o “escopo” e as “limitações da metodologia”, alguns conceitos complementares como “tempo em movimento” e “atraso de controle”, e os outros dois métodos: o 2º Método –

que determina o NS de vias urbanas a partir da velocidade média de percurso, da VFL e da classe da via –, e o 3º Método – que estima a velocidade média de percurso (VMP) de vias urbanas através da modelagem do atraso nas interseções e do tempo em movimento. Assim, observa-se que o usuário do manual sente a falta de uma seqüência lógica de apresentação de todo o conteúdo da Metodologia. Isso causa uma certa confusão inicial para os usuários do manual, como pôde ser observado em discussões realizadas na comunidade técnica. Compreende-se que ficaria mais didática e coerente a apresentação de todos os conceitos no capítulo 10 e a metodologia completa no Capítulo 15.

Apesar dessas considerações, fica ainda bastante clara a segregação da metodologia nesses três métodos, conquanto ela não seja explicitada pelo manual. Atenta-se também que o manual aborda de maneira diferente a forma de aplicação da metodologia. O que antes era a aplicação natural dos modelos de simulação da velocidade média de percurso e a adoção como alternativa da coleta desse valor em campo, agora são modelos de simulação de importância semelhante, como pode ser observado na forma de exposição do fluxograma da metodologia por meio da Figura 2.2, embora se considere que essa realidade seja apresentada de forma bastante modesta. Apesar dessa mudança, identificou-se que a forma de apresentação seqüencial do texto continua induzindo à utilização do 3º Método. Um exemplo desse fato é que no Capítulo 15, logo após o item que determina a classe da via (1º Método), é apresentada a definição e a forma de estimação do tempo em movimento, item necessário para a simulação da VMP (3º Método), induzindo a sua utilização. Entende-se que deveria existir maior destaque para que esse último método fosse utilizado somente em casos de impossibilidade de coleta de dados de campo, o que poderia ser feito ao longo de ambos os capítulos, quer seja textualmente ou na forma seqüencial de apresentação. Na Figura 2.2 ilustra-se o fluxograma para a aplicação da metodologia segundo o HCM 2000 e também se identifica os 3 métodos.

Pode-se notar que cada método em específico se manteve com o mesmo escopo das outras versões, a despeito das alterações introduzidas na nova versão desse manual. No primeiro método, a alteração foi no aumento do número de classes de vias; no segundo, os valores da velocidade de fluxo livre padrão para cada classe foram alteradas

para limites maiores e, conseqüentemente, em novos intervalos para cada nível de serviço, e, no terceiro, a forma de determinação do atraso nas interseções semaforizadas e os novos valores padrões para o tempo em movimento foram alterados. A seguir, pretende-se apresentar a metodologia completa de determinação no NS de vias urbanas proposta pelo HCM 2000, procurando entender cada etapa do processo para que se possa avaliar de forma correta a sua aplicação.

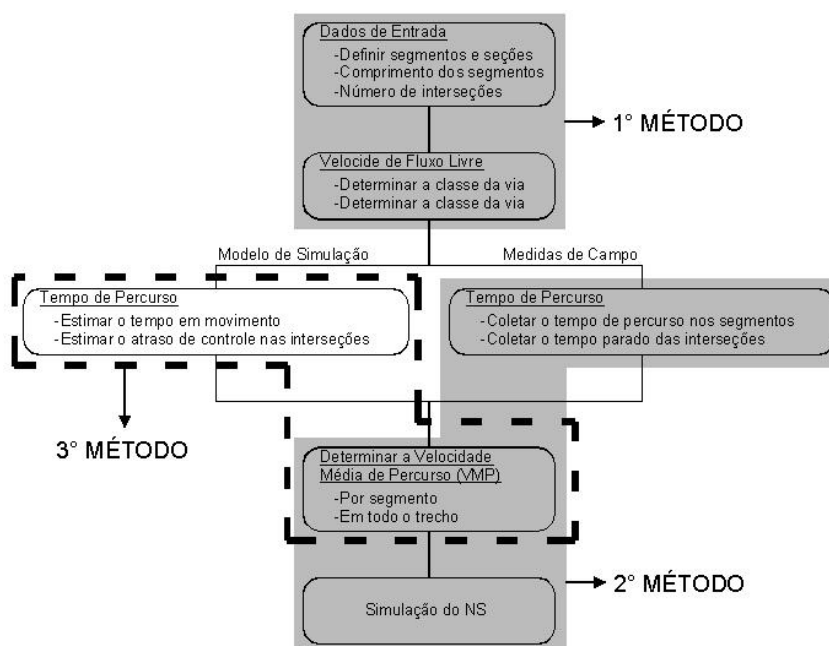


Figura 2.2: Metodologia do HCM 2000 para simulação do NS

2.3.1 1º Método – Determinação da Classe da Via

Esse método continua com a mesma estrutura no HCM 2000, que é determinar uma categoria de projeto e uma categoria funcional e, por meio de uma classificação cruzada dessas informações, determinar a classe da via. A categoria funcional representa os conceitos da via em relação à malha viária existente, qualificando-a de acordo com os seus níveis de acessibilidade, de mobilidade e de conectividade, e com o tipo de viagem de que é composto o seu tráfego (longa ou média/curta distância). A categoria de projeto representa a via a partir dos seus dados físicos e operacionais, aqueles que interferem diretamente na fluidez do tráfego da via – como os estacionamentos, a densidade semaforizada, a conversão à esquerda, o limite de velocidade, a travessia de pedestres, o uso do solo, as quantidades de acessos aos lotes e a geometria da via.

A princípio, essa forma estrutural pode ser identificada de forma clara, até mesmo por serem apresentadas tabelas-resumos (ver Tabelas 4.1 e 4.2) que têm a finalidade de auxiliar a aplicação do modelo. Porém, observou-se que podem ocorrer enquadramentos diferentes, dependendo da análise de sensibilidade a ser realizada ou do nível de conhecimento da realidade por parte do engenheiro de tráfego responsável pela análise. Isso se deve à existência de variáveis subjetivas representando os critérios, como, por exemplo, os conceitos muito importante ou importante para a definição da função de mobilidade, que é um critério para a definição da categoria funcional. Essa mesma subjetividade aparece também na definição de alguns critérios da categoria de projeto. Acontece ainda nessa categoria que, quando surgem valores numéricos para também definir critérios, ocorrem superposições de valores. Um exemplo é um valor que pode assumir a variável do critério “velocidade”: 75 Km/h. Esse valor tanto pode pertencer a uma via com característica de projeto de “alta velocidade” quanto para uma via com característica “suburbana”. Ora, assim, diferentes analistas poderão chegar a diferentes classificações. Embora essas subjetividades e/ou superposições possam existir na realidade de um conjunto de vias urbanas de uma determinada urbe, entende-se que deveriam existir critérios para pontuações e, conseqüentemente, eliminação dessas subjetividades.

Da mesma forma, existem ambigüidades quanto à determinação da classe final da via, como se pode observar pela Tabela 4.2, mesmo que se considerem resolvidas as definições referentes às categorias funcionais e de projeto. Isso ocorre porque uma determinada via com categoria de projeto “urbana” e categoria funcional “arterial principal” pode ser enquadrada tanto como “Classe III” ou como “Classe IV”. A velocidade de fluxo livre (VFL), conforme já definida no Capítulo 2, representa a velocidade em que o motorista trafega sob condições de fluxo suficientemente baixo para que não exista interferência da interação entre os veículos e sem sofrer qualquer atraso devido às interseções semaforizadas. O TRB (2000) também afirma que a VFL é uma boa ajuda para essa problemática. Porém, entende-se que deveriam existir critérios numéricos para a eliminação dessas subjetividades e superposições, o que não é citado no manual. Compreende-se essa problemática com a mesma abordagem daquelas citadas no parágrafo anterior, em que deveriam existir critérios para a eliminação da subjetividade, o que não é citado em nenhum momento em todo o manual.

Observa-se que existem quatro categorias de projeto: “Alta Velocidade, Suburbana, Intermediária e Urbana” e também quatro classes de vias: “I, II, III e IV”. Tem-se notado que é bastante comum essas condições induzirem a que se faça essa associação direta e seqüencial das quatro classes de via com as quatro categorias de projeto. Mais precisamente, associa-se que uma via de Classe I seja sempre uma via de Alta velocidade, que uma via de Classe II seja sempre uma via Suburbana e assim por diante, enquanto na verdade isso não ocorre sempre. Um exemplo típico é uma via com categoria de projeto “Urbana” e categoria funcional “Arterial principal” poder ser classificada como “Classe III”, e associar-se, intuitivamente, que essa seria de “Classe IV”. Pois além de existirem quatro categorias e quatro classes de vias, observa-se facilmente que os critérios utilizados para a determinação da categoria de projeto são mais associados à classe final da via do que aqueles que determinam a categoria funcional. Os critérios como “geometria da via”, “presença de estacionamento”, e “densidade semaforica”, dentre outros, são os primeiros critérios que intuitivamente se imagina quando se faz esse tipo de análise. Assim, essa associação pode facilmente levar a uma confusão em relação aos conceitos e, conseqüentemente, levar a uma análise incorreta. Observando as Tabelas 2.4 e 2.5 pode-se visualizar essa descrição.

Tabela 2.4: Determinação da classe da via (HCM 2000)

Categoria de projeto	Categoria funcional	
	Via Arterial Principal	Via Arterial Secundária
Alta velocidade	I	Não se aplica
Suburbana	II	II
Intermediária	II	III ou IV
Urbana	III ou IV	IV

Fonte: Tradução da Tabela 10-3 do HCM 2000 (TRB, 2000)

A versão 2000 do HCM absorveu todas as alterações publicadas na versão 97. Uma das alterações em relação à versão 94 foi a de que a quantidade de categorias de projeto aumentou, passando de três categorias para quatro, com o acréscimo da categoria *High Speed* (Alta Velocidade), conforme já citado. Com a inclusão da nova categoria de projeto foram, conseqüentemente, alterados os valores as definições para cada um dos oito critérios. Decorrente dessa mudança, também houve um acréscimo na quantidade de classes, passando de três para quatro classes. Essas alterações podem ser observadas a seguir pelas Tabelas 2.4 e 2.5, que apresentam, respectivamente, a forma de determinação da classe da via por meio da classificação cruzada das duas categorias e a forma de determinação das categorias funcional e de projeto.

Tabela 2.5: Determinação das categorias funcional e de projeto (HCM 2000)

CRITÉRIO	CATEGORIA FUNCIONAL			
	Via Arterial Primária		Via Arterial Secundária	
Função de mobilidade	muito importante		importante	
Função de acessibilidade	secundária		substancial	
Pontos conectados	vias expressas, importantes centros de atividades, pólos geradores de viagens		vas arteriais primárias	
Tipos de viagens predominantes	viagens relativamente longas entre os pontos principais e tráfego de passagem entrando, saindo e cruzando a cidade		viagens de extensão mediana situadas em áreas geográficas relativamente pequenas	
CRITÉRIO	CATEGORIA DE PROJETO			
	Alta velocidade	Suburbana	Intermediária	Urbana
Densidade de acessos aos lotes lindeiros à via	muito baixa	baixa	moderada	alta
Tipo de via	múltiplas faixas, com ou sem canteiro central, ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas, com ou sem canteiro central, ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas, com ou sem canteiro central, sentido único, 2 faixas	2 ou mais faixas, sem canteiro central, com sentido único ou duplo
Estacionamentos	não	não	alguns	significante
Faixas separadas para conversões à esquerda	sim	sim	usualmente	algumas
Densidade semaforica	0,3 a 1,2 sem./km	0,6 a 3 sem./km	2 a 6 sem./km	4 a 8 sem./km
Velocidade máxima permitida	75 a 90 km/h	65 a 75 km/h	50 a 65 km/h	40 a 55 km/h
Travessia de pedestres	muito pouca	pouca	alguma	usualmente
Adensamento do uso do solo do entorno	baixa densidade	baixa a média densidade	média a moderada densidade	alta densidade

Fonte: Tradução da Tabela 10-4 do HCM 2000 (TRB, 2000)

2.3.2 2º Método – Simulação do NS

Essa parte da metodologia, que é apresentada no Capítulo 15 do HCM 2000, considera a velocidade média de percurso (VMP) do tráfego de passagem como medida de desempenho para avaliar o nível de mobilidade de vias urbanas. Essa velocidade é obtida a partir da soma do tempo em movimento nos segmentos e do atraso de controle sofrido nas interseções semaforizadas. Esse atraso considera o tempo de desaceleração, o tempo parado, o tempo de movimentação dentro fila e o tempo de aceleração.

A qualidade do tráfego é expressa por meio de seis classes, denominadas como Nível de Serviço (NS) operacional do corredor, representadas pelas letras de “A” a “F”. O NS “A” representa as melhores condições operacionais e o NS “F” as piores. Cada NS representa uma classe de condições operacionais e a percepção do motorista dessas condições. A segurança não se encontra incluída nas medidas que estabelecem esses NS (TRB, 2000).

O TRB (2000) deixa registrado de forma clara que os valores de velocidade que limitam os seis NS são definidos a partir de percentagens dessa VFL. Os NS A, B, C, D, E e F são definidos como a condição em que a via ou os seus segmentos operam com velocidade média de percurso em torno de 90, 70, 50, 40, 33 e entre 33 e 25% da VFL, respectivamente. Os resultados dessa consideração são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Nível de serviço de vias urbanas (HCM 2000)

Classificação da via	I	II	III	IV
Intervalo da velocidade de fluxo livre (km/h)	90 a 70	70 a 55	55 a 50	55 a 40
Velocidade de fluxo livre típica (km/h)	80	65	55	45
Nível de serviço	Velocidade média de percurso (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Fonte: Tradução da Tabela 15-2 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Pode-se observar que a Tabela 2.6 é utilizada para avaliar a qualidade do NS tanto de um segmento quanto da via como um todo, e que esse NS depende diretamente da classe da via e da velocidade média de percurso, quer seja coletada em campo ou estimada pelo 3º Método. Observa-se, ainda, que o valor da velocidade de fluxo livre é associada à classe da via. Porém, o manual recomenda que, na impossibilidade de determinação dessa velocidade em campo, o analista pode adotar a velocidade limite da via como sendo esse valor. Dessa forma, identifica-se um fato que pode gerar confusão durante a aplicação da metodologia: a sugestão de diferentes intervalos de valores de velocidade para as categorias de projeto e para as classes da via, como pode ser notado na comparação dos valores apresentados nas Tabelas 2.5 e 2.6. Isso ocorre porque, mais uma vez, associa-se categorias de projeto e local onde as velocidades limites estão apresentadas a classes de via, em que são expostos os valores para a VFL.

Ainda analisando a Tabela 2.6, nota-se que são utilizados os mesmos percentuais já citados, em relação à VFL, para as quatro classes de vias na determinação dos valores limites de cada NS. Considera-se que os motoristas podem ter percepções diferentes em relação a essa velocidade de fluxo livre, dependendo da classe da via. Isso pode ser justificado pelo fato de o motorista achar mais aceitável submeter-se a uma redução de

50% na velocidade numa via de Classe IV do que numa via de Classe II, por exemplo. Até mesmo porque, em termos de valores absolutos, a redução na velocidade é menor na via de menor classe (Classe IV). Assim, entende-se que poderiam existir percentuais diferenciados para cada classe ou para um conjunto de classes, buscando uma melhor representação da realidade.

Mesmo com esse aperfeiçoamento do modelo, que consideraria diferentes expectativas de níveis de serviço para cada tipo de classe de via, compreende-se que esses valores dos limites das classes dos NS podem variar ao longo do tempo. O crescimento da frota de veículos ao longo de alguns anos ou até mesmo uma mudança brusca de padrões e intensidade de fluxos de veículos em uma determinada cidade ou região pode estabelecer uma nova realidade para essa região. A mudança de padrões pode fazer com que o motorista mude o seu conceito de NS para esses locais, passando a tolerar menores velocidades médias de percurso em determinados trechos. Isso pode ser claramente notado, por exemplo, na diferença de percepção que os motoristas de Fortaleza têm atualmente do tráfego em uma determinada via em relação à percepção que tinham há dez anos, no que se refere a níveis de congestionamento, velocidades médias de percurso ou tempo de deslocamentos considerados aceitáveis. Outro exemplo pode ser extraído da observação dessa mesma diferença de percepção entre os motoristas de uma megalópole como São Paulo, a segunda maior cidade da América Latina e a primeira do Brasil, e os motoristas de Fortaleza, a quinta maior cidade brasileira. O que é considerado NS “D” para um motorista usuário do trânsito de Fortaleza pode ser considerado ainda como NS “B” ou “C” para o usuário do trânsito de São Paulo.

Dessa forma, identificou-se diferentes percepções do usuário em relação ao NS das vias, quer sejam para vias de classes diferentes num dado cenário ou para vias de mesma classe numa mesma cidade em cenários distintos, considerando a evolução do tráfego ou pela comparação entre cidades diferentes. Diante dessa realidade, entende-se que o 2º Método deve ser apresentado de forma flexível, para que possa ser utilizado para essas diferentes condições.

2.3.3 3º Método – Simulação da VMP

O terceiro método, que objetiva a simulação da velocidade média de percurso, é o mais complexo devido às inúmeras variáveis envolvidas e às considerações assumidas nos modelos de tráfego. Na Equação 2.6 mostra-se como é determinada a VMP. Observa-se que essa equação é a aplicação de uma definição básica da cinemática: velocidade média é igual ao espaço percorrido dividido pelo tempo gasto para percorrer essa distância. Essa equação divide esse tempo em dois: o primeiro é o tempo do veículo em movimento, e o segundo o tempo gasto por ele parado nas interseções (atrasos).

$$VMP = \frac{3600E}{T_m + d} \quad (2.6)$$

onde:

VMP Velocidade Média de Percurso para o tráfego de passagem no segmento (km/h);

E Extensão do segmento (km);

T_m Tempo em movimento total no segmento analisado (s);

d Atraso de controle nas interseções semaforizadas (tráfego de passagem) (s/ veíc.).

Tempo em movimento

O HCM estima o tempo em movimento diretamente por meio da Classe da via, da velocidade de fluxo livre e do comprimento do segmento, como pode ser visto na Tabela 2.7. São utilizados como dados de entrada a classe da via, a velocidade de fluxo livre e a extensão do segmento. Nessa estimativa, é considerado que as variáveis presença de estacionamento, interferência de outros veículos e adensamento do uso do solo da região, que afetam o tempo em movimento, encontram-se agregadas à VFL, como é assumido em sua definição.

Também é citado no Manual que a presença de estacionamento, atrito lateral entre os veículos, adensamento do uso do solo na região, e tipo de uso da via também podem afetar o tempo em movimento, ponderando-se, no entanto, que esses fatores já estão sendo considerados pela velocidade de fluxo livre. Porém, pela própria definição de VFL, o estacionamento e o atrito lateral não são percebidos, causando assim uma incoerência quanto aos conceitos apresentados. Existem outras condições que podem

ocorrer entre as interseções semaforizadas que não são diretamente explicadas pela metodologia, conforme cita o Manual. Pode-se apontar a presença ou não de estacionamento, densidade de acessos aos lotes, faixas adicionais nas interseções para acesso de entrada e saída de veículos no corredor, rampas ascendentes ou descendentes, qualquer restrição de capacidade entre as interseções, faixas para giros à esquerda no canteiro central entre as interseções, formação de fila em uma interseção interferindo na operação de interseções à montante, congestionamentos nas vias transversais bloqueando a via em análise. Diante desse cenário, deve-se ter a perfeita ciência dessas lacunas existentes no manual, que podem levar a uma superestimação do valor do tempo em movimento.

Tabela 2.7: Tempo em movimento por quilômetro no segmento (HCM 2000)

Classificação da via	I			II			III		IV		
VFL (km/h)	90 ^a	80 ^a	70 ^a	70 ^a	65 ^a	55 ^a	55 ^a	50 ^a	55 ^a	50 ^a	40 ^a
Extensão média do segmento (m)	Tempo em movimento por quilômetro (s/km)										
100	b	b	b	b	b	b	-	-	-	129	159
200	b	b	b	b	b	b	88	91	97	99	125
400	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96
600	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d
800	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d
1000	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d
1200	43	47	54	54	57	65	d	d	d	0d	d
1400	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d
1600	40 ^c	45 ^c	51 ^c	51 ^c	55 ^c	65 ^c	d	d	d	d	d

Fonte: Tradução da Tabela 15-3 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Notas:

- a) É aconselhável ter um valor estimado da velocidade de fluxo livre. Se isso não for possível, a tabela abaixo pode ser usada, assumindo os seguintes valores *default*:

Classe da Via	VFL (km/h)
I	80
II	65
II	55
IV	45

- b) Se a classe I ou II tem um segmento menor do que 400m, (a) reavaliar a classificação e (b) se permanecer um segmento distinto, usar os valores para 400m;
- c) Para segmentos longos nas classes I ou II (1600 m ou mais), a velocidade de fluxo livre pode ser usada para calcular o tempo de percurso por quilômetro;
- d) Do mesmo modo, vias urbanas classificadas nos grupos III e IV com extensão maior do que 400m deveriam, primeiro, ser reavaliadas (a classificação deveria ser confirmada). Se necessário, os valores acima de 400 m podem ser extrapolados.

Observa-se, ainda, que quanto maior o tamanho do segmento (diminuição da densidade semaforizada) menor é o tempo em movimento, já que existiriam menos interferências no tráfego devido às impedâncias no tráfego causadas pelas interseções semaforizadas. Essa forma de variação, entretanto, é diferente para cada classe de via e para cada valor da velocidade de fluxo livre.

PRASSAS (1999) avaliou os tempos em movimento propostos pelo HCM 85 por meio de simulação e chegou às seguintes conclusões: a) os valores de velocidade em movimento obtidos por meio de simulação são pelo menos 10 km/h maiores que os valores padrões propostos pela versão 85; b) as estimativas de velocidade em movimento não decaem tão bruscamente quando os valores padrões do HCM relativos à densidade semaforica aumentam, e c) os dados de tempo em movimento obtidos pela simulação são sensíveis ao aumento do volume de tráfego, o que não é considerado pelo HCM. Por fim, foi recomendado que os resultados obtidos a partir desse estudo fossem adotados como base para a revisão do HCM 2000.

Observa-se, contudo, que esses valores ainda continuam subestimados na versão 2000, como pode ser observado no exemplo a seguir. PRASSAS (1999) determinou que para uma VFL de 70 km/h e uma densidade semaforica de 2,5 semáforos por quilômetro, encontra-se uma velocidade em movimento em torno de 60 km/h. Ora, para essa mesma VFL encontra-se, pelo HCM 2000, o valor de 53,7 km/h para a velocidade em movimento, como pode ser observado pelos dados apresentados na Figura 2.3, obtidos diretamente da Tabela 2.7. Assim, entende-se que para a própria realidade americana os dados do tempo em movimento ainda estão superestimados, levando a uma subestimação da velocidade média de percurso. Apresenta-se ainda, na Figura 2.3, os valores para uma VFL de 90 km/h, 80 km/h e 70 km/h para efeitos comparativos e de análise de sensibilidade.

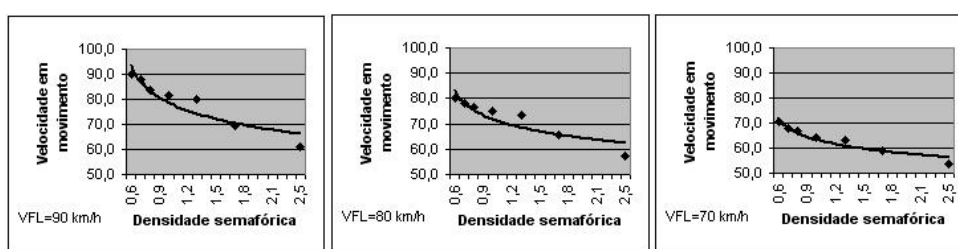


Gráfico 2.1: Variação da velocidade em movimento com a densidade semaforica da Classe I para as VFL de 90, 80 e 70 km/h no HCM 2000.

Atraso nas interseções semaforizadas

A forma de simulação do atraso nas interseções semaforizadas é dividida em três etapas: a primeira com a determinação do atraso uniforme (d_1), a segunda com a determinação do atraso aleatório (d_2) e a última com o atraso devido à fila de veículos remanescente do ciclo anterior (d_3), conforme a Equação 2.7. O termo d é denominado

atraso de controle, incluindo o atraso devido à desaceleração, à movimentação na fila, ao tempo parado e à aceleração. Assim, não é mais necessária a conversão de atraso parado em atraso total como se fazia nas versões anteriores. Isso se deve ao fato de que a equação do atraso uniforme é também conhecida como o primeiro termo de Webster, que estima atrasos semafóricos já considerando todos esses fatores.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (2.7)$$

O atraso uniforme é aquele que considera as chegadas sempre aleatórias e o fluxo sempre estável. Esse modelo tem como base modelos de fila determinísticos que prevêm atrasos em sistemas não saturados, também conhecido como primeiro termo de Webster (FAMBRO E ROUPHAIL, 1997). Esse termo é igual ao do HCM 2000, que estima o atraso total ou de controle incluindo o tempo de desaceleração, o tempo parado, o tempo de movimentação na fila e o de aceleração. Por esse motivo, foi imposto que a variável X (grau de saturação ou relação volume/capacidade) deve assumir no máximo o valor 1,0, como se pode notar pela Equação 2.8.

$$d_1 = \frac{0,5 C \left[1 - \left(\frac{g}{C} \right) \right]^2}{\left\{ 1 - \left[\text{Mín} \left(1, X \right) \left(\frac{g}{C} \right) \right] \right\}} \quad (2.8)$$

Outro elemento que afeta o valor do atraso é a qualidade da progressão do corredor, que é considerado aplicando-se um fator de ajuste de progressão (PF). Esse fator afeta essencialmente o atraso uniforme, sendo por isso aplicado somente ao termo d_1 e determinado por meio da definição de seis tipos de chegadas do fluxo de tráfego no semáforo. O PF reflete os efeitos da progressão no atraso da interseção e estão diretamente relacionados com o tipo de chegada dos veículos na interseção e com a proporção de verde para essa demanda. São definidos seis tipos de chegada, variando desde uma grande proporção de veículos chegando no início do vermelho (Tipo1) até grandes proporções chegando no início do verde (Tipo 6), caracterizada esta última por excelentes qualidades de progressão. Esse fator é aplicado somente ao atraso uniforme, pois a formação de pelotões, devido principalmente à interseções semaforizadas à montante, é responsável por uma descarga uniforme, dependendo, porém,

temporalmente do sincronismo entre as interseções do corredor. Além disso, HILLIER e ROTHERY (1967) declaram que a progressão tem um pequeno impacto no atraso aleatório. O modelo TRANSIT-7F (TRC, 1983) não considera que variações nas progressões do corredor alterem os valores do atraso aleatório. Contudo, existem outros estudos que afirmam o contrário, como o de AKCELIK (1988), que sugere reduzir em 50% o atraso aleatório em condições favoráveis de progressão. Apesar de existirem estudos divergentes observou-se que é mais forte a hipótese de que esse efeito possa ser desconsiderado, como propõe o HCM.

O tipo de chegada 1 caracteriza-se por um denso pelotão de tráfego, com aproximadamente 80% do volume da aproximação, chegando no início da fase vermelha do semáforo. O tipo de chegada 2 pode ser definido como um pelotão moderadamente denso, representando em torno de 40 a 80% do volume da aproximação, chegando no meio da fase vermelha. O tipo de chegada 3 constitui-se de chegadas aleatórias, em que o pelotão principal representa menos de 40% do volume da aproximação. O tipo de chegada 4 caracteriza-se por ter um pelotão moderadamente denso, com 40 a 80% do volume da aproximação, chegando no meio da fase verde. O tipo de chegada 5 caracteriza-se por ter um pelotão denso a moderadamente denso, possuindo mais de 80% do volume da aproximação, chegando no início da fase verde. O tipo de chegada 6 consiste numa excelente qualidade de progressão, representando uma progressão de densos pelotões em corredores com interseções pouco espaçadas umas das outras, e tendo o movimento de entrada/saída de veículos no corredor provenientes de vias transversais pequeno ou desprezível. O tipo de chegada pode ser observado em campo ou estimado por diagramas espaço-tempo. Porém, a sua determinação deve ser precisa, pois isso influi significativamente na estimativa do atraso e do NS da via.

Os valores de *FP* propostos pelo HCM 2000 são os mesmos propostos pela versão publicada em 1994 e em 1997, os quais podem ser visualizados na Tabela 2.8. BENEKOHAL e EL-ZOHAIRY (1999) estudaram os fatores de ajuste de progressão e concluíram que os atrasos determinados pelo HCM 1994 são significativamente diferentes dos atrasos coletados em campo para os tipos de chegada 1, 4 e 6, necessitando ser revisados. Recomendam, ainda, que os valores assumidos para esse fator sejam atualizados utilizando-se a metodologia desenvolvida por EL-ZOHAIRY

(1998), que é um modelo de atraso uniforme com base no tipo de chegada dos veículos – Modelos de atraso com base nos tipos de chegada (arrival-based – AB). Apesar da recomendação ter sido feita antes da publicação do HCM 2000, nota-se que ela não foi incorporada na nova versão, indicando dessa forma que o assunto deve ser melhor investigado.

Tabela 2.8: Fatores de ajuste da progressão, PF (HCM 2000)

Taxa de verde (g/C)	Tipo de chegada					
	1	2	3	4	5	6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f_p	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
R_p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

Fonte: Tradução da Tabela 15-5 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Notas: $PF = (1 - P) f_p / (1 - g/C)$

A tabulação é baseada em valores *default* de f_{PA} e R_p ;

$$P = R_p g / C \quad (\text{não pode exceder a } 1,0);$$

PF não pode exceder a 1,0 para os tipos de chegada 3 até 6.

Como forma de definir parâmetros para quantificar melhor os tipo de chegada, definiu-se o termo Razão do Pelotão, que é determinado conforme a Equação 2.9.

$$R_p = P * \frac{C}{g} \quad (2.9)$$

Onde:

- R_p razão do pelotão;
- P proporção de todos os veículos chegando durante a fase verde;
- C tamanho do ciclo (s); e
- g tempo de verde efetivo para o movimento (s).

Na Tabela 2.9 apresenta-se a relação entre a razão do pelotão e os tipos de chegada, indicando os valores padrões para o R_p e a definição conceitual da qualidade da progressão. Ressalta-se que o valor da proporção dos veículos chegando na fase verde (P) é no máximo 1,0.

Tabela 2.9: Tipos de chegada de veículos em aproximações semaforizadas (HCM 2000)

Tipo de chegada	Faixa da razão de pelotão, R_p	R_p default	Qualidade da progressão
1	$\leq 0,50$	0,333	muito ruim
2	$>0,50$ e $\leq 0,85$	0,667	desfavorável
3	$>0,85$ e $\leq 1,15$	1,000	chegadas aleatórias
4	$>1,15$ e $\leq 1,50$	1,333	favorável
5	$>1,50$ e $\leq 2,00$	1,667	muito favorável
6	$>2,00$	2,000	excepcional

Fonte: Tradução da Tabela 15-4 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Por fim, o Fator de Ajuste de Progressão (PF) deve ser aplicado para qualquer tipo de aproximação coordenada, quer seja controlada por tempo fixo ou atuados pelo tráfego, quer sejam semi-atuados (somente a interseção secundária) ou completamente atuados (todas as aproximações). A Equação 2.10 mostra a sua forma de determinação.

$$PF = \frac{(1 - P) f_p}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)} \quad (2.10)$$

Onde:

g / C taxa de verde efetivo;

f_p fator de ajustamento suplementar para a chegada do pelotão durante o verde.

Ressalta-se, ainda, que a Tabela 2.8 é uma aplicação direta da Equação 2.10 para algumas combinações de tipos de chegada e proporção do tempo de verde para a aproximação analisada.

Já o atraso aleatório ocorre devido à não uniformidade das chegadas dos veículos nas interseções pelas falhas nos controladores, e também por existirem períodos em que a demanda supera a capacidade. A sua determinação depende do período de análise (T), do grau de saturação (X) e da capacidade (c) da aproximação analisada, do tipo de controlador (k) e do efeito da aproximação à montante na forma de chegada dos veículos (I). Além disso, a formulação assume que toda a demanda foi atendida pelo tempo de verde do ciclo anterior, não restando assim fila inicial para o próximo ciclo, já que esse fato é abordado pelo d_3 . Na Equação 2.11 é apresentada a forma de simulação do atraso aleatório.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad \text{Eq. (2.11)}$$

O parâmetro k representa o efeito do tipo de controlador que é usado na operação da interseção no atraso aleatório (d_2). Em interseções operadas em tempo fixo, em que a forma de chegada dos veículos é aleatória, a descarga é constante e o valor de k é 0,50. Nos controladores atuados pelo tráfego, porém, essa descarga não é fixa, mas depende do ciclo e da proporção de verde selecionada, diminuindo com isso o atraso

aleatório. Contudo, essa redução depende dos valores de extensão de verde e do grau de saturação da interseção. Maiores extensões se refletem em maiores tempos de verde, tornando a aproximação menos sensível à variação da demanda, assemelhando-se à operação de um semáforo de tempo fixo. O mesmo fenômeno ocorre quando o grau de saturação se aproxima de 1,0 (capacidade), com os valores de k convergindo para 0,5. Essas considerações podem ser observadas pela Tabela 2.10.

O manual salienta que para valores de unidade de extensão não apresentados os valores de k poderão ser interpolados; porém, se for de preferência utilizar a equação apresentada nas notas da Tabela 2.10, primeiramente deverá ser interpolado o valor de k para $X=0,50$ (K_{min}) referente à unidade de extensão desejada, para daí, então, utilizar a equação. Ressalta-se que o valor de k deverá estar contido no intervalo entre K_{min} e 0,50 ($K_{min} \leq K \leq 0,50$).

Tabela 2.10: Valores de k para o tipo de controle (HCM 2000)

Unidade de extensão (s)	Grau de saturação (X)					
	$\leq 0,50$	0,60	0,70	0,80	0,90	$\geq 1,0$
$\leq 2,0$	0,04	0,13	0,22	0,32	0,41	0,50
2,5	0,08	0,16	0,25	0,33	0,42	0,50
3,0	0,11	0,19	0,27	0,34	0,42	0,50
3,5	0,13	0,20	0,28	0,35	0,43	0,50
4,0	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50
4,5	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50
5,0 ^a	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50
Controlador de tempo fixo ou não atuado	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Fonte: Tradução da Tabela 15-6 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Notas: Para uma unidade de extensão e o valor de k_{min} , com $X=0,50$: $k = (1-2 k_{min}) (X-0,50) + k_{min}$; onde $k \geq k_{min}$ e $k \leq 0,5$.

^a – para uma unidade de extensão maior que 5,0, extrapolar para encontrar k , mantendo $k \leq 0,5$

O parâmetro (I) está relacionado com a forma como a operação da interseção à montante interfere no tipo de chegada dos veículos por ciclo na interseção analisada. O Método considera que essa interseção só interfere no valor do atraso aleatório se estiver localizada até 1,6 km antes da estudada. Considerando a interferência, não ocorrerão chegadas aleatórias, e por consequência a razão variância/média será diferente de zero, pois uma distribuição de Poisson, que assume chegadas aleatórias, tem a média igual à variância. Assim, define-se o Fator I como taxa variância/média do número de chegadas por ciclo na interseção analisada. O HCM considera que quanto maior o grau de saturação da interseção à montante, menor a redução na parcela do atraso aleatório, o que faz sentido, já que quanto mais próxima da capacidade a interseção à montante se

encontra, mais veículos em pelotão tende a liberar e, conseqüentemente, menos veículos com chegadas aleatórias.

Para interseções não isoladas, o valor de I é menor que 1,0, afirmando que a presença de interseções semaforizadas à montante diminui o valor da variância no número de chegadas por ciclo na interseção analisada. O valor de I é dependente do valor de X_u , que é o grau de saturação de todos os movimentos que contribuem para o fluxo à montante, ponderado pelo volume. Porém, o manual sugere que basta considerar o movimento em frente da interseção à montante para a determinação de X_u . Na Tabela 2.11 são apresentados alguns valores de I e a sua equação geral.

Tabela 2.11: Valores de I para aproximações com interseções semaforizadas à montante (HCM 2000)

	Grau de saturação na interseção à montante, X_u						
	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	$\geq 1,0$
I	0,922	0,858	0,769	0,650	0,500	0,314	0,090

Fonte: Tradução da Tabela 15-7 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Nota: $I = 1,0 - 0,91 X_u^{2,68}$ e $X_u \leq 1,0$

O atraso devido à fila inicial é aquele causado pelos veículos remanescentes do ciclo anterior que não puderam ser atendidos pelo tempo de verde. Os veículos que chegam e encontram uma fila inicial levam um certo tempo para se deslocarem, o que irá depender diretamente do tamanho dessa fila. A forma de determinação desse tipo de atraso é apresentado pelas equações 2.12 a 2.14.

$$d_3 = \frac{1800Fi(1+u)t}{cT} \quad (2.12)$$

$$t = \min \left\{ T, \frac{Fi}{c[1 - (\min 1, X)]} \right\}; \text{ se } Fi = 0 \rightarrow t = 0 \quad (2.13)$$

$$u = 1 - \frac{cT}{Fi[1 - (\min 1, X)]}; \text{ se } t < T \rightarrow u = 0 \quad (2.14)$$

onde:

d	atraso parado (s/ veíc.);
d_1	atraso uniforme (s/ veíc.);
d_2	atraso incremental (s/ veíc.);
d_3	atraso devido à filas de supersaturação
PF	fator de ajuste de progressão para o atraso uniforme;
X	grau de saturação da interseção;
C	tamanho do ciclo (s);
C	capacidade do grupo de faixas (ucp/h);
G	tempo de verde efetivo para o grupo de faixas (s);
T	duração do período de análise (h);
K	ajuste do atraso incremental para controladores atuados; e
I	ajuste do atraso incremental para o tipo de chegada dos veículos dos semáforos à montante.
Fi	fila inicial no início do período T (veic);
T	tempo de duração da demanda não atendida em T (h), e
U	parâmetro de atraso.

2.3.4 Considerações finais sobre o HCM 2000

Pretende-se com esses comentários criticar a metodologia ainda no âmbito do cenário americano, procurando identificar as lacunas existentes nos procedimentos de cada método, com o intuito de eliminá-las quando de sua proposta de adaptação para a realidade de Fortaleza.

Como foi observado, durante a explanação da análise de vias urbanas segundo o HCM 2000, existe a clara segregação da metodologia nos três métodos que são apresentados em seus Capítulos 10 e 15. Embora essa segregação não apareça de forma explícita, essa forma de abordagem não cria em nenhum momento viés no objetivo da metodologia; pelo contrário, entende-se que essa abordagem facilita a identificação e a compreensão de cada etapa e, ainda, o entendimento das considerações assumidas em cada passo da metodologia.

No 1º Método verifica-se uma ausência de cuidados quanto à padronização de procedimentos para a escolha correta das variáveis dos critérios que determinam as categorias de projeto e as categorias funcionais. Por existirem algumas variáveis subjetivas, a escolha de um ou mais critérios com valores diferentes, que poderia ocorrer no caso da avaliação de um mesmo trecho por analistas diferentes, por exemplo, pode levar à determinação de classes diferentes para uma mesma via. DEMARCHI *et al.* (2004) propuseram uma planilha eletrônica que busca reduzir essa subjetividade na

determinação da classe da via, sendo recomendado o seu uso como forma de melhorar a qualidade de determinação da classe das vias analisadas.

No 2º Método vale destacar a ausência de propostas ou sugestões sobre a metodologia de coleta dos dados da velocidade média de percurso em campo. Nos capítulos referentes à análise de vias urbanas, não é citada em nenhuma oportunidade a importância de se escolher corretamente as vias a serem analisadas, de se determinar o tamanho da amostra para cada via, e de se especificar os procedimentos adequados para a coleta desses dados. Considera-se esse planejamento fundamental para uma correta determinação da VMP e uma precisa avaliação do NS do trecho em estudo. Sente-se também a ausência de comentários sobre como se encontra associada a percepção do motorista com relação à qualidade do tráfego com a velocidade de fluxo livre, já que esse método se propõe avaliar o nível de serviço de operação da via como uma porcentagem dessa VFL.

Finalmente, no 3º Método deve-se enfatizar que a sua aplicação é apropriada para locais, situações ou cenários em que a coleta de dados de velocidade média de percurso dos segmentos/trechos não seja viável, quer seja por limitações financeiras ou pela real impossibilidade, no caso de ser uma nova via, ou por outro motivo relevante. Essa recomendação é feita de forma bastante leve no HCM 2000 e pondera-se que, diante das inúmeras considerações assumidas pelo modelo, essa ênfase deve ter um maior destaque, sob pena de não se estimar de forma apropriada a VMP e, conseqüentemente, o NS das vias urbanas.

De forma geral, pode-se observar que a equação do atraso proposto pelo HCM 2000 vem evoluindo por meio de várias pesquisas de autores variados desde a década de 50. Grandes esforços foram realizados por vários estudiosos do assunto com o objetivo de aproximar cada vez mais o modelo ao cenário real. Porém, não se deve esquecer que apesar de toda essa evolução ao longo das várias versões do Manual e dos estudos relacionados o modelo tem sido calibrado para a realidade americana; a sua utilização em outros cenários, como a realidade de Fortaleza, deve ser investigada com o mesmo afinco. Recomenda-se a utilização de dados do tráfego local para que se possa obter resultados mais precisos e confiáveis.

2.4 ESTUDOS RELACIONADOS COM A AVALIAÇÃO DO HCM

2.4.1 Adaptação do HCM para Taiwan

CHANG (1988) realizou um estudo em que foram apresentadas as modificações cabíveis na metodologia para análise de vias urbanas do HCM 85 (Capítulo 11 – Urban Streets) para a sua aplicação na cidade Taipei, em Taiwan. Foi observado que as condições e características do tráfego em Taiwan são diferentes das dos EUA. Assim, as características dos segmentos das vias, a porcentagem de movimentos de giros nas interseções semaforizadas, os espaçamento dos semáforos, o tempo de percurso e o atraso, e a influência do elevado percentual de motocicletas existente em Taipei na determinação da velocidade de fluxo livre foram investigados para calibrar medidas quantitativas com o intuito de modificar a definição de via arterial, o método de determinação da classe da via e o método de determinação do NS do HCM. Para realizar tal adaptação foram investigadas 17 vias arteriais principais de Taipei, as quais foram divididas em 548 segmentos.

Definição de vias arteriais

Foram analisados os comprimentos dos 548 segmentos das vias da amostra e a porcentagem de conversões nas interseções semaforizadas por meio da estatística descritiva básica (média, desvio padrão e distribuição de frequência). A partir dessa análise, o conceito de via arterial para a cidade de Taipei foi alterado para a seguinte definição:

Uma via com mais de 20m de largura, com semáforos espaçados de 1 km ou menos, e que possuíse proporção de movimentos de conversão nas interseções que não fossem superiores a 25%.

Nota-se que foi introduzida a largura da via como um novo parâmetro a ser considerado e foram alterados o comprimento máximo dos segmentos e a porcentagem de movimentos de conversão, que no HCM é de 2 milhas ou menos, e de 20%, respectivamente.

Determinação da classe da via

Foi mantida a mesma estrutura do HCM, inclusive com a consideração de três classes de vias arteriais, mantendo-se também as três categorias de projeto e as duas categorias funcionais. Ocorreram, porém, algumas alterações na forma de determinação da categoria de projeto, com a mudança dos seguintes critérios: a) “controle de acesso” e “faixas separadas para conversões à esquerda” foram eliminados; b) “semáforos por milha” foi alterado para “espaçamento entre semáforos”, e c) “limite de velocidade” sofreu uma redefinição dos intervalos para cada categoria de projeto, que foi realizado utilizando-se os resultados de estudos anteriores que investigaram limites de velocidades e estratégias de controle para corredores arteriais de transportes em Taipei. Observa-se pela Tabela 2.12 que essas alterações foram simples e objetivas.

Tabela 2.12: Determinação da categoria de projeto (HCM 85 adaptado para Taipei)

Critério	Categoria de projeto		
	Suburbana	Intermediária	Urbana
Controle de acessos	Baixa	moderada	alta
Tipo de via arterial	Múltiplas faixas separadas; não separadas ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas, separadas ou não; mão única, 2 faixas	vias não separadas de mão única ou dupla, duas ou mais faixas
Estacionamentos	Nenhum	nenhum	algum
Faixas separadas para conversões à esquerda	Sim	usualmente	algumas
Espaçamento semafórico	1 a 4 sem/mi* > 320 m	4 a 8 sem/mi 220 - 320 m	8 a 12 sem/mi < 220 m
Limite de velocidade	65 a 73 km/h > 50 km/h	48 a 65 km/h > 50 km/h	40 a 56 km/h > 50 km/h
Atividade de pedestres	Nenhuma	nenhuma	alguma
Desenvolvimento ao longo da via (uso do solo)	Baixa densidade	moderada	alta densidade

Fonte: Tradução da Tabela 4 de CHANG (1988)

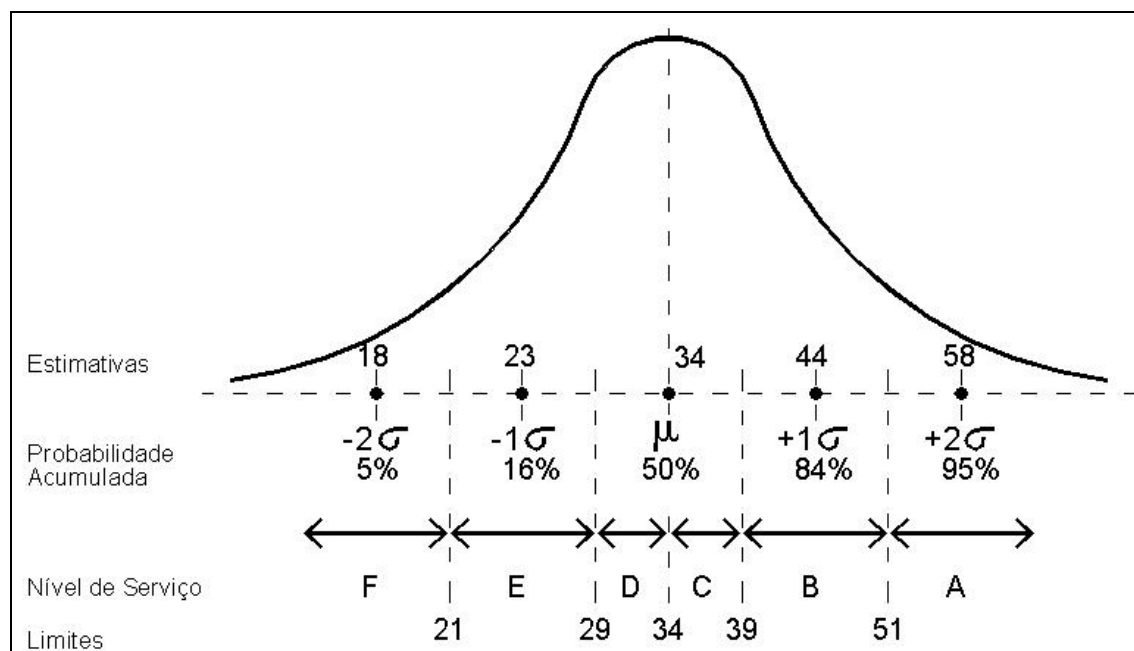
* sem/mi – semáforos por milha.

Definição do NS

A medida de desempenho foi a mesma do HCM 85, ou seja, a velocidade média de percurso; porém, os valores dos limites de velocidade de fluxo livre e, conseqüentemente, os valores dos limites dos NS tiveram de ser ajustados, também com base nos estudos de velocidade já mencionados.

Essa adaptação foi feita inicialmente agrupando os 548 segmentos em 3 grupos, de acordo com as suas características funcionais de projeto. Para cada agrupamento foi

obtida uma distribuição de frequência de velocidade de percurso, sendo constatado que a frequência seguia uma distribuição normal. Daí foi calculada a velocidade média de percurso para as classes 1, 2 e 3. Com base na distribuição normal encontrada, a velocidade média foi considerada o limite inferior do NS C e os valores de velocidade correspondentes a -2 desvios padrões, -1 desvio padrão, +1 desvio padrão e +2 desvios padrões dessa distribuição foram considerados como sendo os valores médios dos NS F, E, B e A, respectivamente. A partir desses valores obteve-se os novos valores dos intervalos de NS. Esse método foi aplicado para cada classe. A Figura 2.4 ilustra esse procedimento para a Classe 1.



Fonte: Tradução da Figura 8 de CHANG (1988)

Figura 2.3: Medidas quantitativas dos NS para a Classe 1 (CHANG, 1985)

Como conclusão, o trabalho considerou que essa adaptação foi uma boa oportunidade de se verificar as modificações necessárias para a aplicação do HCM em outras realidades e de se constatar que as características de tráfego específicas de cada local devem sempre ser relevadas nesse tipo de análise. Considerou-se que a adaptação foi útil para a aplicação em Taiwan e que outros países também podem ter esse modelo como exemplo e adaptá-lo, realizando as alterações necessárias para as suas realidades.

Ajuste na determinação do tempo em movimento

A adaptação foi realizada, primeiramente, utilizando a mesma relação entre o tempo em movimento e os diferentes comprimentos dos segmentos propostos pelo HCM 85 e apresentados na Tabela 11-4 do manual. Em seguida, tomando como base a proporção observada de motocicletas nas vias arteriais de Taipei – de 38% em relação ao tráfego geral – e o número de faixas de tráfego, foram redefinidos novos valores de VFL para cada via arterial. Por fim, foram determinados os novos valores do tempo em movimento, em s/Km, que podem ser vistos na Tabela 2.13.

Tabela 2.13 – Valores ajustados do tempo em movimento (CHANG, 1985)

Classe da via	I			II			III		
VFL (km/h)	60	55	50	50	55	40	50	40	30
Extensão média do segmento (m)	Tempo de percurso por quilômetro (s/km)								
80	-	-	-	-	-	-	-	170	221
160	-	-	-	102	109	116	115	135	184
240	87	89	93	95	100	105	98	113	151
320	82	84	88	90	95	102	91	105	129
400	77	80	84	84	93	100	85	99	128
480	72	74	77	-	-	-	-	-	-
640	70	72	73	-	-	-	-	-	-
800	67	69	72	-	-	-	-	-	-
1600	60	65	72	-	-	-	-	-	-

Fonte: Tradução da Tabela 5 de CHANG (1988)

Observou-se que não ficou explicada de forma detalhada a metodologia utilizada para a redefinição dos valores da VFL, identificando como a alta proporção de motocicletas pode interferir na VFL, já que o conceito dessa velocidade não leva em consideração a composição do tráfego do corredor. Nota-se, ainda, que para a Classe II foram definidos três valores para a VFL, diferentemente do HCM 85, que considera apenas dois valores. A questão também não justificada pelo presente estudo.

De forma geral, entende-se que a adaptação realizada por CHANG (1988) utilizou uma amostra bastante significativa, contribuindo para que as análises efetuadas representassem o cenário das vias arteriais de Taipei. Apesar de o estudo ter objetivado adaptar diretamente as inadequações observadas, sem apresentar discussões mais profundas sobre a parte conceitual, considera-se que ele contribuiu profundamente para alertar sobre o cuidado que se deve ter ao utilizar a metodologia do HCM em realidades diferentes da realidade americana.

2.4.2 Dissertação de Gasparini

O trabalho de GASPARINI (2002) analisou a adequabilidade do HCM 2000 para o estudo de vias urbanas brasileiras. O estudo teve como foco principal investigar o grau de suficiência dos parâmetros já utilizados pela metodologia do HCM 2000 relacionados à determinação da velocidade em movimento, identificando, conforme o caso, novos parâmetros que influenciem o tempo em movimento nos segmentos ainda não considerados. A partir desse objetivo principal, entende-se que o estudo concentrou esforços no 3º Método, mais precisamente na avaliação da forma como é determinado o tempo em movimento pelo HCM 2000, comentado no item 2.3.3 e apresentado na Tabela 2.7.

O estudo partiu da hipótese de que as paradas de ônibus, a composição do tráfego, as manobras devido aos estacionamentos e os locais de entrada/saída de veículos têm influência direta na determinação do tempo em movimento. Para essa análise, GASPARINI (2002) utilizou uma amostra contendo três vias arteriais pertencentes ao Plano Piloto da Cidade de Brasília, mais precisamente as vias W3 Norte e Sul e L2 Sul, que possuem 3 faixas de tráfego por sentido. Inicialmente, foram observadas nessas vias as interferências que poderiam influenciar no tempo gasto em movimento em seus segmentos que não eram consideradas pelo HCM 2000. Foi decidido que as interferências a serem investigadas seriam as paradas de ônibus, os estacionamentos, os locais de entrada/saída de veículos e a distribuição do volume e da composição do tráfego no uso das faixas de tráfego. Ainda foi resolvido que seriam pesquisados em campo os dados referentes à interferência das paradas de ônibus, as variáveis de velocidade da corrente de tráfego, a contagem volumétrica por faixa, a rotatividade em estacionamentos e o volume de entrada e de saída de veículos em locais de acesso aos lotes lindeiros à via. Nas pesquisas de velocidade, foram pesquisados 8 segmentos diferentes das três vias, totalizando uma amostra com 17 valores de tempo em movimento.

Algumas restrições ao estudo são feitas pela própria autora. Uma delas é a manipulação de uma amostra pequena, resultado da limitação do tempo e da necessidade de um grande número de pesquisadores. Outra restrição citada no estudo é a avaliação apenas qualitativa da influência dos estacionamentos e das entradas e saídas

dos veículos dos lotes no tempo em movimento, tendo sido feitas somente considerações a respeito da tendência dos efeitos causados pelas paradas de ônibus e do uso das faixas. Identifica-se também que não foi realizada uma inferência estatística mais aprofundada, que permitisse uma conclusão mais precisa sobre o comparativo realizado entre o tempo em movimento coletado em campo com o estimado pelo HCM 2000.

A principal conclusão a que o trabalho chegou foi que a distribuição do volume e a composição do tráfego no uso das faixas de tráfego variam consideravelmente, necessitando de fator de ajuste para essa correção, apesar de não ter citado como seria a determinação desse fator e nem onde deveria ser aplicado. Foi concluído também que a velocidade em movimento varia com o aumento do volume de tráfego, e que as faixas da direita apresentam menores velocidades e volumes veiculares, indicando que a composição do tráfego pode influenciar na velocidade em cada faixa de trânsito, o que reforça a conclusão anterior. Finalmente, o estudo afirmou que os tempos de percurso coletados em campo foram sempre mais elevados que os do HCM 2000, indicando a sua inadequabilidade para a realidade das vias analisadas.

Essa dissertação de mestrado caracterizou-se como um dos marcos iniciais de avaliação da adequabilidade do HCM para a realidade nacional, e considera-se que ela contribuiu decisivamente para o início da discussão sobre a definição de uma metodologia para a análise e o planejamento das vias urbanas brasileiras. Apesar de o trabalho ter se concentrado basicamente na variável “tempo em movimento no segmento”, o seu desenvolvimento, as suas considerações e as suas conclusões proporcionaram uma grande motivação para a continuidade de vários ramos de pesquisa em termos de avaliação e complementação do HCM, e até mesmo do desenvolvimento de novas metodologias.

2.4.3 Projeto Rede Tráfego

A partir do trabalho de GASPARINI (2002), foi desenvolvido um estudo por uma rede de pesquisadores de instituições acadêmicas com abrangência regional e nacional (UFC, UNB, UFRGS, COPPE/UFRJ, UFPE e UEM) denominado de Projeto Rede Tráfego (CNPQ, 2004), que teve como enfoque a avaliação da qualidade do tráfego e da circulação em vias urbanas brasileiras.

Destaca-se nesse estudo uma etapa que teve como objetivo a identificação dos atributos capazes de representar a qualidade do tráfego de vias arteriais urbanas brasileiras, em que foram investigadas vias urbanas das cidades participantes do Projeto Rede-Tráfego (CNPQ, 2004). Para isso, realizaram-se pesquisas de campo por meio de entrevistas com os usuários do trânsito (pedestres, motoristas de autos e usuários do transporte público). Como conclusão, foi identificado que a metodologia desenvolvida possibilita comparar a visão de técnicos de diferentes localidades e permite, ainda, comparar os níveis de satisfação para diferentes vias. Assim, é possível avaliar os desempenhos relativos de vias indicando as necessidades de investimento. Por outro lado, também foi concluído que a metodologia desenvolvida apresenta limitações, já que as informações obtidas (satisfação e importância) são abstratas e dependem de fatores do tráfego também abstratos, relacionados à fluidez e à acessibilidade. Além disso, quando da abordagem da entrevista, a percepção do entrevistado foi restringida a trechos viários específicos e à ótica particular de um tipo específico de usuário (pedestres, motoristas e usuários de ônibus). Assim, uma abordagem inadequada dos entrevistados pode ter comprometido a qualidade das respostas, de modo a também ter comprometido os resultados. Contudo, essa etapa do Projeto Rede Tráfego (CNPQ, 2004) entende a metodologia desenvolvida como uma importante ferramenta adicional para a gestão do trânsito urbano, no que se refere à avaliação de vias arteriais urbanas. Vale ressaltar, por fim, que a abordagem sobre a percepção do usuário adotada por esse trabalho não seguiu a adotada pelo HCM, que separa em seis níveis de satisfação (A até F). Dessa forma, não se deve tentar associar os resultados obtidos pela aplicação de ambas as metodologias.

Outro estudo que foi investigado no Projeto Rede Tráfego (CNPQ, 2004), para o qual parte desta presente dissertação contribuiu diretamente, foi o de verificação da

adequação da metodologia do HCM 2000 para a análise do nível de serviço de vias arteriais urbanas brasileiras. O sub-projeto teve como principal objetivo verificar a aplicabilidade da metodologia proposta pelo HCM 2000 para a análise de vias urbanas na análise das vias arteriais das cidades brasileiras. Foram analisadas vias arteriais em Fortaleza e Recife, concluindo-se ao final que a metodologia produz resultados significativamente diferentes dos observados na realidade nacional. Ainda como produto dessa etapa do projeto, realizaram-se estudos de microssimulação para algumas vias do Paraná e de São Paulo. Essas análises permitiram calibrar os parâmetros do simulador INTEGRATION, de modo a que se pudesse ter mais uma forma de avaliação de corredores arteriais. Ao final, a etapa concluiu que os estudos de simulação contribuíram de forma bastante significativa, já que essa ferramenta permite que se possa prever o comportamento futuro de determinadas intervenções, sem que nenhuma alteração no cenário real tenha sido executada, podendo-se comparar alternativas e escolher a melhor forma de operar uma determinada oferta viária.

Tópicos conclusivos

De forma global entende-se que o projeto caracterizou-se como um estudo nacional pioneiro de avaliação da qualidade do tráfego urbano, realizado por conceituadas instituições brasileiras de ensino e pesquisa de engenharia de transportes, que envolveu a participação de entidades públicas gerenciadoras do tráfego urbano. Esse estudo proporcionou resultados que efetivamente podem ser adotadas pelos órgãos de gerenciamento da mobilidade urbana, atuando em diversas frentes de trabalho tais como na percepção do usuário na qualidade do tráfego, na avaliação de técnicas de prioridade para o transporte público, na verificação da adequabilidade de metodologias estrangeiras, e no aprimoramento de metodologias para a implantação de equipamentos eletrônicos de controle de velocidade.

Entende-se, por fim, que esse estudo global também foi o motivador de um grande avanço na pesquisa científica nacional, inclusive do desenvolvimento da presente dissertação de mestrado, e que se consolidou como um dos marcos iniciais dos estudos para o desenvolvimento de uma metodologia nacional para análise da capacidade e da qualidade do tráfego urbano nacional.

2.4.4 Síntese comparativa

Esse tópico tem o objetivo de efetuar um comparativo entre os diversos estudos relacionados com o HCM 2000, buscando identificar as suas análises no que se refere à metodologia proposta pelo HCM 2000 para a avaliação do NS de vias urbanas. Na Tabela 2.14 é apresentado um breve resumo de cada estudo relacionado com a metodologia de análise de vias urbanas do HCM 2000 identificando cada método e a maneira como cada um realizou intervenções. Pretende-se, com isso, proporcionar uma visão geral comparativa desses estudos em relação à forma como essa metodologia é abordada no presente trabalho (a sua divisão em 3 Métodos), permitindo inclusive avaliar melhor as estratégias de cada um dos três trabalhos.

Tabela 2.14: Síntese comparativa entre os estudos relacionados ao HCM 2000.

ESTUDO	AVALIAÇÃO EM RELAÇÃO À METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIAS URBANAS DO HCM 2000		
	1º MÉTODO	2º MÉTODO	3º MÉTODO
CHANG (1988)	Realizou uma adaptação mantendo a estrutura básica, alterando e/ou eliminando os critérios julgados inadequados à realidade de Taiwan.	Redefiniu os limites e as amplitudes dos NS em cada classe de via com base na distribuição de probabilidade das VMP dos corredores de Taiwan.	Redefiniu os valores do tempo médio em movimento pela alteração dos valores da VFL em cada classe.
GASPARINI (2002)	–	–	Verificou se o HCM conseguia modelar de forma adequada o tempo em movimento nos segmentos de vias urbanas brasileiras, tomando como base vias arteriais de Brasília.
PROJETO REDE TRÁFEGO (2005)	Criou uma planilha eletrônica com base na metodologia do HCM 2000 para a classificação de vias urbanas, e sugeriu adaptações para a aplicação na realidade brasileira.	Identificou novos atributos percebidos pelos usuários e gestores da mobilidade urbana para avaliar a qualidade do tráfego em vias arteriais.	Verificou a adequabilidade da aplicação do 3º Método para avaliar a qualidade do tráfego das vias urbanas brasileiras.

O estudo de CHANG (1988) trata-se de um artigo científico que criticou e adaptou de forma simples e direta a metodologia do HCM publicado em 1985 para a sua

utilização em Taiwan. Como se pode observar, foram tratadas todas as etapas da metodologia, proporcionando uma completa adaptação para a realidade do local em estudo. O estudo de GASPARINI (2002) é uma dissertação de mestrado que investigou as prováveis interferências no tráfego de passagem que ocorrem entre as interseções semaforizadas, e que caracteriza uma análise diretamente sobre o 3º Método, não tendo abordado, em nenhum momento, as outras etapas da metodologia. Por fim, o Projeto REDE TRÁFEGO (CNPQ, 2005) é um projeto nacional elaborado por várias universidades que abordou os três métodos, proporcionando melhorias na aplicação do primeiro, uma nova proposta para o segundo e a verificação da aplicabilidade do terceiro.

2.4.5 Planejamento do TRB para melhoria do HCM 2000

Desde a publicação da primeira versão do HCM, o *Transportation Research Board* – TRB tem destinado contínuos esforços para a elaboração de estudos relacionados ao manual, com a finalidade de melhorar a precisão dos resultados das metodologias existentes, e também de fornecer novas metodologias para avaliar as mais diversas necessidades da comunidade técnica no que se refere às ofertas viárias existentes.

Recentemente o TRB lançou o 4º Programa de Pesquisa para Melhoria do HCM pela CIRCULAR E-C081 (TRB, 2005), o qual relaciona 11 temas principais em que são necessárias implementar melhorias. Esses temas foram identificados a partir de uma série de aproximadamente de 10 grupos focados, cada um com 10 a 12 usuários do HCM 2000 como participantes, entre os anos de 2002 e 2003. Esses estudos recomendaram a necessidade de condução de 38 estudos de pesquisa, além dos 12 projetos já existentes desde a publicação do HCM 2000, para publicar a nova edição do HCM. Como planejamento, o TRB divulgou nesse documento que todos os projetos terminariam até o mês de setembro de 2006 e apresenta ainda o cronograma de elaboração das 38 pesquisas a ser realizadas, algumas com início para 2007 e as últimas com final para 2015.

Dos doze projetos já iniciados existem dois, ainda em andamento, que se referem ao estudo de vias urbanas. O primeiro, com prazo para findar em junho de

2007, com o título de Nível de serviço de vias arteriais multimodais, pelo relatório NCHRP Project 3-70. O segundo, com prazo para findar em setembro de 2007, com o título de Estimando e medindo a velocidade do tráfego e o nível de serviço em vias urbanas, por meio do relatório NCHRP Project 3-79. Observa-se que a comunidade técnica americana vem continuamente se preocupando tanto em avaliar os métodos já existentes, no caso do segundo projeto, quanto em implementar novas metodologias para assuntos os quais o HCM ainda não aborda, que é o caso do primeiro.

Quanto aos estudos de pesquisa a ser iniciados a partir do início de 2006, existem quatro diretamente relacionados com as vias urbanas, que são:

- a. Procedimentos de modelagem para vias arteriais congestionadas;
- b. Efeitos de acessos não semaforizados na capacidade de vias urbanas;
- c. Determinação do nível de serviço em áreas de intercruzamento em segmentos de vias arteriais;
- d. Determinação da capacidade e o nível de serviço em vias urbanas locais;

Nota-se claramente que as linhas de pesquisa descritas propõem-se a estudar assuntos não abordadas atualmente pelo HCM, tendo o objetivo de representar cientificamente situações reais em que se identificou a necessidade de diagnosticar e propor soluções para os problemas existentes. Três estudos são voltados para a análise de vias arteriais, tendo o foco em modelar trechos congestionados, efeito que os veículos provenientes de interseções não semaforizadas causam na corrente de tráfego, e trechos de intercruzamentos, que são locais onde existem consideráveis desejos de mudanças de faixas de tráfego conflitantes na corrente de tráfego. Um estudo é direcionado para a análise da qualidade do tráfego de vias locais, o qual foi antecipado pelo programa de pesquisa que será abordado em um novo capítulo do HCM.

Observa-se pelo diagnóstico oriundo dos grupos focados, apresentado na CIRCULAR E-C081 (TRB, 2005), que as pesquisas a ser realizadas serão conduzidas no sentido de garantir que as medidas de avaliação da qualidade do NS irão ser mais consistentes com a percepção dos usuários do tráfego urbano, podendo, ainda, essa percepção variar de acordo com as condições de tráfego e de oferta viária. O TRB reconhece, também, no diagnóstico, que a principal função do HCM é a de ser uma

ferramenta de tomada de decisão para os órgãos rodoviários conseguirem prever determinadas condições operacionais e anteciparem melhorias adequadas. Porém, também reconhece que essa função será melhor exercida se a qualidade do serviço mensurada for compatível com a percepção do usuário que trafega por essa oferta viária, proporcionando, assim, melhoramentos no manual.

Outro fato que vale ser ressaltado é que há uma preocupação do TRB em estimar a variabilidade dos resultados nos tempos de viagem, para o caso de vias urbanas, que hoje é tratada como determinística. Essa preocupação decorre da variabilidade do tráfego que ocorre entre períodos do dia e de um dia para outro, e ainda de acidentes de tráfego, os quais não podem ser previstos mas podem ter sua probabilidade estimada. Observa-se, assim, que devem ser inseridas melhoras nesse sentido no manual.

Nota-se que o planejamento do TRB implicará em grandes avanços para a análise da qualidade do NS das diversas ofertas viárias, incluindo obviamente as vias urbanas. Porém, é importante salientar que todas essas melhorias serão implementadas com base no cenário americano: vias, veículos e comportamento do motorista. Assim, deve-se sempre atentar que, por maior que seja o avanço, esses modelos sempre deverão ser calibrados e validados para a realidade onde serão aplicados, sob pena de se obter avaliações equivocadas.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser observado, a metodologia do HCM para a análise de vias urbanas manteve a sua estrutura básica ao longo de todas as versões e atualizações apresentadas. Nota-se que essas atualizações foram introduzidas com o intuito de melhorar a precisão dos modelos de representação das características viárias, da qualidade do NS e da estimativa da velocidade média de percurso. Assim, percebe-se que a concepção metodológica de análise de vias urbanas vem se consolidando cada vez mais no decorrer do tempo, e ainda, se vê que esses avanços são consequência do incentivo que o TRB mantém para que existam ininterruptos grupos de estudo com a finalidade de aprimorar as metodologias do manual. Porém, foi detectado ao longo da presente análise que muitas considerações adotadas pelo HCM são incompatíveis ou

insuficientes para uma avaliação adequada de vias urbanas em realidades diferentes da realidade norte-americana, inclusive na do Brasil.

Diante dessa configuração, considera-se que um exame mais detalhado das condições geométricas e operacionais das vias arteriais brasileiras é de fundamental importância para uma correta avaliação desses corredores, tendo como referência a utilização do HCM. Pretende-se, assim, na seqüência desta dissertação, utilizar corredores viários de Fortaleza como base para a elaboração de uma proposta de adaptação da metodologia do HCM 2000 para a análise de vias urbanas considerando as condições locais, disponibilizando, dessa forma, uma ferramenta mais precisa para a utilização na realidade nacional.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS ARTERIAIS DE FORTALEZA

3.1 INTRODUÇÃO

Conforme já citado na introdução deste trabalho, considera-se que as vias arteriais são responsáveis por grande parte dos deslocamentos do tráfego de passagem nas cidades brasileiras. Fortaleza enquadra-se com perfeição nesse cenário nacional por possuir uma considerável malha arterial interligando as mais diversas zonas de tráfego da cidade, e ser quase que completamente ausente de vias expressas, com a exceção da BR-116 – que adentra o Município no sentido Norte-Sul, sem cruzamentos viários em nível e com vias marginais para acesso aos lotes lindeiros à via. Dessa forma, pretende-se utilizar uma amostra desses corredores para que se possa verificar a adequabilidade da metodologia do HCM 2000 para análise de vias arteriais da cidade e propor as adaptações necessárias para sua utilização na realidade local.

A rede viária básica de Fortaleza é composta de vias com diferentes características físicas, operacionais e de padrões de demandas, localizadas nas mais diversas regiões do Município. Além dessa diversidade, ocorre que a classificação viária planejada, a qual se encontra presente na legislação municipal, não reflete o que é observado no cenário real. Considerando todos esses fatores de heterogeneidade e de planejamento, serão eleitos alguns corredores, de modo que eles representem significativamente a grande maioria das vias arteriais da cidade. A partir daí, pretende-se realizar uma análise detalhada na amostra, de forma que ao final dessa etapa se possa ter uma real caracterização das vias arteriais de Fortaleza. Isso será realizado por meio da identificação e da tabulação dos seus vários componentes, tais como geometria, velocidade, dados operacionais, dentre outros relevantes, que servirão como base para o desenvolvimento desta pesquisa científica e para outras análises que porventura necessitem de uma base de dados de vias arteriais.

3.2 SISTEMA VIÁRIO DE FORTALEZA

3.2.1 A classificação viária planejada de Fortaleza

A Lei de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza – LUOS/FOR (PMF, 1996) regulamenta o sistema viário municipal. Essa legislação tem como concepção estrutural a permissibilidade do uso do solo associada à classificação viária, onde a adequação de um determinado equipamento (residência, comércio, indústria, dentre vários outros) é condicionada ao tipo de via, ou conjunto de vias, para onde ele será limítrofe.

A LUOS/FOR (PMF, 1996) determina que as vias de Fortaleza devem ser enquadradas em sete tipos: Via Expressa, Via Arterial I, Via Arterial II, Via Coletora, Via Comercial, Via Local e Via Paisagística, considerando que a primeira tem maior classificação e a última menor. Essa lei determina, ainda, que uma via classificada como do tipo Expressa é a que permite maior diversidade de usos, dos mais diversos portes, e que ao se diminuir a hierarquia viária aumentam-se as restrições de ocupação do solo lindeiro à via. A seguir, apresenta-se a definição dos sete tipos de via segundo a legislação.

- I - **Via Expressa** - vias destinadas a atender grandes volumes de tráfego de longa distância e de passagem, e a ligar os sistemas viários urbano, metropolitano e regional, com elevado padrão de fluidez;*
- II - **Via Arterial I e II** - vias 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 essas funções com a função de atender ao tráfego local, com bom padrão de fluidez;*
- III - **Via Coletora** - vias destinadas a coletar o tráfego das vias comerciais e locais e distribuí-lo nas vias arteriais e expressas, a servir de rota de transporte coletivo e a atender na mesma proporção ao tráfego de passagem e local, com razoável padrão de fluidez;*
- IV - **Via Comercial** - vias destinadas a atender ao tráfego local nas Áreas de Urbanização Prioritária, com baixo padrão de fluidez;*

V - **Via Local** - *vias destinadas a atender ao tráfego local, de uso predominante nessa via, com baixo padrão de fluidez;*

VI - **Via Paisagística** - *via com limitado padrão de fluidez, com o objetivo de valorizar e integrar áreas especiais: de preservação, de proteção, faixas de praia, de recursos hídricos, dunas e orla marítima.*

Nota-se que os dois tipos de via Arterial têm a mesma definição; analisando-se, porém, detalhadamente a legislação entende-se que a diferença básica entre elas é que alguns usos permitidos numa via do tipo “I” são inadequados em vias do tipo “II”, sendo assim a última mais restritiva. Esse foi o mecanismo utilizado pelos planejadores para suprir a necessidade de controlar com maior rigor o adensamento de alguns corredores arteriais já próximos ao limite da saturação.

Diante dessas considerações, conclui-se que as vias arteriais de Fortaleza têm três funções básicas. A primeira é a de mobilidade, atendendo ao tráfego de passagem em condições de bom padrão de fluidez. A segunda é a de acessibilidade, atendendo ao tráfego local que se destina aos comércios e serviços que são incentivados pela legislação nessas vias. Por fim, a terceira é a de controle da ocupação urbana, onde existem algumas restrições à implantação de determinados tipos de uso em relação às vias Expressas. Nota-se, dessa maneira, que se tem uma via arterial multifuncional, tendo inclusive que atender a definições antagônicas, já que onde se proporciona boa mobilidade normalmente se reduz a acessibilidade.

Pela Figura 3.1 observa-se especialmente o mapa do sistema viário básico (vias expressas e vias arteriais) do Município de Fortaleza previsto pela LUOS/FOR. No mapa nota-se uma boa distribuição das vias arteriais planejadas em toda a área do Município. Essa configuração proporciona condições favoráveis para o deslocamento do tráfego de passagem tanto na direção Leste-Oeste quando no sentido radial.

De forma global observa-se um sistema viário composto por uma malha arterial projetada de forma adequada para as condições físicas e de adensamento da cidade. Porém,

percebe-se que existem algumas atribuições associadas a essas vias que não são compatíveis com a sua função de mobilidade, o que pode acarretar o comprometimento dos deslocamentos do Município de um modo geral.

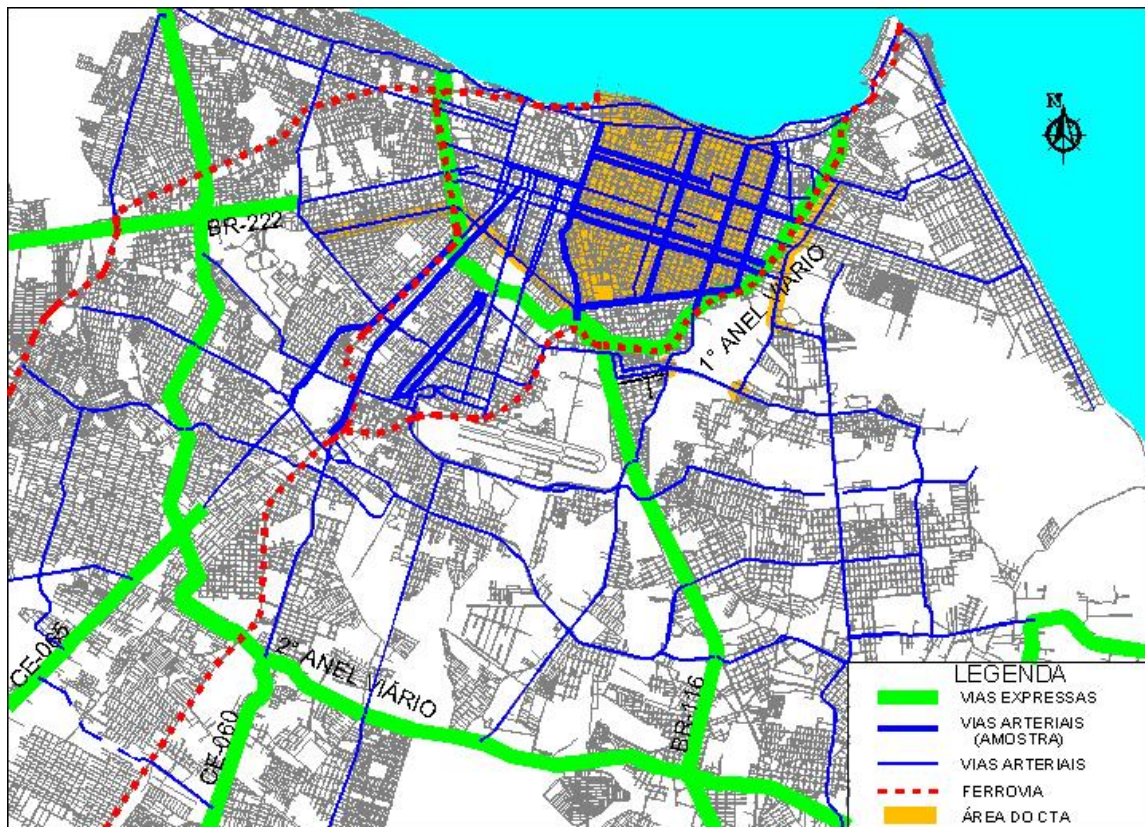


Figura 3.1: Sistema Viário Básico do Município de Fortaleza e a amostra selecionada.

3.2.2 O sistema viário básico existente no Município

No Município de Fortaleza, quase todo o deslocamento do tráfego de passagem é realizado por vias arteriais, tendo somente a BR-116 como via expressa ligando a região Sudeste à Área Central da cidade. Embora haja a previsão em lei de existirem dois anéis viários expressos, observa-se no cenário real que o 2º Anel Viário atualmente se encontra implantado com características de via arterial em toda a sua extensão. Ainda se observa que o 1º Anel se acha implementado somente do lado Leste da cidade, também com características de via arterial. Isso se deve basicamente a limitações de recursos financeiros da administração pública para implementação de toda a infra-estrutura requerida por uma via expressa.

Outro fato que ocorre, é que na região planejada da cidade de Fortaleza, que é parte da área interna do 1º Anel, o sistema viário foi projetado de forma que as vias se cruzam ortogonalmente a cada cem metros, formando um “xadrez” quase perfeito onde existem vias arteriais para atender o tráfego de passagem. Acontece que o grande adensamento dessa região (edificações de grande porte) ao longo dos anos acarretou tanto o aumento da quantidade de viagens realizadas como a impossibilidade de aumento da capacidade do sistema viário (alargamento de vias). Diante desse cenário, algumas vias planejadas para atender somente à demanda local passaram a absorver o tráfego de passagem, tendo em vista que essas vias, embora com seção transversal reduzida (duas faixas de tráfego), têm continuidade no sistema viário, algumas até mais que as próprias arteriais. Assim, foram identificadas como uma opção de baixo custo financeiro para receber o tráfego de passagem não mais suportado somente pelas arteriais. Em sua maioria, essas vias operam em sentido único, com apoio de outra via semelhante em sentido contrário, formando binários de fluxos de tráfego, com funções de vias coletoras e até mesmo de arteriais. Dessa forma, o sistema viário básico de Fortaleza – responsável pelo deslocamento do tráfego de passagem – é um conjunto misto formado, em grande parte, por vias classificadas como arteriais, tendo também a presença de algumas vias coletoras e até mesmo de vias locais. O sistema pode ser observado pela Figura 3.2.

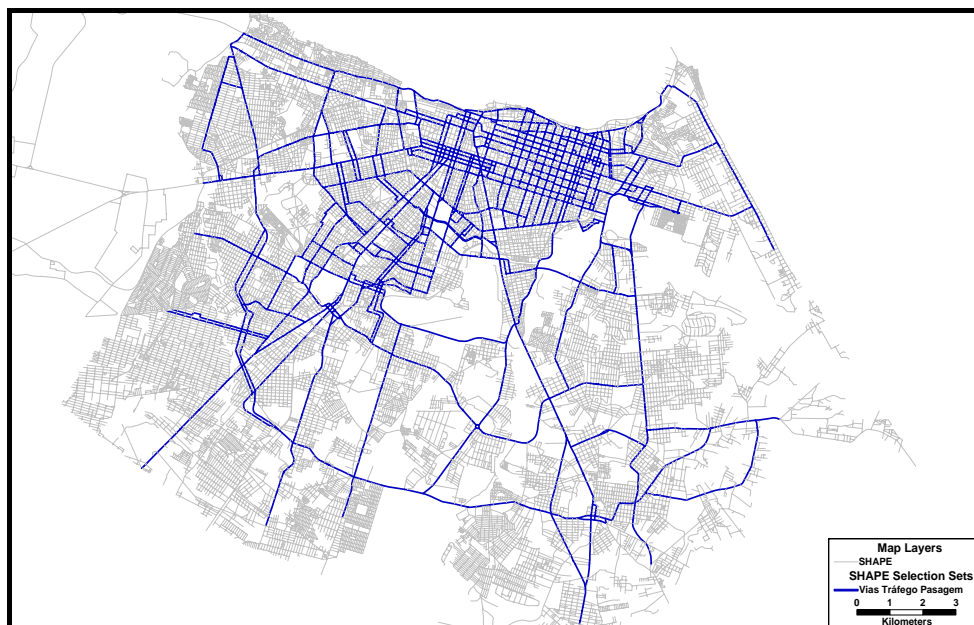


Figura 3.2: Vias utilizadas pelo tráfego de passagem em Fortaleza.

Dessa forma, observa-se que as vias utilizadas para a macrocirculação do Município não são um retrato fiel do planejamento urbano existente na legislação, por causa dos vários motivos já comentados. Outra peculiaridade da cidade é que existe uma região interna ao 1º Anel Viário e alguns corredores viários com uma malha reticulada, operada em tempo real por controladores semafóricos centralizados em uma unidade denominada CTAFOR (LOUREIRO *et. al.*, 2002), conforme pode ser observado pela Figura 3.1. Essa região tem uma característica de concentrar a maioria das viagens da cidade e de, juntamente com a característica do traçado viário, apresentar um trânsito mais conflitante. Nas tabelas 3.1 e 3.2 são mostrados alguns dados numéricos absolutos e relativos em relação à malha viária total do Município, às vias arteriais planejadas e às vias que efetivamente absorvem o tráfego de passagem.

Tabela 3.1: Dados gerais da malha viária de Fortaleza.

Sistema viário	Comprimento (km)	%
Malha viária de Fortaleza	3601	100
Vias arteriais implantadas (Lei de Uso do Solo)	235	7 ⁽¹⁾
Vias utilizadas pelo tráfego de passagem	365	10 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Em relação à malha viária de Fortaleza.

Tabela 3.2: Dados gerais da malha viária de Fortaleza na área do CTAFOR.

Sistema viário	Comprimento (km)	%
Malha viária na área do CTAFOR	222	6 ⁽²⁾
Vias arteriais implantadas (Lei de Uso do Solo)	50	23 ⁽³⁾
Vias utilizadas pelo tráfego de passagem	106	48 ⁽³⁾

⁽²⁾ Em relação à malha viária de Fortaleza.

⁽³⁾ Em relação à malha viária do CTAFOR.

Esse contexto é reflexo de um planejamento urbano desassociado do planejamento de transportes, agravado pelo fato do poder executivo municipal não seguir à risca o planejamento existente em lei e pela falta de recursos financeiros. Diante disso, Fortaleza caminha claramente na direção de solidificar o sistema viário básico constituído somente de vias arteriais, procurando adequar as vias atuais para o tráfego de passagem individual, porém com prioridade para o transporte coletivo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CORREDORES DA AMOSTRA

3.3.1 Seleção dos corredores de tráfego

A cidade de Fortaleza apresenta uma característica de configuração da malha viária que se divide basicamente em duas regiões. A primeira é a região situada no interior do 1º Anel Viário, caracterizada com um forte adensamento do uso do solo, apresentando um sistema viário reticulado que concentra a maioria das atividades comerciais da cidade. A segunda, definida entre o 1º Anel Viário e o limite do Município, caracteriza-se por ser uma região onde a ocupação é menos densa, com destaque para a ocupação residencial, e onde os corredores acham-se dispostos de forma radial e anelar, interligando os diversos bairros periféricos da cidade entre si, bem como a essa região mais adensada. Essas regiões podem ser visualizadas também pela Figura 3.1.

A primeira região apresenta um uso do solo predominantemente comercial, onde os corredores caracterizam-se por apresentar uma grande diversidade de configurações geométricas, variando desde pista única com sentido único (duas faixas) até pista dupla com sentido duplo (duas faixas por sentido). Essa região é composta pela Área Central da cidade e pelo denominado Centro Expandido. Essa última é um conjunto de bairros de classe média a alta, que apresenta uma grande concentração de edificações residenciais multifamiliares e ocupações comerciais que naturalmente vieram surgindo com o desenvolvimento da cidade ou migraram do Centro, devido à saturação da área. Essa configuração faz com que essa região concentre a maioria significativa das viagens motorizadas realizadas na cidade.

A segunda região, definida entre o 1º e o 2º Anéis Viários, concentra basicamente toda sua atividade comercial em seus corredores arteriais, que se dividem em corredores radiais e anelares situados entre os dois anéis viários principais. Os corredores secundários também possuem diferenças geométricas entre si e inclusive ao longo do seu próprio traçado. Ressalta-se, porém, a existência de vias de maior capacidade, possuindo pista dupla de até três faixas por sentido. Os eixos anelares têm a sua função de mobilidade reduzida e, conseqüentemente, o fluxo de veículos atraídos. Isso se deve à segregação imposta pela via férrea que cruza toda a cidade no sentido Norte-Sul no mesmo nível da

malha viária, permitindo cruzamentos de nível em apenas 11 locais ao longo de 12 km de extensão da ferrovia. Daí o surgimento de uma grande impedância de deslocamentos no sentido Leste-Oeste de Fortaleza, principalmente porque alguns desses locais de travessia não se localizam nas vias arteriais anelares e sim em via locais, reforçando ainda mais essa impedância.

Diante desse cenário, foram escolhidas 15 vias como uma amostra representativa de todos os corredores arteriais de Fortaleza, as quais podem ser visualizadas espacialmente na Figura 3.1. Esses corredores, com extensão variando entre 1,2 e 3,6 km, foram selecionados em função da sua significativa contribuição para a mobilidade na malha viária urbana e de suas características geométricas. Dez deles estando inseridos na primeira região e os demais representando importantes corredores arteriais radiais da segunda região, considera-se, assim, que esses corredores eleitos possam representar a realidade local de forma fidedigna. A Tabela 3.3 apresenta as principais características geométricas dos corredores eleitos, justificando a escolha dos corredores conforme a heterogeneidade da malha viária arterial de Fortaleza.

Tabela 3.3: Vias representativas da rede arterial de Fortaleza.

GRUPO 1 Pista Simples, sentido único, com duas faixas de tráfego	GRUPO 2 Pista Simples, sentido único, com três faixas de tráfego	GRUPO 3 Pista Dupla com duas faixas de tráfego por sentido	GRUPO 4 Pista Dupla com três faixas de tráfego por sentido
Av. Alberto Magno	Av. Antônio Sales	Av. Barão de Studart	Av. José Bastos
Av. Costa Barros		Av. Desemb. Moreira	
Av. Gomes de Matos		Av. Dom Manoel	
Av. João Pessoa (*)		Av. Duque de Caxias	
Av. Padre Valdevino		Av. Pontes Vieira	
Av. da Universidade		Av. Santos Dumont	
		Av. Virgílio Távora	

(*) Via com faixa exclusiva para ônibus em contra-fluxo.

Para um melhor conhecimento da realidade das vias arteriais da amostra e, conseqüentemente, da caracterização dos corredores arteriais de Fortaleza, foram realizadas pesquisas de velocidade e de retardamento nesses corredores. Também serão coletados outros dados complementares para a aplicação e a adaptação da metodologia do HCM 2000 para análise de vias urbanas. Esses dados também serão utilizados para compor um banco

de dados de vias arteriais, de modo a disponibilizar as informações para a realização de outros estudos semelhantes ou novas comparações com a realidade de outras cidades.

3.3.2 Descrição das pesquisas de velocidade e retardamento

Foram realizadas pesquisas de velocidade média de percurso em todos os corredores da amostra selecionada, coletando-se em campo, para cada segmento, os valores de tempo em movimento e de atraso nas interseções semaforizadas, que somados constituem o tempo médio de percurso.

Definiu-se inicialmente, para cada corredor, as seções inicial e final dos trechos e segmentos a serem analisados. Esses limites foram definidos conforme determina a metodologia do HCM 2000, que utiliza as interseções semaforizadas como delimitações dos limites dos segmentos. Considerou-se, como outro critério, limitar o trecho pela sua homogeneidade, utilizando somente trechos em que os corredores tinham uma caracterização física e operacional e de uso do solo semelhante. Após essa definição, foram identificados os segmentos com os seus respectivos comprimentos, e a partir disso passou-se para o planejamento da pesquisa de identificação da VMP.

Para a determinação da velocidade nos corredores da amostra foi utilizado o método do veículo-teste médio (GARBER e HOEL, 2001), que se baseia em registrar os dados de tempo de um veículo-teste percorrendo o corredor em questão, cujo condutor procura sempre seguir a corrente de tráfego. A quantidade de observações para os corredores variou entre 5 e 15 e levou em consideração a extensão da cada corredor, o horário em que foi realizada a coleta e a disponibilidade de veículos.

Para facilitar a coleta dos tempos em campo, utilizou-se, além do veículo-teste com motorista, um pesquisador de posse de um *palm-top* (computador de mão) gerenciando um programa desenvolvido na linguagem *PocketC* para o registro das informações a serem coletadas, registrando os dados de tempo de viagem a cada passagem do veículo por uma mesma seção-referência nas interseções semaforizadas (uma mesma seção que pudesse ser identificada em cada interseção, como a linha de retenção, por exemplo), de forma a obter o

tempo de percurso para cada segmento. De posse desses dados, obteve-se a velocidade média de percurso por segmento bem como para todo o trecho das vias da amostra.

3.3.3 Dados coletados pelo sistema CTAFOR

Com a implantação do Controle de Tráfego em Área de Fortaleza – CTAFOR (LOUREIRO *et al.*, 2002) pelo Órgão Gestor de Trânsito de Fortaleza no ano de 2000, a cidade teve um grande avanço na qualidade da gestão do tráfego, já que foi possível a centralização do controle, em tempo real, de todas as interseções semaforizadas da região da Grande Aldeota e de alguns corredores e interseções isoladas (áreas em destaque na Figura 3.1). Nas demais interseções semaforizadas, ao longo do ano de 2003, foram realizados estudos para a atualização dos planos semafóricos juntamente com a coordenação desses cruzamentos entre si, proporcionando a progressão dos pelotões nos corredores.

Essas atividades, além da melhoria da circulação geral, proporcionaram a criação de um banco de dados que contém informações sobre os diversos parâmetros de tráfego utilizados para a realização dessas implementações, bem como sobre os que continuamente são gerados a partir da central do CTAFOR, como estimativa do volume de tráfego e atraso nas interseções semaforizadas, dentre outros. Assim, como forma de reduzir custos e reduzir o tempo dispensado na coleta dos parâmetros necessários para a aplicação e adaptação da metodologia, optou-se por utilizar os dados disponíveis no Órgão de Trânsito Municipal. Esses dados foram os seguintes: taxas de fluxo, tempos semafóricos (tempo de verde e ciclo), índices de saturação, capacidade e proporção dos veículos chegando no tempo de verde. O valor adotado para o fluxo de saturação foi o recomendado por LUNA (2003), cujo estudo analisou detalhadamente diversas interseções de Fortaleza, obtendo o valor de 1.800 veículos/hora/faixa. Por fim, assumiu-se para o valor da velocidade de fluxo livre a velocidade regulamentada para a via (60 km/h), conforme constatação de COLELLA *et al.* (2004), que analisou vias urbanas de Maringá.

3.3.4 Caracterização operacional dos corredores da amostra

A partir dos corredores escolhidos para a representação das vias arteriais de Fortaleza e da análise do cenário atual, foram montadas diversas planilhas, uma para cada via, com o resumo das informações necessárias para a sua caracterização. Julgou-se necessária a apresentação dos seguintes dados: i) o comprimento do trecho e dos segmentos; ii) o tempo em movimento entre as interseções semaforizadas; iii) o atraso de controle nessas interseções; iv) a velocidade média de percurso, e v) o NS. Para os itens de ii a v são apresentados tanto os valores observados em campo como os estimados pelo 3º Método. Todos esses dados de forma desagregada podem ser observados em anexo.

PEREIRA NETO *et al.* (2003) avaliaram sete corredores arteriais de Fortaleza, os quais são uma parte da amostra analisada nesta dissertação. São eles: Antônio Sales, Barão de Studart, Costa Barros, Desembargador Moreira, Padre Valdevino, Pontes Vieira e Santos Dumont. O Objetivo foi analisar os benefícios operacionais obtidos a partir de alterações do controle semafórico efetuadas nesses corredores. Para isso, foi proposta uma metodologia para determinar o NS dos corredores que pudesse refletir com fidelidade a qualidade do tráfego nesses corredores arteriais. A metodologia partiu da definição de cinco grupos semânticos os quais podem ser observados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Grupos semânticos de PEREIRA NETO *et al.* (2003).

Grupo	Intervalo da Classe
Péssimo:	VMP < 15,0
Ruim:	15,0 Km/h ≤ VMP < 18,5
Regular:	18,5 Km/h ≤ VMP < 24,0
Bom:	24,0 Km/h ≤ VMP < 34,0
Excelente:	34,0 Km/h ≤ VMP

Coincidentemente, os valores obtidos para os intervalos dos grupos foram semelhantes aos propostos pelo 2º Método do HCM 2000 para a Classe IV, como pode ser observado pela comparação da Tabela 3.4 com a Tabela 2.6. No entanto, as metodologias de obtenção de ambos os resultados são completamente distintas: o HCM tomando como base uma percentagem em relação à velocidade de fluxo livre e PEREIRA NETO *et al.* (2003) considerando incrementos de tempo de viagem para cada classe.

Na Tabela 3.5 é apresentada a avaliação da qualidade de tráfego nos sete corredores arteriais analisados por PEREIRA NETO *et al.* (2003). Os resultados expõem os conceitos dos corredores antes e depois de feitas as alterações semaforicas, por sentido de tráfego. Observa-se que dos 14 sentidos analisados 9 mantiveram-se inalterados e 5 tiveram melhoras significativas. Apesar da conclusão do trabalho não ser voltada para a validação da metodologia de análise, pode-se perceber a coerência dos resultados da sua aplicação, pois se esperava que no mínimo as correntes de tráfego permanecessem inalteradas depois das intervenções operacionais.

Tabela 3.5: Avaliação dos corredores no estudo de PEREIRA NETO *et al.* (2003).

Descrição do corredor / Sentido de tráfego	Níveis de VMP (Antes)	Níveis de VMP (Depois)
Pontes Vieira 1 - O/L	REGULAR	REGULAR
Pontes Vieira 1 - L/O	PÉSSIMO	RUIM
Pontes Vieira 2 - O/L	RUIM	REGULAR
Pontes Vieira 2 - L/O	REGULAR	BOM
Santos Dumont 1 - O/L	BOM	BOM
Costa Barros - L/O	BOM	EXCELENTE
Barão de Studart - S/N	REGULAR	REGULAR
Barão de Studart - N/S	REGULAR	REGULAR
Desembargador Moreira - S/N	REGULAR	REGULAR
Desembargador Moreira - N/S	REGULAR	REGULAR
Santos Dumont 2 - O/L	REGULAR	BOM
Santos Dumont 2 - L/O	REGULAR	REGULAR
Antônio Sales - O/L	BOM	BOM
Padre Valdevino - L/O	REGULAR	REGULAR

Finalmente, na Tabela 3.6 apresenta-se o resumo das variáveis coletadas em campo dos 15 corredores da amostra: o comprimento médio dos segmentos, o tempo médio em movimento, o atraso médio total nas interseções semaforizadas e a velocidade média de percurso. Na tabela estão contidos os dados dos corredores inseridos tanto na área do CTAFOR como fora dela. Observando esses dados tem-se uma visão agregada dos dados físico-operacionais dos corredores analisados, o que facilita a compreensão do contexto apresentado em detalhes no Anexo – Caracterização operacional dos corredores da amostra.

Observa-se que o comprimento médio dos segmentos e, conseqüentemente, o tempo em movimento das vias dentro da área do CTAFOR é praticamente a metade da média dos demais, justificado pela existência de uma malha reticulada na região controlada em tempo

real, a qual impõe a necessidade de uma maior quantidade de semáforos implicando menores segmentos. Nos demais indicadores, nota-se uma homogeneidade nos valores, porém com um pequeno aumento da VMP nos corredores fora da área do CTA, justificado pela menor densidade semaforica existente nessa região. Vale destacar que o valor de VMP apresentado foi calculado tirando a média das VMP em cada segmento, não devendo ser confundido com o valor da VMP média de todo o trecho da via analisado.

Tabela 3.6: Resumo das variáveis dos corredores da amostra coletadas em campo.

Corredores		Variáveis (valores médios)						
		Comp. médio dos segmentos (m)	T _{mov} médio (s)		Atraso médio (s)		VMP (Km/h)	
			M	T	M	T	M	T
Na área do CTA	1. Antônio Sales	230,0	18,4	19,7	15,8	19,3	28,1	24,5
	2. Barão de Studart	209,4	18,7	19,3	25,4	32,3	20,1	17,7
	3. Costa Barros	402,5	37,8	38,3	13,0	5,0	27,8	34,0
	4. Desembargador Moreira	233,8	21,3	23,7	19,7	26,8	24,6	22,9
	5. Dom Manuel	210,0	22,3	18,5	15,6	17,8	19,9	23,5
	6. Padre Valdevino	231,4	23,9	22,9	17,7	21,2	21,9	23,7
	7. Pontes Vieira	254,5	21,4	20,5	25,0	31,0	23,6	23,1
	8. Santos Dumont	209,2	18,1	18,1	18,6	45,9	23,8	15,0
	9. Senador Virgílio Távora	207,9	17,4	17,5	21,3	20,5	26,3	22,8
	Média	243,2	22,1	22,1	19,1	24,4	24,0	23,0
Fora do CTA	10. Alberto Magno	614,5	55,8	59,8	14,8	20,0	31,0	27,5
	11. Duque de Caxias	160,7	16,5	15,0	15,9	19,5	20,3	21,1
	12. Gomes de Matos	491,0	47,4	46,4	17,4	16,6	26,4	27,6
	13. João Pessoa	642,5	58,8	51,3	38,3	29,8	26,0	28,0
	14. José Bastos	475,0	34,5	39,8	10,8	7,5	40,2	35,5
	15. Universidade	262,3	26,7	25,1	34,4	36,6	17,7	17,8
	Média	441,0	40,0	39,6	21,9	21,7	26,9	26,3

3.3.5 Considerações finais

Com os dados físico-operacionais apresentados neste capítulo, considera-se ter caracterizado a amostra de 15 corredores arteriais de Fortaleza, proporcionando uma visão geral sobre o comportamento dos corredores arteriais da cidade a partir da elaboração de um banco de dados consistente. Nesse contexto, observa-se uma malha viária sem uma hierarquização bem definida em que existem vias desempenhando funções inadequadas à sua infra-estrutura, cujo cenário é consequência de uma falha na implementação das diretrizes previstas no planejamento urbano municipal. Nota-se, ainda, que essa malha viária opera em baixas condições de fluidez, com a maioria dos segmentos (56%) operando

com velocidade média de percurso abaixo de 25 km/h. Esse quadro alerta que medidas de planejamento devem ser implementadas tanto no sentido de melhorar o cenário existente como de antecipar problemas que podem vir a ocorrer no futuro.

Pretende-se na etapa seguinte deste trabalho utilizar os dados obtidos para, primeiramente, para verificar a adequabilidade da metodologia do HCM 2000 para a análise de vias urbanas. Após essa verificação, realizar-se-ão as adaptações julgadas necessárias em cada um dos três métodos que compõem a metodologia para que ela possa ser utilizada com confiabilidade para as vias arteriais de Fortaleza.

CAPÍTULO 4

VERIFICAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DOS MÉTODOS

4.1 O PROCESSO DE VERIFICAÇÃO

A metodologia para a análise de vias urbanas proposta pelo HCM detém em sua estrutura uma essência conceitual, discutida em linhas gerais no Capítulo 2, buscando-se identificar incompatibilidades com a realidade brasileira. Pretende-se incluir nas seções seguintes, porém, um aprofundamento dessas questões no que se refere à realidade específica das vias arteriais de Fortaleza, com o intuito de consolidar os pontos da metodologia que merecem ser adaptados. Esse domínio deve então ser somado à verificação da adequabilidade da metodologia em cada um de seus passos, observando onde cada critério, consideração ou conceito assumido é pertinente à realidade em que ela está sendo aplicada.

Dessa maneira, pretende-se realizar essas discussões conceituais específicas para cada método isoladamente e, ainda, aplicar e criticar a metodologia utilizando a amostra dos 15 corredores arteriais de Fortaleza caracterizados no Capítulo 3 como forma de verificar o seu comportamento diante da realidade local, sempre procurando deixar de forma clara cada passo do processo. Por fim, serão feitas as devidas considerações e recomendações para a adaptação dos métodos e a sua forma de aplicação.

4.2 1º MÉTODO

4.2.1 Considerações sobre o HCM e a classificação viária de Fortaleza

A forma de determinar a classe da via proposta pelo HCM tem uma estrutura que procura representar uma malha viária hierarquizada, em que as diversas características das vias componentes desse sistema são bem definidas e distintas. Esse cenário de vias hierarquizadas se apresenta na realidade de Fortaleza apenas em planejamento pela legislação municipal de uso e ocupação do solo, porém o sistema viário existente está distante de representar o modelo idealizado. Assim, tem-se de início uma incompatibilidade

no que se refere às características funcionais: mobilidade, acessibilidade e conectividade, tratadas pelo manual americano. No que se refere às características de projeto, as diferenças ocorrem em menores proporções, porém não podem, em hipótese alguma, ser desconsideradas, pois alguns detalhamentos de projeto geométrico e projetos operacionais fazem grande diferença na qualidade do tráfego que utiliza essas ofertas viárias. Observa-se, então, que a estrutura de classificação, como um todo, bem como alguns critérios de projeto devem ser detalhadamente analisados e adaptados para representar de forma fidedigna as condições operacionais das vias arteriais de Fortaleza.

Pretende-se comentar alguns critérios e seus valores pertencentes tanto à categoria funcional como à de projeto, com o objetivo de verificar a sua pertinência ou necessidade de adaptação às condições locais. Considera-se que algumas traduções podem ser interpretadas de forma equivocada e interferir na determinação das categorias e até mesmo da classe da via; além disso, algumas variáveis que representam esses critérios podem não ser as ideais para o cenário existente em Fortaleza. Dessa forma, entende-se que é relevante discutir sobre os seguintes critérios: *Predominant trips served*, pertencente à categoria funcional, e *Parking, Separate left-turn lanes e Pedestrian activity*, pertencentes à categoria de projeto.

Categoria Funcional

- *Predominant trips served* – Entende-se que esse critério traduz-se como “Tipos de viagens predominantes” e que as suas variáveis dividem-se em cinco tipos: 1– viagens longas interligando pontos principais dentro da cidade; 2– viagens entrando na cidade; 3– viagens saindo da cidade; 4– viagens atravessando a cidade (tráfego rodoviário de passagem), e 5– viagens de menor duração dentro de áreas da cidade relativamente pequenas. Os quatro primeiros tipos são inerentes a “Vias Arteriais Primárias” e o quinto a “Vias Arteriais Secundárias”. A Figura 4.1 ajuda a visualização dessas definições.

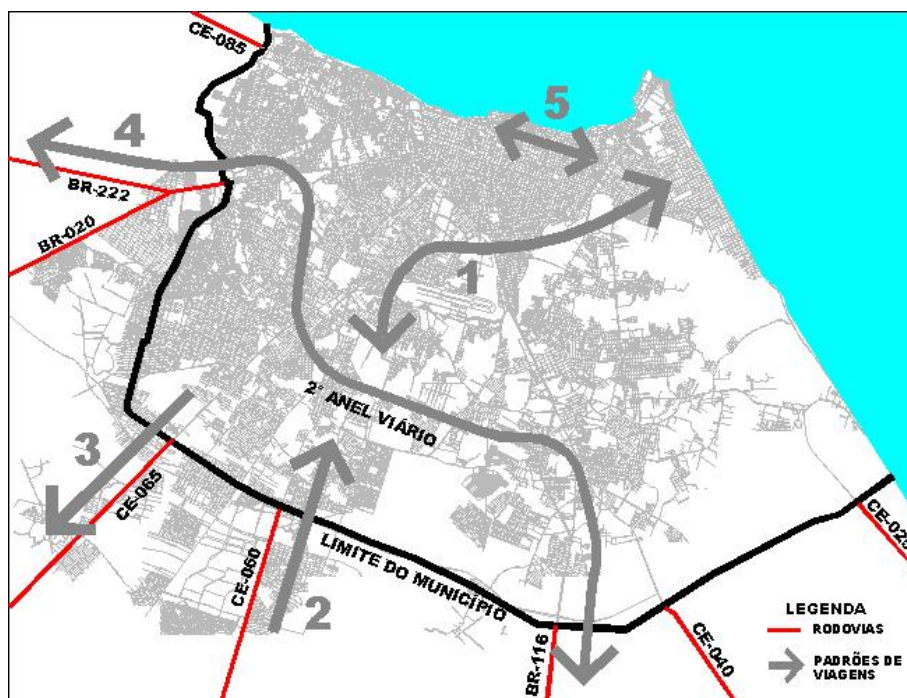


Figura 4.1: Tipos de viagens predominantes em vias urbanas (HCM 2000).

Categoria de Projeto

- *Parking* – a tradução desse critério é clara, significando a presença de estacionamento no trecho analisado; o HCM, porém, refere-se claramente à presença de estacionamento paralelo ou em ângulo ao alinhamento da pista, mais popularmente conhecido como guia ou meio-fio, conforme pode ser visto pela Figura 4.2a, já que para a realidade americana é predominante essa modalidade de estacionamento na via pública. Acontece que para a amostra de vias arteriais de Fortaleza esse tipo de estacionamento é praticamente inexistente por causa da restrição de capacidade de algumas vias, existindo, porém, uma quantidade considerável de estacionamentos em ângulo, externos à pista de tráfego e defronte aos lotes lindeiros à via (ver Figura 4.2b), os quais também causam interferência na fluidez do tráfego de passagem.

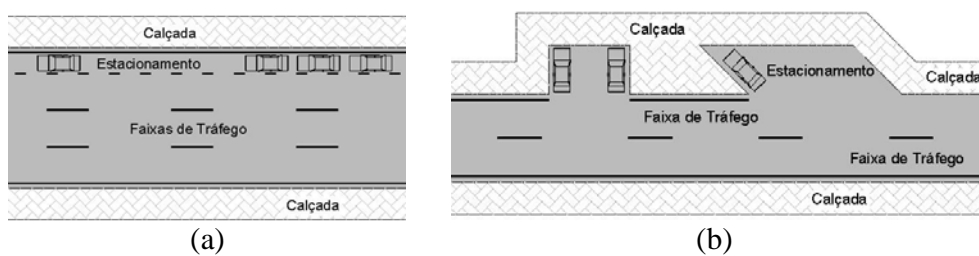


Figura 4.2: Tipos de estacionamentos na via.

- *Separate left-turn lanes* – Também não há dúvidas quanto à tradução: “faixas exclusivas para conversão à esquerda”, porém há uma observação sutil que também foi observada na amostra. Não existem na maioria das vias arteriais essas faixas adicionais, e também quase não se observa a presença de permissões de conversão à esquerda. Ora, a intenção do critério é incluir uma penalidade no caso de não existir essas faixas; só que como não existe também a conversão não se deveria incluir a penalidade. Se não for feita essa análise criteriosa, há uma tendência a se utilizar o critério de forma equivocada. Observou-se, assim, que o 1º Método não atende a esse detalhe específico existente na realidade local, devendo-se ter cuidados especiais quando ocorrer esse tipo de situação.

- *Pedestrian Activity* – A atividade de pedestres pode ser entendida como a interferência causada pela intensidade de travessias de pedestres de um lado para o outro da via, entre as interseções semaforizadas, na fluidez da corrente de tráfego. Contudo, deve-se atentar para o detalhe de que a realidade do trânsito americano apresenta um considerável respeito ao pedestre em situação de travessia de vias. Essa prática não é observada na realidade da cidade de Fortaleza, nem na realidade brasileira, excluindo-se apenas algumas cidades isoladas onde ocorreram campanhas educativas de forma intensa. Isso pode levar a uma incorreta interpretação do critério, pois a velocidade da corrente de tráfego das vias arteriais de Fortaleza não é significativamente afetada por essa demanda por travessias de pedestres. Dessa forma, esse aspecto merece atenção especial no momento de considerar o seu efeito sobre a corrente de tráfego durante a adaptação desse método.

4.2.2 Aplicação

Pretende-se avaliar o 1º Método por meio de sua aplicação nas vias urbanas de Fortaleza, totalizando 15 corredores, os quais possuem as mais diversas características de mobilidade, acessibilidade e características físico-operacionais. Esses corredores foram divididos em cinco grupos considerados homogêneos, em que os critérios de agregação utilizados foram exatamente os pertencentes às categorias funcionais e de projeto propostos pelo HCM 2000, com predominância do critério *geometria*, já que ele – como pode ser observado para o caso da amostra de vias urbanas da cidade de Fortaleza – agrega naturalmente outros critérios, tais como função de mobilidade, densidade do uso do solo ao

redor à via e uso do estacionamento. Na Tabela 4.1 é mostrado como os grupos ficaram definidos.

Tabela 4.1: Agregação dos corredores por grupos.

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5
Pista Dupla c/ canteiro 2 Faixas p/ sentido	Pista Dupla c/ canteiro 2 Faixas p/ sentido	Pista Dupla c/ canteiro 3 Faixas p/ sentido	Pista Simples 2 Faixas p/ sentido	Pista Simples 3 Faixas p/ sentido
Barão de Studart	Duque de Caxias	José Bastos	Alberto Magno	Antônio Sales
Dom Manoel	Pontes Vieira		Costa Barros	
	Virgílio Távora		Gomes de Matos	
	Desemb. Moreira		João Pessoa	
	Santos Dumont		Universidade	
			Padre Valdevino	

Pode-se notar que os Grupos 1 e 2 são compostos por corredores que têm a mesma variável que define a configuração geométrica: *pista dupla com canteiro central – duas faixas por sentido*. Contudo, justificou-se a divisão em dois grupos distintos já que se diferenciam com significância no critério *tipo de viagem predominante*, da *categoria funcional*: as vias do Grupo 1 caracterizam-se por se identificar com a variável *viagens longas (1)* e as do Grupo 2 com a variável *viagens de menor duração (5)*.

Segundo DEMARCHI *et al.* (2004), um dos pontos cruciais na análise do nível de serviço de uma via arterial é a definição de sua categoria. Diante disso, esses autores elaboraram uma planilha eletrônica que reproduz os critérios de classificação do HCM 2000, visando tornar o processo de classificação o mais uniforme e objetivo possível e com o fim de eliminar as possíveis ambigüidades já comentadas no Capítulo 2. Cada um dos critérios das categorias funcionais e de projeto possui dois ou mais itens, que podem ser selecionados por caixas de combinação, os quais assumem uma pontuação pré-definida, obtendo-se, em função desses valores, um somatório final. Por fim, a partir desses resultados, são determinadas automaticamente a categoria funcional (arterial primária ou secundária) e a de projeto (alta velocidade, suburbana, intermediária e urbana) e, em seguida, a classe da via (I, II, III ou IV).

Para a definição da classe funcional da via, que pode ser uma arterial primária ou secundária, são atribuídos valores aos itens dos quatro diferentes critérios da seguinte

forma: para os itens que estão relacionados às vias arteriais primárias é atribuído valor 1 e para os itens relacionados às vias arteriais secundárias é atribuído valor 2. Se o somatório final for menor ou igual a 6, a via é uma arterial principal, e, se for maior que 6, a via é uma arterial secundária.

De forma semelhante é definida a categoria de projeto, com a exceção dos critérios que geram ambigüidades ou subjetividades, ficando assim os critérios geometria, estacionamento, faixas para conversão à esquerda, densidade semaforica e uso do solo lindeiro dependentes do valor a ser atribuído para o critério velocidade. DEMARCHI *et al.* (2004) justificam essa medida por ser uma recomendação do próprio HCM2000, em que a velocidade limite da via pode ser utilizada como o critério mais importante na definição da categoria de projeto das vias arteriais, sendo conseqüentemente utilizado para resolver as ambigüidades mencionadas. A categoria de projeto é definida como via de alta velocidade se o somatório final for menor ou igual a 12, como via suburbana se ficar entre 12 e 20 (inclusive), como intermediária se ficar entre 20 e 28 (inclusive) e como urbana se o somatório for maior que 28.

No final do processo de classificação da via arterial tem-se a definição de uma das quatro classes possíveis (I, II, III ou IV). A determinação é feita tomando como base a tabela de classificação cruzada proposta pelo HCM. A única modificação proposta em relação ao método original ocorrerá se a classificação resultar em uma via arterial secundária de alta velocidade; será fornecida a mensagem “rever classificação”, pois a combinação de categoria funcional e de projeto não existe no manual do HCM 2000.

A partir dessa planilha eletrônica e dos grupos formados aplicou-se o 1º Método para cada grupo de vias, considerando cada critério do método com as suas interpretações originais, para verificar a classificação final de cada via de acordo com o HCM. Após isso, e de acordo com as considerações feitas sobre os critérios “tipos de viagens predominantes”, “estacionamentos”, “faixas exclusivas para conversões à esquerda” e “atividade de pedestres”, ajustaram-se as variáveis com o intuito de mitigar as deficiências discutidas.

Os resultados indicaram 14 corredores da amostra incluídos na Classe III (categoria de projeto “intermediário” e categoria funcional “secundária”) e um na Classe II (categoria de projeto “intermediário” e categoria funcional “primária”). A partir do conhecimento das características das vias representantes da malha viária arterial de Fortaleza, concluiu-se que essa classificação não era compatível com a realidade observada em campo, pois a amostra compõe-se de vias com características de projeto eminentemente urbano.

Efetuuou-se, então, uma análise de sensibilidade para identificar nos critérios do 1º Método os que estavam contribuindo para este julgamento errôneo da classificação da categoria de projeto. Nessa análise, observou-se as alterações no resultado das categorias e das classes dos grupos de vias, oriundas de diversas combinações possíveis das variáveis de todos os critérios, para cada grupo. Ressalta-se que deve ser entendido como possíveis não todas as combinações, mas somente aquelas que poderiam ser alteradas devido às diferenças das características do tráfego americano para a realidade local. Essa análise foi auxiliada pela facilidade proporcionada pela planilha, já que podia ser observado o impacto da alteração de uma simples variável instantaneamente pelo recálculo e pela atualização de valores que ocorriam para os valores finais.

Como resultado, observou-se que os critérios que estavam contribuindo com significância para alterar a categoria e até mesmo a classe da via ficaram restritos a dois: “estacionamento” e “atividade de pedestres”. Com as alterações nesses critérios, obteve-se uma nova classificação para os corredores, observando-se agora apenas um na Classe III e o restante na Classe IV, cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 4.2. Considerou-se essa classificação mais adequada para as vias de Fortaleza. Entretanto, após se verificar os resultados obtidos a partir do 1º Método com ajustes, os 14 corredores alocados na Classe IV possuem diferente controle operacional e principalmente características geométricas diferenciadas, os quais deveriam ser subdivididos em outras classes, proporcionando uma desagregação que refletiria melhor a realidade das vias da amostra.

Tabela 4.2: Resumo da classificação dos grupos de vias e comparativo antes/depois dos ajustes nas variáveis.

	Critério	Descrição	Pista Dupla Duas Faixas por Sentido Grupo 1 (BStudar/DManoel)		Pista Dupla Duas Faixas por Sentido Grupo 2 (DCaxias/PVieira/VTávora/ DMoreira/SDumont)		Pista Dupla Três Faixas por Sentido (José Bastos)		Pista Simples Duas Faixas - Sentido Único (AMagno/CBarros/GMatos/ JPessoa/Univ/PVAldevino)		Pista Simples Três Faixas - Sentido Único (Antônio Sales)	
			HCM 2000	Corrigido	HCM 2000	Corrigido	HCM 2000	Corrigido	HCM 2000	Corrigido	HCM 2000	Corrigido
CATEGORIA FUNCIONAL	1 - Mobilidade	muito importante	Importante	-	Importante	-	M Imp.	-	Importante	-	Importante	-
		Importante										
	2 - Acessibilidade	pouco importante	Significativa	-	Significativa	-	P Imp.	-	Significativa	-	Significativa	-
		Significativa										
	3 - Pontos Conectados	rodovias expressas	Centro de Atividades	-	Centro de Atividades	-	Centro de Atividades	-	Centro de Atividades	Arteriais Primárias	Centro de Atividades	-
		pólos geradores de tráfego										
		centros de atividades arteriais primárias										
	4 - Tipo de Viagem Predominante	viagens de maior duração	Viagens de menor duração	Travessias	Viagens de menor duração	-	Viagens de menor duração	-	Viagens de menor duração	-	Viagens de menor duração	-
		Travessias										
		tráfego rodoviário de passagem										
viagens de menor duração viagens ligando pontos relativamente próx.												
CATEGORIA FUNCIONAL			A S	A P	A S	-	A P	-	A S	-	A S	-
CATEGORIA DE PROJETO	5 - Número de pontos de acessos por quilômetro	muito baixo	Elevado	-	Elevado	-	Moderado	-	Elevado	-	Elevado	-
		Baixo										
		Moderado										
		Elevado										
	6 - Configuração geométrica	pista dupla c/ canteiro central	Pista dupla com canteiro central	-	Pista dupla com canteiro central	-	Pista dupla com canteiro central	-	Pista simples sem acostamentos (SÚnico)	-	Pista simples sem acostamentos (SÚnico)	-
		pista dupla s/ canteiro central										
		pista simples c/ acostamentos (S-Duplo)										
		pista simples s/ acostamentos (S-Duplo)										
		pista simples s/ acostamentos (S-Único)										
	7 - Estacionamento junto ao meio-fio	Não	Não	Significante	Não	Significante	Não	Significante	Não	Significante	Não	Significante
		Algum										
		Significante										
	8 - Faixas exclusivas para conversões à esquerda	Sim	Eventual	-	Eventual	-	Eventual	-	Eventual	-	Eventual	-
		Frequente										
		Eventual										
	9 - Número de semáforos por quilômetro	0,3 a 0,6	4,0 a 6,0	-	4,0 a 6,0	-	2,0 a 3,0	-	3,0 a 4,0	-	4,0 a 6,0	-
0,6 a 1,2												
1,2 a 2,0												
2,0 a 3,0												
3,0 a 4,0												
4,0 a 6,0												
6,0 a 8,0												
10 - Velocidade limite da via (km/h)	75 a 90	50 a 65	-	50 a 65	-	50 a 65	-	50 a 65	-	50 a 65	-	
	65 a 75											
	50 a 65											
	40 a 55											
11 - Atividade de pedestres	muito baixa	Baixa	Frequente	Baixa	Frequente	Frequente	-	Baixa	Frequente	Baixa	Frequente	
	Baixa											
	Média											
	Frequente											
12 - Densidade de ocupação do solo ao redor da via	Baixa	Alta	-	Alta	-	Alta	-	Alta	-	Alta	-	
	Média											
	Moderada											
	Alta											
CATEGORIA DE PROJETO			INT	URB	INT	URB	INT	URB	INT	URB	INT	URB
CLASSE DA VIA			III	IV	III	IV	II	III	III	IV	III	IV

Diante dessa realidade, notou-se que a categoria funcional pouco influenciou na determinação da classe da via, tanto pela análise de sensibilidade realizada pela planilha de DEMARCHI *et al.* (2004). No que se refere à categoria de projeto, entende-se que devem ser realizadas alterações no sentido de eliminar as deficiências identificadas, porém mantendo a estrutura básica oriunda do HCM.

4.3 2º MÉTODO

Pretende-se avaliar a adequabilidade desse método pela comparação de como o HCM retrata a percepção do usuário e como isso acontece para o caso de Fortaleza, buscando entender a parte conceitual de ambos os casos e ressaltando as diferenças encontradas. Pretende-se também realizar uma análise estatística buscando identificar comportamentos sobre a população de vias arteriais, no que se refere às velocidades médias de percurso, verificando, por fim, os percentis de NS observados a partir da amostra analisada.

4.3.1 Considerações conceituais

Conforme discutido, o HCM utiliza percentis da velocidade de fluxo livre como critério para determinar os limites dos NS de uma determinada via urbana. Dessa forma, o manual, implicitamente, considera que o usuário avalia a qualidade operacional de um determinado corredor tendo como referência essa velocidade. Além disso, o próprio manual recomenda que a VFL pode ser coletada em campo, ou adotada pelo valor da velocidade máxima permitida para a via. Como no caso da cidade de Fortaleza todas as vias arteriais têm a mesma velocidade limite fixada em 60 km/h, adotar o método proposto pelo HCM é considerar que o usuário tem a mesma percepção em todos esses corredores no que se refere à qualidade do tráfego. Além desse fato, o usuário tem uma melhor percepção à variável tempo à velocidade média conforme afirmam PEREIRA NETO *et. Al* (2003); logo, a avaliação desse motorista não acontece conforme prevê o manual americano. Ademais, o próprio TRB afirma, pela CIRCULAR E-C081 (TRB, 2005), que o papel principal do HCM é ser uma ferramenta de tomada de decisão, e que a percepção do usuário deve ser melhor retratada pela metodologia, reconhecendo que ela pode ser mais eficiente se considerar esse fato.

Ressalta-se, também, que o HCM não destaca a existência da variabilidade amostral existente na medição da velocidade média em campo, tratando-a como uma estimativa pontual, como se a média da amostra fosse igual à média da população. Entende-se que deveriam ser estipulados intervalos de confiança para resolver esse problema, bem como recomendar o tamanho da amostra a ser coletada.

Diante desses comentários, compreende-se que assumir a premissa proposta pelo HCM 2000 no que se refere à percepção do usuário, adotando a VFL como base para a determinação dos limites entre os níveis de serviço, não é coerente com a realidade local, podendo conduzir a avaliações equivocadas. Logo, a adaptação da metodologia deve seguir na direção de incluir um conceito mais perceptível ao usuário do tráfego, como o tempo de percurso.

4.3.2 Análise estatística sobre a amostra de VMP dos corredores

Essa análise teve como finalidade investigar o comportamento da amostra de velocidades médias coletadas em campo, buscando identificar o comportamento da população dessa variável. Julgou-se que essas conclusões seriam úteis para entender o cenário no qual as vias da amostra estão inseridas, auxiliando na forma como essa parte da metodologia deveria ser adaptada.

A amostra coletada resume-se a 15 trechos de corredores de tráfego (12 com dois sentidos de tráfego e 9 com 1 sentido), totalizando 184 segmentos, nos quais foram coletadas velocidades médias de percurso nos picos manhã e tarde. Com isso, tinha-se uma amostra de 368 velocidades, considerando todos os segmentos nos dois picos, ou 42 velocidades, considerando os 15 corredores, as quais podem ser observadas na Tabela 4.3. Para isso, elaborou-se inicialmente uma distribuição de frequência dessas velocidades buscando identificar algum comportamento semelhante à uma distribuição de probabilidade conhecida, em que se verificou uma semelhança visual com a distribuição normal no que se refere à amostra menor (VMP dos 42 trechos dos corredores). Optou-se por utilizar essa amostra até mesmo porque se considera que as velocidades nos segmentos não são observações independentes entre si, o que é premissa necessária para realizar um teste

estatístico de aderência. Essa dependência se deve ao fato de que esses segmentos estão submetidos a uma mesma demanda de tráfego, a uma mesma oferta viária (geometria) e a um mesmo controle operacional (progressão semaforica e tempos de verde), os quais influenciam no valor da velocidade média de um segmento para o outro no mesmo corredor, caso que não ocorre quando se tomam trechos viários diferentes.

Tabela 4.3: VMP dos 42 trechos dos 15 corredores da amostra.

Pico	VMP (km/h)																				
Manhã	31	29	27	24	20	15	24	14	21	22	19	20	17	19	22	18	20	22	21	18	38
Tarde	28	34	28	29	19	15	21	13	16	21	17	21	15	19	17	18	16	12	21	19	36

Como se tinham 21 observações no pico manhã e 21 observações no pico tarde, considerou-se necessária a realização de um teste de médias em par, com a finalidade de verificar se era possível considerar uma amostra única de 42 observações para seguir com a análise. Os resultados do teste estão expostos na Tabela 4.4. Foi observado que não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0) de que as velocidades, par a par, pertenciam a populações com médias significativamente iguais, adotando-se um nível de confiança de 95%.

Tabela 4.4: Teste em par para as VMP manhã e tarde.

Estatísticas	Manhã	Tarde
Média	21,95	20,71
Variância	31,04	43,71
Observações	21	21
Correlação de Pearson	0,86	
Hipótese da diferença de média	0	
GI	20	
Stat t	1,711	
P($T \leq t$) bi-caudal	0,1024	
t crítico bi-caudal	2,085	

Na possibilidade de adoção de uma amostra contendo 42 observações, partiu-se para a realização de um teste de aderência da distribuição de frequência dessa amostra a uma distribuição normal de mesma média (21,3) e desvio padrão (6,1). Após a realização do teste do Chi-quadrado, verificando essa aderência, observou-se que não se pode rejeitar a hipótese nula de que a distribuição de frequência das velocidades segue uma distribuição

Normal, com um nível de confiança de 95%. Os resultados podem ser visualizados pela Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Teste de aderência à distribuição Normal.

Bloco	Frequências Observadas O _i	Frequências esperadas E _i	$[(O_i - E_i)^2] / E_i$
Até 14	3	4,8	0,66
14 – 17	8	5,2	1,49
18 – 20	11	7,4	1,79
21 – 23	9	8,2	0,08
24 – 26	2	7,2	3,73
27 – 29	5	4,9	0,00
30 ou mais	4	4,3	0,03
Total	42	42	7,77
		χ^2 Crítico (4 gl; $\alpha = 0.05$)	9,49

A partir dessas considerações, conclui-se que as velocidades médias dos corredores arteriais de Fortaleza seguem a uma distribuição Normal. Na Figura 4.3 é mostrada a distribuição de frequência observada (amostra) e a esperada, de acordo com uma curva Normal. Nota-se que somente na classe entre 24 e 26 os resultados observados foram destoantes dos valores esperados; porém, não foram considerados relevantes pelo teste.

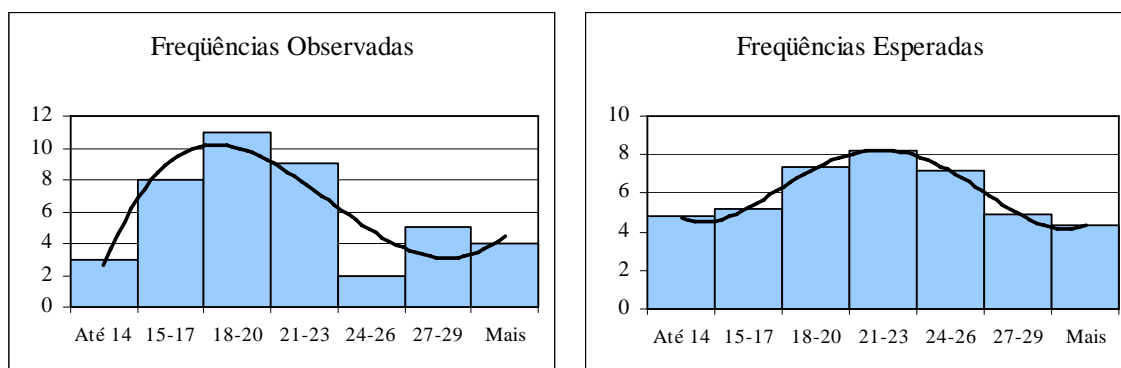


Gráfico 4.1: Distribuições de frequência observadas e esperadas.

Sobre essa análise, pode-se deduzir que as velocidades médias das vias arteriais de Fortaleza seguem a uma distribuição Normal; contudo, sobre as velocidades dos segmentos não se pode concluir o mesmo, por causa da dependência já comentada. Diante disso, entende-se que a adaptação feita por CHANG (1988), que considera essa distribuição

normal das velocidades para redefinir os limites dos NS, não está estatisticamente fundamentada. A causa disso é que o 2º Método é utilizado tanto para avaliar trechos de corredores quanto os segmentos contidos nesses trechos. Como não se observa a independência entre os valores de velocidade média de percurso nos segmentos, não é adequado realizar esse procedimento para avaliá-los, já que o método tem como base o fato de que as velocidades são distribuídas seguindo a uma distribuição Normal. Por esse detalhe, entende-se, ainda, que a adaptação desse método deve ser feita de forma que se possa avaliar trechos e segmentos sem nenhuma restrição.

4.3.3 Aplicação

Fez-se também uma aplicação do 2º Método do HCM como forma de verificar os seus resultados, até mesmo para que se possa compará-los aos resultados do método adaptado. Para essa aplicação foram utilizados os dados de velocidade média de percurso dos 15 corredores da amostra. E por se utilizar dados amostrais, foram desenvolvidos intervalos de confiança (com erros constantes de 4 km/h – nível de significância em torno de 5%) estimados a partir dos dados amostrais, para a determinação do nível de serviço de cada segmento. De acordo com esse critério, um determinado segmento pode ter até três NS diferentes, se forem analisados os limites inferiores e superiores e o ponto médio do intervalo. Diante dessa realidade, optou-se por considerar uma agregação dos conceitos propostos pelo HCM, classificando-os em três níveis de condições operacionais (bom – A/B; regular – C/D; ruim – E/F) para mitigar esse efeito de superposição. Na Tabela 4.6 mostra-se os valores dos NS determinados a partir dos pontos médios dos intervalos de confiança.

Diante dessas considerações, a avaliação da qualidade do tráfego de passagem nos picos da manhã e tarde – nos segmentos dos 15 corredores que compuseram uma amostra representativa da malha arterial de Fortaleza – indicou que 40% dessa malha vem operando em condições operacionais indesejáveis (NS E/F), enquanto que 22% dos segmentos apresentam NS A/B e os restantes 38% NS C/D. Esse quadro operacional resulta em velocidades médias de deslocamento, em períodos de pico nas vias arteriais da cidade,

variando em torno de 20 km/h, com tendência à queda acentuada nas próximas décadas, em função do crescimento constante da frota de veículos.

Tabela 4.6: NS dos corredores de acordo com o HCM 2000.

Erro = 4 km/h	NS	Quantidade de segmentos em cada NS			NS desagregado HCM 2000			NS agregado Proposta de análise			Δ
		Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	
A	10	15	53	3%	4%	14%	15%	22%	32%	17%	
B	49	71	68	13%	18%	18%					
C	74	87	100	19%	23%	26%	32%	38%	43%		
D	50	57	64	13%	15%	17%					
E	47	55	51	12%	14%	13%	52%	40%	26%		
F	154	99	48	40%	26%	13%					
Total	384	384	384	100%	100%	100%	100%	100%	100%		

Com o objetivo de realizar uma análise de sensibilidade sobre o erro adotado, foi elaborada a Tabela 4.7 a seguir, em que estão expostas as mesmas informações da Tabela 4.6 para erros de 3, 2 e 1 Km/h.

Tabela 4.7: NS dos corredores de acordo com o HCM 2000 – Análise de sensibilidade dos resultados em função do erro adotado.

Erro	NS	Quantidade de segmentos em cada NS			NS desagregado HCM 2000			NS agregado Proposta de análise			Δ
		Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	
3 km/h	A	11	15	37	3%	4%	10%	16%	22%	29%	13%
	B	52	71	74	14%	18%	19%				
	C	78	87	95	20%	23%	25%	34%	38%	41%	
	D	54	57	63	14%	15%	16%				
	E	44	55	58	11%	14%	15%	49%	40%	30%	
	F	145	99	57	38%	26%	15%				
2 km/h	A	13	15	26	3%	4%	7%	19%	22%	27%	8%
	B	61	71	76	16%	18%	20%				
	C	78	87	93	20%	23%	24%	34%	38%	40%	
	D	54	57	59	14%	15%	15%				
	E	48	55	62	13%	14%	16%	46%	40%	34%	
	F	130	99	68	34%	26%	18%				
1 km/h	A	14	15	21	4%	4%	5%	20%	22%	24%	4%
	B	63	71	73	16%	18%	19%				
	C	87	87	88	23%	23%	23%	38%	38%	38%	
	D	57	57	57	15%	15%	15%				
	E	48	55	59	13%	14%	15%	42%	40%	38%	
	F	115	99	86	30%	26%	22%				

Observa-se, a partir dos resultados da Tabela 4.7, que o nível de precisão dos resultados é diretamente influenciado pelo erro adotado, já que quanto menor for esse erro menor será a variação percentual entre os valores do limite inferior e superior. Por conseqüência, esses valores aproximam-se do ponto médio do intervalo, indicando que o segmento tem maiores chances de ser enquadrado em um único NS, o que seria sempre desejável. Porém, essa diminuição do erro implica uma maior amostra a ser coletada em campo, devendo-se atentar para esse fato antes de realizar qualquer pesquisa de campo.

4.4 3º MÉTODO

4.4.1 A simulação da VMP em corredores arteriais de Fortaleza

Conforme já comentado no Capítulo 2, a forma como a metodologia do HCM para análise de vias urbanas é apresentada no Manual induz que a utilização do 3º Método é sempre necessária, não ressaltando de forma adequada que a VMP pode e deve ser coletada em campo quando possível. Tal fato, associado à rapidez, à facilidade e à conveniência de se estimar essa velocidade sem nenhum custo de coleta de dados, já que podem ser utilizados os dados padrões sugeridos no Manual, reforçou a consolidação dessa abordagem na comunidade técnica usuária do HCM em Fortaleza. Porém, suspeita-se que esse método não seja adequado para estimar a VMP dos corredores com as características existentes na realidade local, já que poderia oferecer análises equivocadas.

Dessa forma, pretende-se, na seção seguinte do trabalho, aplicar o 3º Método para a amostra de 15 corredores de Fortaleza em todos os seus segmentos, seguindo as recomendações do Manual. Daí, pretende-se comparar os resultados obtidos por esse modelo de simulação com os resultados coletados em campo, objetivando verificar a adequabilidade do método, bem como propor recomendações quanto à sua utilização.

4.4.2 Aplicação

Uma vez definida a classificação das vias arteriais consideradas na amostra, procedeu-se à determinação do nível de serviço nos períodos do pico da manhã (7:00-8:00h) e do pico da tarde (17:00-18:00h), inicialmente com base nos valores de velocidade média observados em campo e posteriormente com base nos valores simulados pela

metodologia do HCM 2000, buscando avaliar a aplicabilidade do 3º Método. Os resultados estão apresentados a seguir.

Espera-se que a VMP observada represente as condições reais de fluidez do tráfego de passagem nas vias analisadas, pois sua determinação foi feita por meio de medição direta dos tempos de percurso e de retardamento, coletados em campo pelo método do carro teste. As pesquisas de velocidade foram realizadas em 2002 e 2003, nos meses de maio e junho, durante dias úteis típicos (terça, quarta e quinta), nos períodos de pico especificados. Para os corredores controlados pelo CTAFOR, o número de observações por pico (viagens realizadas) variou entre 4 e 8, enquanto nos demais corredores foi de 11 a 17. Essa diferença é explicada pela menor variação nos atrasos resultantes da operação coordenada em tempo real do CTAFOR, quando comparada à operação em tempo fixo, com plano único, dos demais corredores.

Na aplicação do modelo do HCM 2000 de simulação das velocidades médias de percurso, os dados relativos às características operacionais da via, tais como volumes veiculares e plano semaforico vigente na época dos levantamentos de campo, foram obtidos diretamente no Órgão Executivo de Trânsito Municipal. Para o fluxo de saturação, foi adotado um valor padrão de 1.800 vph/faixa. No que se refere ao fator de progressão semaforica, adotou-se o nível 5 (qualidade da progressão altamente favorável) para os corredores controlados pelo CTAFOR e o nível 4 (progressão favorável) para os demais corredores. Com relação à velocidade de fluxo livre, o parâmetro não pôde ser coletado em campo, seguindo-se a recomendação do HCM de adotar um valor igual ao da velocidade máxima regulamentar (60 km/h). Finalmente, adotou-se, para todos os corredores, um fator k referente ao tipo de controle semaforico igual a 0,5 (valor padrão para controle de tempo fixo), já que o HCM não apresenta valores de k para um controle em tempo real, pois a análise de sensibilidade desse fator indica uma fraca influência nos resultados finais dos tempos de atraso estimados.

Na Tabela 4.10 são apresentados os resultados de VMP observados e estimados para o pico da manhã, em todos os segmentos dos 15 corredores da amostra analisada. Os

valores de VMP observados em campo (VMP_{OBS}) mostrados ainda na Tabela 4.10 representam os pontos médios dos intervalos de confiança (com erros constantes de 4 km/h – nível de significância em torno de 5%), estimados a partir dos dados amostrais. Esses intervalos (IC) foram utilizados na comparação com os valores de VMP estimados (VMP_{EST}). Caso a velocidade estimada pelo HCM não esteja contida no IC da velocidade observada, considera-se que o modelo não foi capaz de estimar adequadamente o desempenho operacional do segmento em questão.

Na comparação das velocidades de forma global, considerando todos os 340 segmentos dos 15 corredores analisados, verificou-se que em apenas 28% dos segmentos a VMP estimada pelo HCM não foi significativamente diferente da VMP observada em campo. Dos outros 72% dos segmentos, 63% apresentaram velocidade estimada superior à observada, representando cerca de metade da amostra total.

Tabela 4.8: VMP e NS das Vias Arteriais de Fortaleza

Segmento	Pico	B. Studart S/N		B Studart N/S		S. Dumont O/L		S Dumont L/O		J. Bastos L/O	
		Velocidade Média de Percurso – VMP									
		OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
1	M	16	17	18	32	13	18	21	29	16	31
	T	15	17	28	21	19	22	34	28	38	32
2	M	18	26	26	28	29	36	20	29	57	42
	T	17	26	7	19	29	32	19	27	37	41
3	M	15	17	7	22	23	26	17	13	48	45
	T	6	16	10	22	7	21	10	12	34	45
4	M	31	28	11	22	39	15	13	16	8	19
	T	10	19	8	19	6	13	25	13	27	18
5	M	26	26	33	29	30	13	44	36	67	41
	T	13	22	17	20	20	12	38	32	37	39
6	M	28	21	13	23	30	38	16	30		
	T	26	23	15	22	14	36	8	23		
7	M	38	28	17	18	17	17				
	T	32	18	36	18	10	20				
8	M	16	17	12	25						
	T	22	16	13	25						
9	M	22	32	15	17						
	T	20	29	14	14						
10	M										
	T										
11	M										
	T										

■ - Velocidade estimada significativamente diferente da observada.

Tabela 4.8: VMP e NS das Vias Arteriais de Fortaleza (Cont.)

Segmento	Pico	A. Magno N/S		A. Sales O/L		C. Barros L/O		D. Manoel N/S		G. Matos S/N		J. Pessoa S/N		P. Valdevino L/O	
		Velocidade Média de Percurso – VMP													
		OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
1	M	26	29	25	33	33	17	35	25	28	49	16	38	19	39
	T	20	29	38	29	37	38	46	24	33	50	32	39	15	38
2	M	33	47	32	42	27	33	15	24	30	43	60	55	28	19
	T	34	42	24	41	26	33	38	24	30	43	39	56	24	15
3	M	31	41	31	21	29	51	17	22	22	31	9	24	14	14
	T	27	25	31	23	35	48	20	23	26	32	20	25	29	16
4	M	34	48	41	20	22	20	8	16	27	36	19	31	24	44
	T	29	46	19	22	38	13	11	17	23	36	21	31	23	39
5	M			29	38			22	45	25	27			21	36
	T			28	37			24	40	26	27			19	36
6	M			23	37			17	34					11	27
	T			25	37			25	28					9	24
7	M			40	34			35	21					28	27
	T			18	35			18	21					18	23
8	M			16	25			13	41					11	18
	T			9	27			10	42					8	13
9	M			41	21			15	10					24	35
	T			35	21			29	10					38	39
10	M			16	13			22	38					30	40
	T			20	14			14	35					40	36
11	M			15	28									31	38
	T			25	22									38	38

Segmento	Pico	D. Moreira S/N		D. Moreira N/S		D. Caxias L/O		D. Caxias O/L		V. Távora S/N		V. Távora N/S		Universidade S/N	
		Velocidade Média de Percurso – VMP													
		OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
1	M	16	17	20	13	22	22	13	26	8	13	26	30	29	39
	T	12	12	15	12	20	22	15	26	9	11	20	26	29	35
2	M	36	38	26	36	16	29	19	23	15	28	18	36	38	16
	T	24	38	21	39	23	30	21	22	14	25	20	29	40	15
3	M	20	30	35	21	25	13	26	27	41	35	38	23	17	16
	T	46	31	21	19	21	14	38	28	43	35	41	19	14	15
4	M	8	17	17	22	35	13	28	19	9	23	35	34	32	35
	T	8	15	38	13	35	13	28	18	14	23	31	32	32	34
5	M	37	20	15	22	20	16	17	21	39	35	22	37	8	24
	T	39	18	13	22	40	16	16	21	28	31	36	36	10	24
6	M	38	37	35	37	12	18	21	11	41	24	33	24	10	12
	T	41	33	39	33	9	17	13	11	38	24	12	24	8	10
7	M	12	22	12	23	13	16	15	16	7	17	41	22	8	12
	T	10	22	15	19	18	16	20	16	9	17	10	19	13	10
8	M	25	34	13	16	27	16	11	13	27	34	12	24	10	12
	T	39	23	11	12	39	16	8	13	29	32	27	24	7	11
9	M	17	20	46	30	23	12	28	19	24	42	35	33	7	24
	T	8	18	37	30	39	11	18	20	21	37	20	34	7	23
10	M	16	10	55	35	18	24	40	16	35	24	8	32		
	T	8	11	46	34	19	24	36	16	38	18	15	28		
11	M	33	43	16	24	17	9	11	14	38	28	38	20		
	T	18	40	23	20	17	14	7	14	26	24	22	17		
12	M	12	20	39	15	24	25	16	19	13	17	27	17		
	T	30	16	45	15	13	29	14	19	12	18	13	21		
13	M					16	19	22	25						
	T					25	21	14	25						
14	M					23	18	11	20						
	T					14	26	10	19						

■ - Velocidade estimada significativamente diferente da observada.

Pode-se ainda analisar os resultados de uma forma mais desagregada, separando os corredores em dois grupos: o primeiro formado pelos corredores que pertencem à área operada por semáforos controlados em tempo real através do CTAFOR (Antônio Sales, Costa Barros, Dom Manoel, Padre Valdevino, Desembargador Moreira, Virgílio Távora, Barão de Studart e Santos Dumont) e o segundo pelos demais. No primeiro, com 230 segmentos, verificou-se que em 24% dos segmentos a VMP estimada não foi significativamente diferente da VMP observada em campo. Do restante, 63% apresentaram velocidade estimada superior à observada. No segundo, composto dos 110 segmentos restantes, observou-se que em 35% deles a VMP estimada não foi significativamente diferente da VMP observada em campo. Dos demais, 65% apresentaram velocidade estimada superior à observada.

Nota-se que a distribuição dos percentuais foi similar, tendo apenas os corredores pertencentes à área fora do CTA uma leve tendência a ter mais segmentos com VMP não significativamente diferentes (35%) em relação aos contidos na área do CTA. Relativamente a segmentos considerados diferentes, observa-se que a distribuição dos valores de velocidade acima e abaixo dos estimados permaneceu praticamente a mesma, identificando-se, porém, uma tendência do modelo a superestimar os valores, em torno de dois terços dos segmentos analisados. Isso pode ter sido resultado da existência de muitas interferências entre as interseções semaforizadas, as quais não são consideradas pelo 3º Método do HCM 2000, na área controlada em tempo real, que é justamente a área mais adensada da cidade. Na Tabela 4.11 apresenta-se o resumo dessas análises.

Tabela 4.9: Resumo da análise da VMP dos corredores de Fortaleza.

Total	Segmentos	340	100%				
	Iguais	94	28%		Acima	156	63%
	Diferentes	246	72%	→	Abaixo	90	37%
Área do CTA	Segmentos	230	100%				
	Iguais	56	24%		Acima	109	63%
	Diferentes	174	76%	→	Abaixo	65	37%
Fora do CTA	Segmentos	110	100%				
	Iguais	38	35%		Acima	47	65%
	Diferentes	72	65%	→	Abaixo	25	35%

Verifica-se, portanto, a inadequabilidade do modelo de simulação da velocidade média operacional do HCM 2000 para as vias arteriais de Fortaleza. Ademais, pode-se constatar que, contrariamente ao verificado nos estudos de GASPARINI (2002), nem sempre o modelo do HCM tende a superestimar as velocidades reais. A partir daí, conclui-se que a inadequabilidade se torna mais complexa, pois a correção do modelo não pode ser feita com a aplicação de um fator de correção ou algo similar, que poderia ser adotado no caso de 100% de superestimação ou caso contrário. Nessa hipótese, o próprio modelo deve ser criteriosamente analisado para se identificar a sua inconsistência.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.5.1 Sobre o 1º Método

A discussão conceitual abordou os diversos aspectos considerados relevantes no processo de determinação da classe da via. Isso possibilitou a compreensão das considerações assumidas pelas variáveis envolvidas, favorecendo, conseqüentemente, o domínio da aplicação desse Método. Complementando esse aspecto, foi feita uma aplicação prática para amostra de vias arteriais de Fortaleza. O conjunto de análises possibilitou a identificação dos aspectos metodológicos e conceituais adotados pelo HCM 2000 que não são adequados à realidade local.

Identificou-se inicialmente que os critérios considerados pelo HCM 2000 na determinação da categoria funcional não se aplicam às condições físicas da malha viária da Fortaleza, pela inexistência de uma hierarquia de mobilidade semelhante à realidade das cidades americanas, fazendo com esses critérios não sejam adequados para caracterizar essas vias arteriais. Observou-se, também, pela aplicação do método para as vias da amostra, que mesmo se alterando algumas variáveis, não foram verificadas variações na determinação da categoria funcional e nem na classe final da via. Além disso, nota-se claramente que essas vias abordadas pelo HCM 2000 na etapa de determinação da categoria de projeto são fortemente diferenciadas entre si pelas suas características geométricas e operacionais. Dessa forma, entende-se que não é necessário e nem adequado classificar as vias arteriais de Fortaleza utilizando-se critérios funcionais.

Quanto à determinação da categoria de projeto da via, observou-se distintamente que os conceitos dos critérios “estacionamento” e “atividade de pedestres” devem ser adaptados à realidade local. Diante da análise de sensibilidade realizada, foram identificadas diferenças significativas no resultado final da classe da via dependendo da variável que fosse assumida para cada um desses dois critérios, conforme pode ser observado pela Tabela 4.4. Outro problema identificado foi que se notou 14 corredores na Classe IV e somente 1 na Classe III, embora tenham sido feitas as devidas adaptações na interpretação desses dois critérios. Ainda, considerou-se que a denominação das quatro classes de categoria de projeto não são adequadas para classificar as vias arteriais de Fortaleza, já que não existem nessa malha viária vias que se enquadrem na classe “alta velocidade”, por exemplo.

Diante dessas conclusões, entende-se que deve ser adaptado o modo de determinação da classe da via, desconsiderando os critérios funcionais e adequando os critérios de projeto propostos pelo HCM 2000 de acordo com as características das vias arteriais da amostra. Também devem ser reformuladas a caracterização e a quantidade de classes de vias, de forma que elas representem adequadamente a heterogeneidade desses corredores arteriais. Assim, espera-se obter uma classificação adequada para as vias arteriais de Fortaleza.

4.5.2 Sobre o 2º Método

A partir das discussões realizadas sobre esse método e da aplicação do HCM para as vias da amostra, conclui-se que o 2º Método do HCM não é adequado para ser aplicado nas vias arteriais de Fortaleza. As considerações assumidas em relação à percepção do motorista são inapropriadas às condições locais, principalmente no que se refere à associação direta da velocidade de fluxo livre com o nível de serviço de um segmento ou da via como um todo.

Verificou-se que a metodologia utilizada por PEREIRA NETO *et al.* (2003) em parte dessa amostra mostrou resultados que podem resolver a inadequabilidade detectada. Esse estudo chegou a resultados que refletem de forma mais adequada a realidade do local

onde está sendo aplicada a metodologia pelo fato de utilizar valores coletados em campo para estabelecer os valores limites dos intervalos de velocidade para cada nível de serviço. Além do mais, essa metodologia permite a atualização desses valores, caso seja identificada uma mudança dos padrões de percepção do motorista, ocasionados pelos diversos fatores abordados na discussão conceitual realizada. Dessa forma, entende-se que o 2º Método do HCM deve ser adaptado de forma compatível com as mudanças realizadas no 1º Método, utilizando a metodologia de PEREIRA NETO *et al.* (2003) como referência para determinar a forma de adaptação do 2º Método.

4.5.3 Sobre o 3º Método

Pela aplicação desse método sobre a amostra das vias arteriais de Fortaleza, observou-se que os resultados obtidos não traduzem a real qualidade do tráfego que essas vias operam. Contudo, esses resultados podem ser interpretados de formas diferentes, considerando os níveis de aplicação da metodologia do HCM a qual divide as análises em análise operacional, análise de projeto e análise de planejamento, comentadas no Capítulo 2 deste trabalho. Considerou-se inadequada a utilização do Método para avaliar com precisão essas vias arteriais nos dois primeiros níveis. Porém, em análises de planejamento, para horizontes de longo prazo, o grau de precisão utilizado é bem menor que em análises operacionais, tanto dos dados de entrada como dos resultados esperados, representando apenas uma tendência do cenário avaliado. Dessa forma, sob esse enfoque de planejamento de longo prazo, considera-se que esse método poderia ser utilizado sem maiores problemas para as vias arteriais de Fortaleza.

Para análises operacionais, pode-se coletar dados de campo como forma de conhecer o cenário real e aplicar diretamente o 1º e o 2º Métodos, garantindo, assim, a utilização de dados de entrada precisos, conforme requer esse nível de análise. Para avaliações operacionais ou de projeto, recomenda-se utilizar modelos computacionais de microssimulação, ferramenta cada vez mais utilizada pela comunidade técnica de Fortaleza. Finalmente, entende-se que devem ser feitas adaptações na metodologia do HCM 2000 somente nos dois primeiros métodos, garantindo a realização de uma avaliação confiável da qualidade do tráfego das vias arteriais de Fortaleza.

CAPÍTULO 5

ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA

5.1 INTRODUÇÃO

No desenvolvimento deste trabalho buscou-se compreender todas as considerações assumidas pela metodologia do HCM para a análise de vias urbanas, inclusive ao longo de sua evolução, visando dominar de forma efetiva a sua aplicação. Considerou-se que a abordagem adotada desde o início – de visualização da metodologia como um conjunto de três métodos – facilitou esse domínio, proporcionando entendê-la de forma gradual e ao mesmo tempo de forma seqüencial, não alterando a sua originalidade.

As várias discussões e aplicações aqui realizadas proporcionaram um amadurecimento conceitual da metodologia, dando origem a análises críticas em relação à sua adequabilidade para a análise da qualidade do tráfego das vias arteriais de Fortaleza. Dessa forma, observaram-se dois grupos de inadequações: o primeiro está relacionado às diferenças comportamentais das condições de tráfego entre a realidade americana e a brasileira, e o segundo, mais conceitual, relaciona-se aos objetivos de aplicação da metodologia. No primeiro grupo enquadram-se os dois primeiros métodos, nos quais foram verificados problemas quanto aos critérios funcionais e aos conceitos de parâmetros, tais como “estacionamento” e “atividade de pedestres” (1º Método), e quanto à associação direta de percentagens da velocidade de fluxo livre ao nível de serviço da via (2º Método). No outro grupo, enquadra-se o 3º Método, cuja aplicação é considerada adequada para a realidade local somente com finalidades de planejamento, estabelecendo-se no patamar de análises estratégicas, conforme as considerações apresentadas no Capítulo 4. Diante desse cenário, considerou-se que somente o 1º e o 2º Métodos deveriam ser adaptados, já que as suas estruturas e alguns de seus conceitos foram considerados inadequados para a aplicação na realidade local, podendo acarretar avaliações equivocadas.

5.2 ADAPTAÇÃO DO 1º MÉTODO

5.2.1 Considerações iniciais

Conforme descrito em detalhes no Capítulo 2, a forma de determinação da classe de uma via urbana proposta pelo HCM 2000 tem como fundamento determinar a sua categoria funcional e a sua categoria de projeto para, em seguida, por meio de uma classificação cruzada dessas duas, determinar a classe dessa via.

Na verificação da adequabilidade desse método, concluiu-se que os critérios funcionais não se aplicavam à realidade da amostra de vias arteriais de Fortaleza, e que a heterogeneidade dos corredores estava diretamente associada às suas características de projeto. Dessa forma, optou-se por propor uma adaptação que considerasse somente os critérios de projeto, tornando a forma de determinação da classe da via adequada à realidade local.

A proposta de adaptação foi feita com base nas análises de sensibilidade efetuadas em cada critério, nas quais foi verificada a significância de suas variáveis e considerada a relevância de cada um dos critérios na representatividade da forma de operação dos corredores arteriais da amostra. Assim, foram propostas alterações tanto nos critérios quanto nas suas variáveis de acordo com as conclusões das análises efetuadas.

Na adaptação da proposta ainda foi considerado o fato de 13 dos 14 corredores terem sido enquadrados em uma única classe, o que parece não ser apropriado, já que existem diferenças significativas entre eles. Desse modo, foi definida uma nova quantidade de classes com o objetivo de redistribuir homogeneamente todos os 14 corredores de acordo com as suas características de projeto consideradas relevantes, propiciando uma classificação adequada para as vias arteriais de Fortaleza.

Destarte, as etapas subsequentes para a definição da proposta de adaptação do 1º Método incluíram inicialmente a determinação dos critérios necessários para uma ampla representação das condições reais dos corredores arteriais da amostra. Em seguida, foram estabelecidas as novas classes em função das características dessas vias e as variáveis que

representam cada critério em cada uma dessas classes. A aplicação dessa metodologia é apresentada nas próximas seções.

5.2.2 Definição dos novos critérios

O HCM 2000 considera dois tipos de critérios: os funcionais e os de projeto. Conforme já concluído, os critérios funcionais foram considerados sem significância para as vias arteriais de Fortaleza. Portanto, o ponto de partida para a definição dos novos critérios foi o conjunto dos oito critérios de projeto propostos pela metodologia americana, que são: “densidade de acessos aos lotes”, “seção transversal” (*arterial type*), “estacionamento”, “faixas separadas para conversões à esquerda”, “densidade semafórica”, “velocidade máxima permitida”, “travessia de pedestres” e “densidade do uso do solo do entorno”, conforme pode ser visto pela Tabela 5.1. A avaliação desses critérios objetivou sua adaptação para a realidade local, ou sua eliminação, caso sua utilização não fosse considerada relevante, ou ainda a criação de novos critérios, sempre visando à obtenção de um modelo que representasse da melhor forma as vias arteriais urbanas de Fortaleza.

Tabela 5.1: Determinação da Categoria de Projeto (HCM 2000)

CRITÉRIO	CATEGORIA DE PROJETO			
	Alta velocidade	Suburbana	Intermediária	Urbana
Densidade de acessos aos lotes lindeiros à via	muito baixa	baixa	moderada	Alta
Tipo de via	múltiplas faixas com ou sem canteiro central ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas com ou sem canteiro central ou 2 faixas com acostamento	múltiplas faixas com ou sem canteiro central sentido único, 2 faixas	2 ou mais faixas sem canteiro central com sentido único ou duplo
Estacionamentos	Não	não	alguns	significante
Faixas separadas para conversões à esquerda	Sim	sim	usualmente	algumas
Densidade semafórica	0,3 a 1,2	0,6 a 3	2 a 6	4 a 8
Velocidade máxima permitida	75 a 90 km/h	65 a 75 km/h	50 a 65 km/h	40 a 55 km/h
Travessia de pedestres	muito pouca	pouca	alguma	usualmente
Adensamento do uso do solo do entorno	baixa densidade	baixa a média densidade	média a moderada densidade	alta densidade

Fonte: Tradução da Tabela 10-4 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Densidade de acesso aos lotes

Esse critério representa a densidade de entradas/saídas de veículos nas/das áreas internas aos lotes lindeiros à via. Esse tipo de interferência ocorre de forma distinta para

cada categoria de projeto, segundo propõe o HCM 2000, variando desde uma “densidade muito baixa” em uma via enquadrada como “alta velocidade”, até uma “densidade alta” em uma via “urbana”. Diferentemente da realidade americana, esse critério não tem uma variação acentuada na malha viária de Fortaleza, sendo observada de forma mais modesta nas vias da amostra, devido ao adensamento de edificações ao longo de todos os corredores arteriais de Fortaleza incentivado pela legislação local, conforme já discutido com detalhes no Capítulo 3. Contudo, ainda existem, em alguns casos, vazios urbanos que resultam em poucos acessos e trechos mais adensados produzindo uma maior quantidade de entradas nos lotes e saídas deles, fazendo com que o critério seja significativo em determinadas situações. Diante dessas considerações, entende-se que o critério deve permanecer, buscando-se adaptá-lo às condições observadas na via da amostra..

Tipo de seção transversal

A caracterização do tipo de via apresentada pelo HCM 2000 considera o tipo de projeto geométrico da via e o seu sentido de circulação. Observando a realidade local, verifica-se que esse critério é um dos mais relevantes para a diferenciação dos tipos de corredores da cidade. Isso ocorre por existirem os mais diversos tipos de projetos de seções transversais na malha viária arterial, variando desde sentido único com duas faixas de tráfego, até vias com 3 faixas por sentido com separador físico central (canteiro central). Conclui-se, então, que a sua permanência é fundamental, sendo necessário, porém, um ajuste nas variáveis a ser utilizadas em cada classe.

Estacionamento

Conforme discussão detalhada no Capítulo 4, o conceito de estacionamento para a realidade americana, utilizado no HCM 2000, é aquele em que o veículo estaciona na própria pista de rolamento em posição paralela à guia (meio-fio). Esse conceito não é suficiente para retratar as situações que ocorrem no cenário das vias arteriais de Fortaleza, onde existem estacionamentos localizados em recuos laterais fora da pista de rolamento, porém dentro da via, os quais interferem significativamente na fluidez do corredor de forma semelhante ao modelo tradicional em paralelo.

Destarte, são dois os aspectos a ser observados. O primeiro se refere ao conceito do critério “estacionamento”, que deve ser adaptado para contemplar tanto os veículos estacionados em paralelo ao meio-fio como também os veículos estacionados em recuos localizados às margens da pista. Ressalta-se que determinados modelos de estacionamento localizados nesses recuos possuem segregação física entre a área de estacionamento e a pista de rolamento, com acessos de entrada e saída definidos (ver Figura 5.1). Portanto, por possuir essa configuração, essa modalidade não se inclui no conceito desse critério adaptado. Salienta-se que esse modelo causa menos interferência no tráfego, pois as manobras, incluindo os movimentos em ré, não são realizadas na pista de rolamento. Deve-se incluir somente os modelos que não contemplam essa segregação, os quais permitem a interferência direta na corrente de tráfego. O segundo aspecto diz respeito à fundamental importância da permanência desse critério para a classificação adequada dos corredores da amostra, já que a presença dele é notada somente em um determinado grupo das vias arteriais da cidade.

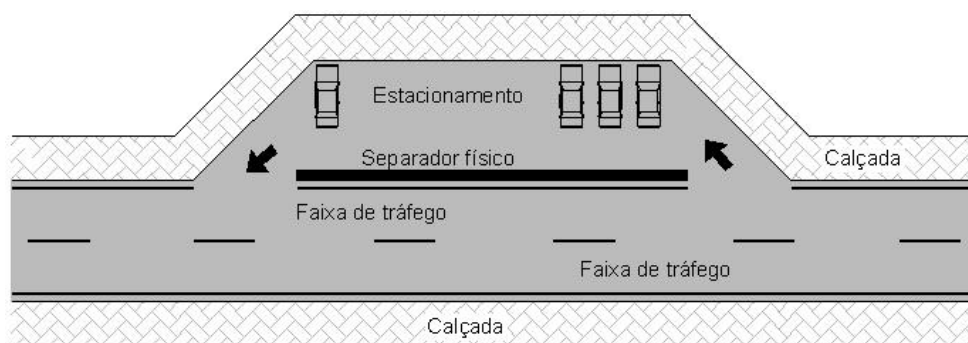


Figura 5.1: Estacionamento recuado fora da pista de tráfego com separador físico.

Faixas adicionais para conversões à esquerda

Nas vias arteriais de Fortaleza é rara a permissão de giros à esquerda, sendo esses movimentos realizados por retornos de quadra. Todavia, a realização de conversões pode ser observada em pontos localizados, onde o sistema viário do entorno não permite esse tipo de solução. Além do mais, a falta de espaço físico não permite, na maioria absoluta dos casos, que sejam criadas faixas adicionais para conversões, assunto também discutido no Capítulo 4.

Entende-se, assim, que o assunto abordado pelo critério é relevante para a caracterização das vias arteriais em estudo e que o critério deve permanecer, considerando-se, contudo, que a sua descrição deveria ser outra, com referência direta às características observadas para a realidade local, que é a possibilidade de girar à esquerda ao longo do corredor. Diante dessas considerações, conclui-se que esse critério deve ser adaptado para “conversões à esquerda e retornos”, ficando assim adequado à realidade local.

Densidade semafórica

A quantidade de semáforos por quilômetro também é outro critério que se considera importante para auxiliar no enquadramento do corredor em uma classe específica. Observa-se isso a partir da variabilidade considerável encontrada na amostra, concluindo-se, assim, que a sua permanência é pertinente, sem a necessidade de alteração de nenhum fundamento conceitual.

Velocidade máxima permitida

Observa-se que a velocidade máxima permitida é de 60 km/h para todas as vias arteriais de Fortaleza. Dessa forma, o critério é considerado sem significância para a caracterização das vias, não contribuindo, conseqüentemente, para que se possa determinar a classe de uma via. Assim, conclui-se que esse critério deve ser eliminado do novo método adaptado, ressaltando-se que ele seria de fundamental importância caso não fosse observada essa homogeneidade no cenário local.

Travessia de pedestres

Conforme discutido no Capítulo 4, esse critério mostra-se pouco relevante para a realidade de Fortaleza, diferentemente do caso da realidade americana, não contribuindo significativamente para a redução da velocidade da corrente de tráfego. Isso ocorre basicamente por causa de questões culturais e de educação de trânsito, em que no cenário local o condutor do veículo sente-se no direito de não reduzir a velocidade pelo fato de existirem demandas por travessias, tendo o pedestre que aguardar um momento oportuno para atravessar. Essa submissão acaba sendo acatada pelo pedestre, mesmo que isso ocorra

de forma imperativa, já que um veículo, considerando-se o impacto direto, leva vantagem sobre qualquer ser humano. Vale ressaltar que essa realidade pode ser alterada a qualquer momento por meio de campanhas educativas e de fiscalização de trânsito ostensivas, semelhante às realizadas com sucessos em algumas cidades brasileiras, tendo-se optado, nessa adaptação, todavia, pela adoção da realidade existente no momento da coleta dos dados de velocidade das vias arteriais em Fortaleza. Entende-se, pois, que esse critério não deve ser mantido no novo método adaptado justo por se observar que o seu efeito é praticamente imperceptível.

Adensamento do uso do solo do entorno

Apesar de a legislação local permitir a implantação de uma grande diversidade de equipamentos nos lotes lindeiros a vias arteriais, inclusive Pólos Geradores de Viagens, observa-se uma considerável variabilidade quanto ao grau de adensamento ao longo dos diversos corredores arteriais de Fortaleza. Os corredores que se localizam na região interna ao 1º Anel Viário interligam e atravessam uma região muito adensada da cidade, com um grande número de edificações de grande porte vertical. Os demais apresentam adensamento mais leve, com a presença predominante de edificações de pequeno porte. Assim, entende-se que o efeito desse adensamento pode aumentar a intensidade dos movimentos de entrada e saída de veículos nas interseções do corredor, podendo influenciar na expectativa que usuário tem ao trafegar em uma determinada via. Por esses motivos, entende-se que este critério deve ser mantido na adaptação proposta.

Como conclusão da análise dos oito critérios de projeto proposto no HCM 2000, observou-se que alguns desses critérios não devem ser utilizados por se manifestarem de forma constante ou insignificante em todos os corredores da amostra. Outros devem permanecer, porém com algumas alterações conceituais a fim de permitir uma melhor caracterização dos corredores. Por fim, alguns devem permanecer mantendo a mesma definição proposta pelo HCM 2000. Diante dessas considerações, foram definidos cinco critérios a ser utilizados na adaptação do 1º Método, que são: “densidade de acessos aos lotes”, “uso do solo do entorno”, “tipo de seção transversal”, “estacionamento”, “conversões à esquerda e retornos” e “densidade semafórica”.

5.2.3 Definição das categorias de valores para cada critério

Entende-se por valores a intensidade da manifestação das características específicas de cada critério nas vias da amostra. Assim, a partir da verificação da forma como se manifesta cada um dos critérios, em cada segmento de todos os corredores, pretende-se definir a quantidade de categorias de valores necessários e as suas descrições. A síntese dessas observações obtidas em campo pode ser visualizada pela Tabela 5.2. Compreende-se que essa visualização global proporciona uma melhor compreensão do cenário real, facilitando a definição dos valores que representam o comportamento das vias arteriais de Fortaleza. Ressalta-se que esses valores tiveram como base o novo conceito de cada critério definido na seção anterior.

Tabela 5.2: Observação dos valores dos critérios nos corredores

Corredor Arterial	Critérios					
	Seção	Uso do Solo	Acessos	Estacionamento	Conversões	Sem/km
Av. Alberto Magno	PS	Elevado	Média	Baixa	Insignificante	2,0
Av. Costa Barros	PS	Elevado	Média	Média	Insignificante	3,1
Av. Gomes de Matos	PS	Elevado	Elevada	Elevada	Insignificante	2,4
Av. João Pessoa	PS	Médio	Média	Baixa	Significante	2,0
Av. Padre Valdevino	PS	Elevado	Elevada	Média	Insignificante	4,7
Av. da Universidade	PS	Médio	Média	Baixa	Insignificante	4,1
Av. Antônio Sales	PD_MF	Elevado	Elevada	Elevada	Insignificante	4,8
Av. Barão de Studart	PD_2F	Médio	Elevada	Baixa	Insignificante	5,3
Av. Desemb. Moreira	PD_2F	Elevado	Elevada	Elevada	Insignificante	5,0
Av. Dom Manoel	PD_2F	Médio	Média	Média	Insignificante	5,2
Av. Duque de Caxias	PD_2F	Elevado	Elevada	Elevada	Insignificante	6,7
Av. Pontes Vieira	PD_2F	Médio	Média	Baixa	Insignificante	4,4
Av. Santos Dumont	PD_2F	Elevado	Elevada	Elevada	Insignificante	5,3
Av. Virgílio Távora	PD_2F	Médio	Média	Média	Insignificante	5,2
Av. José Bastos	PD_MF	Médio	Média	Baixa	Insignificante	2,4

Notas:

- i. PS – Pista simples;
- ii. PD – Pista dupla;
- iii. 2F – Duas faixas;
- iv. MF – Múltiplas faixas (3 faixas ou mais).

Os valores apresentados na Tabela 5.2 representam o comportamento de cada critério, em cada corredor, de forma global. Deve-se entender que é possível que, em uma mesma via, cada segmento possa assumir um valor diferente do outro para a variável; o que se encontra exposto na Tabela 5.2, porém, são os valores representativos do critério em relação à via como um todo. Por exemplo, numa via com 10 segmentos onde se observou

em três deles a presença “significativa” de atividades de estacionamento, e nos demais não foi observada “nenhuma” atividade, no contexto global pode-se adotar como valor para o corredor a presença de “alguma” atividade de estacionamento.

Observa-se ainda pela Tabela 5.2 que os valores dos critérios têm diferentes características, sendo as do critério “tipo de seção transversal” qualitativa nominal, e as de “densidade de acessos aos lotes”, “estacionamento”, “conversões à esquerda e retornos” e “densidade semafórica” qualitativas ordinais. Porém, cabe ressaltar que esse último critério foi caracterizado como qualitativo – embora utilize valores quantitativos – por causa da definição de intervalos de classes, que faz com que a sua caracterização tenha como base uma faixa de valores ou um conceito.

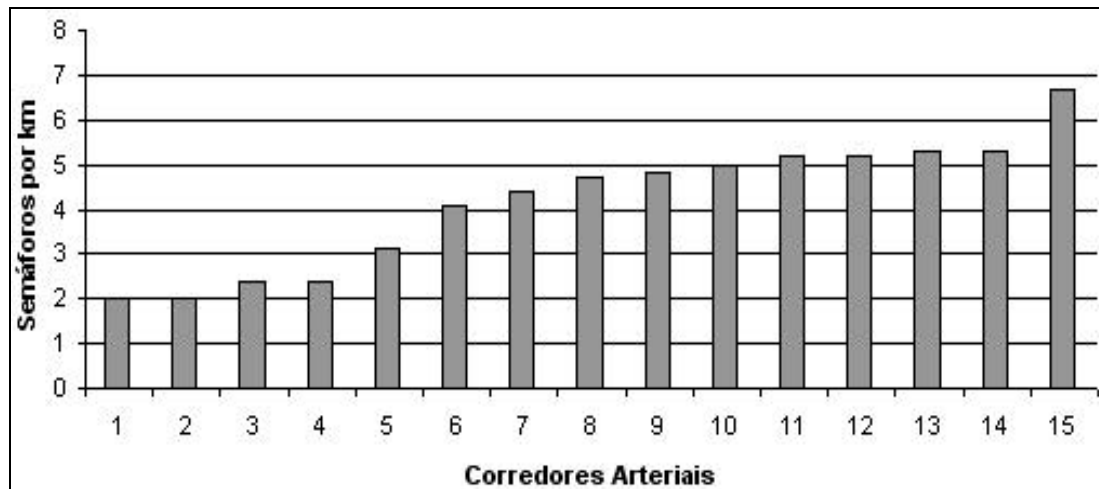
O fato de existirem variáveis qualitativas pode acarretar avaliações destoantes, pois os mais diversos analistas podem ter percepções diferenciadas sobre uma mesma realidade durante a utilização dos procedimentos propostos pelo HCM 2000. Fica difícil fugir dessa subjetividade, já que a diversidade de situações encontradas em campo dificulta a criação de uma metodologia que atribua valores quantitativos aos critérios. Contudo, para mitigar essa problemática, pretende-se atribuir pontuações a cada um dos valores dos critérios de forma semelhante a utilizada por DEMARCHI *et al.* (2004) para o 1º Método do HCM 2000, buscando-se representar a percepção do analista de forma quantitativa.

Tenciona-se calibrar essas pontuações para cada um dos valores de todos os critérios de acordo com a característica dos corredores da amostra. Assim, julga-se ser necessário, primeiramente, definir cada um dos cinco critérios já escolhidos para compor o 1º Método adaptado, para que se possa tanto efetuar essa calibração quanto esclarecer aos usuários do método adaptado o que cada um deles efetivamente busca representar em um determinado trecho ou segmento de uma via arterial urbana. Na Tabela 5.3 são apresentadas essas definições.

Tabela 5.3: Critérios propostos para classificação das vias arteriais de Fortaleza.

Crítérios	Valores	Descrição
Tipo de seção transversal	<ul style="list-style-type: none"> • Pista dupla, múltiplas faixas por sentido, sentido duplo; • Pista dupla ou simples, duas faixas por sentido, sentido duplo; • Pista simples, duas faixas, sentido duplo ou único. 	Optar pela escolha de uma dos valores tendo como base o tipo de projeto geométrico da via.
Adensamento do uso do solo do entorno	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo – uso residencial e/ou comercial com edificações de gabarito reduzido; • Médio – uso residencial e/ou comercial com edificações de altos gabaritos; • Elevado – uso predominante comercial, com edificações de altos gabaritos. 	Julgar qual a intensidade de adensamento de edificações na área de influência do corredor adotando o valor mais adequado.
Densidade de acessos aos lotes	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa; • Média; • Elevada. 	Efetuar análise em relação à quantidade de acessos de veículos às áreas internas aos lotes independentemente da intensidade de entradas/saídas de veículos desses locais.
Manobras de Estacionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa – pouco ou nenhum estacionamento; • Média – com a maioria dos estacionamentos em recuo; • Elevada – com a maioria dos estacionamentos ao longo da via. 	Avaliar o comportamento da atividade de estacionamento (na pista e em recuos sem separadores físicos) ao longo de cada segmento que compõe o trecho analisado, para daí escolher uma das três variáveis identificadas.
Conversões à esquerda e retornos	<ul style="list-style-type: none"> • Insignificante; • Significante. 	Adotar a variável “significante” se for identificado que esse tipo de operação pode influenciar na VMP do corredor.
Densidade semafórica	<ul style="list-style-type: none"> • 1,0 – 3,0 (Baixa); • 3,1 – 5,0 (Média); • 5,1 – 8,0 (Elevada). 	Adotar o intervalo que contenha o valor exato de densidade semafórica observada no corredor.

Quanto ao critério densidade semafórica, cabe um comentário em relação ao motivo da definição do valor de três intervalos como suas variáveis. Observando-se o Gráfico 5.1 identificam-se três padrões na amostra de 15 vias arteriais: o primeiro definido pelos corredores que têm densidade entre 2 e 3 semáforos por km; o segundo entre 4 e 5 semáforos, e o terceiro e último padrão representado apenas por um corredor da amostra, apresentando densidade de 6 a 7 semáforos por km. Diante dessa análise, definiu-se como limite mínimo o valor de 1, assumindo que para as características reticuladas da malha viária de Fortaleza se tem pelo menos um semáforo por km. Como limite máximo, estimou-se o valor de 8, considerado quase inatingível, mesmo na região central da cidade onde se observa semáforos com intervalos em torno de 150 m.

Gráfico 5.1: Padrão de comportamento da densidade semafórica.

Entende-se, assim, que essas variáveis podem representar de forma significativa os cinco critérios definidos que serão utilizados para a determinação da classe das vias arteriais de Fortaleza.

5.2.4 Definição da nova quantidade de classes

Optou-se por deixar a definição das classes para depois da determinação dos critérios e de seus valores de forma intencional. Esperou-se com isso que o comportamento desses parâmetros nos corredores da amostra revelasse indícios do número necessário de classes para a segregação dessas vias em grupos homogêneos, já que eles foram definidos em função da amostra. De fato, como pode ser observado ainda, pela Tabela 5.3, que para a maioria absoluta dos critérios a quantidade de valores foi em número de três (“densidade de acessos aos lotes”, “adensamento do uso do solo do entorno”, “tipo de seção transversal”, “manobras de estacionamento” e “densidade semafórica”), indicando que existem pelo menos três grupos distintos de vias quando se observa esses critérios, ficando somente o critério “conversões à esquerda e retornos” explicado por dois valores. Num contexto global, contudo, considerando os seis critérios, observou-se a necessidade de existirem três grupos distintos de vias arteriais para que os corredores arteriais de Fortaleza pudessem ser agregados de forma homogênea. Isso implica a definição de três classes de vias (Arterial Tipo I, Tipo II e Tipo III) para representar esses três agrupamentos identificados.

Convém lembrar a discussão levantada no Capítulo 3 deste trabalho sobre a legislação de uso e ocupação do solo de Fortaleza, em que são definidos dois tipos de vias arteriais: Arterial I e Arterial II. As vias enquadradas no tipo II foram aquelas consideradas críticas, já que se encontravam com níveis operacionais críticos com capacidade reduzida e sem previsão de expansão de seção transversal. Essa divisão foi proposta com o intuito de controlar a ocupação do solo lindeiro a essas vias arteriais, onde as do tipo II são mais restritivas do que as do tipo I. Observa-se, dessa forma, que já existe em Fortaleza uma divisão das vias arteriais em classes, mas que já não atende à heterogeneidade de características dos corredores atuais e nem tem nenhuma relação com a segregação proposta por este trabalho.

Diante dos fatos, pondera-se que as classes definidas podem ser utilizadas para representar as condições de mobilidade dos corredores arteriais, considerando as suas diversas condições operacionais e de projeto. A forma como se propõe a subdivisão dessas vias permite também que essas três classes possam ser incorporadas nas futuras atualizações da legislação do uso do solo da cidade, nas definições pertinentes ao sistema viário municipal.

5.2.5 O novo método de determinação da classe da via

Conforme foi concluído a partir da verificação da adequabilidade do 1º Método, entende-se que a definição da classe da via para a realidade de Fortaleza não necessita da utilização dos critérios funcionais juntamente com os critérios de projeto, como propõe o HCM 2000. Considera-se suficiente adotar somente os critérios de projeto para a definição, já que todas as vias arteriais de Fortaleza têm praticamente as mesmas características funcionais.

Assim, após as definições obtidas a partir das seções anteriores, onde foram definidos os critérios e as suas variáveis representativas, além da quantidade de classes adequada para segmentar de forma homogênea as vias da amostra, pretende-se definir a tabela que deverá ser utilizada para classificar um corredor arterial da cidade de Fortaleza. Organizando essas definições da mesma forma como o HCM 2000 o faz, chega-se à

adaptação proposta para o 1º Método, como ser visto na Tabela 5.4. A definição dos intervalos para cada classe foi estabelecida observando-se a pontuação final obtida em conjunto com os valores assumidos para as variáveis, em todos os critérios, para cada via. Optou-se pela manutenção do critério “conversões à esquerda e retornos” somente com dois valores por considerá-los suficientes para representar o que ocorre com as vias arteriais de Fortaleza. Ainda, manteve-se a maior pontuação com 2 pontos, com o propósito de considerar uma menor influência para esse item na classificação da via, assumindo que ele tem um menor peso em relação aos outros critérios. Essa análise permitiu entender o motivo pelo qual cada via obteve determinada pontuação e a partir dessa informação definir-se os intervalos, buscando manter corredores com características globais homogêneas em uma mesma classe. Dessa forma, concluiu-se que os corredores com pontuação entre 6 – 9, 10 – 14, e 15 – 18 seriam enquadrados no Arterial Tipo III, Arterial Tipo II e Arterial Tipo I, respectivamente.

Tabela 5.4: 1º Método Adaptado

CRITÉRIO	VALORES		
	Pista simples ou dupla, 3 ou mais faixas por sentido (3 pontos)	Pista simples ou dupla, duas faixas por sentido (2 pontos)	Pista simples, duas faixas, sentido duplo ou único (1 ponto)
Tipo de seção transversal			
Uso do solo do entorno	Baixo adensamento (3 pontos)	Médio adensamento (2 pontos)	Elevado adensamento (1 pontos)
Densidade de acessos aos lotes	Baixa (3 pontos)	Média (2 pontos)	Elevada (1 ponto)
Manobras de estacionamento	Baixa (3 pontos)	Média (2 pontos)	Elevada (1 ponto)
Conversões à esquerda e retornos	Insignificante (2 pontos)		Significante (1 ponto)
Densidade semafórica	1,0 – 3,0 (3 pontos)	3,1 – 5,0 (2 pontos)	5,1 – 8,0 (1 ponto)

Notas:

- i. Entre 6 e 9 pontos – VIA ARTERIAL TIPO III
- ii. Entre 10 e 14 pontos – VIA ARTERIAL TIPO II
- iii. Entre 15 e 18 pontos – VIA ARTERIAL TIPO I

Na Tabela 5.5 são apresentados os resultados das pontuações parciais e totais e, ainda, a classificação da amostra das vias arteriais de Fortaleza utilizando-se o 1º Método adaptado. Nota-se que dos 15 corredores, 6 foram enquadrados na Classe I, 8 na Classe II e um na Classe III, o que se considerou uma segregação adequada para as características

dessas vias no cenário atual da malha viária arterial da cidade. Essa segregação manteve o corredor José Bastos isolado dos demais, como aconteceu também na aplicação do HCM 2000 sem adaptações. Porém, observou-se que os demais foram subdivididos em outras duas classes conforme as suas características o exigiam, diferentemente do que aconteceu com a aplicação da metodologia original que agrupou 14 corredores em uma só classe.

Tabela 5.5: Classificação das vias da amostra segundo o 1º Método adaptado.

Corredor Arterial	Pontuação dos Critérios							Tipo
	Seção	Uso solo	Acessos	Estac.	Conv.	Semáforo	Total	
Av. José Bastos	3	2	2	3	2	3	15	I
Av. Alberto Magno	1	1	2	3	2	3	12	II
Av. Costa Barros	1	1	2	2	2	2	10	II
Av. João Pessoa	1	2	2	3	1	3	12	II
Av. da Universidade	1	2	2	3	2	2	12	II
Av. Antônio Sales	3	1	1	1	2	2	10	II
Av. Barão de Studart	2	2	1	3	2	1	11	II
Av. Dom Manoel	2	2	2	2	2	1	11	II
Av. Pontes Vieira	2	2	2	3	2	2	13	II
Av. Virgílio Távora	2	2	2	2	2	1	11	II
Av. Gomes de Matos	1	1	1	1	2	3	9	III
Av. Padre Valdevino	1	1	1	2	2	2	9	III
Av. Desemb. Moreira	2	1	1	1	2	2	9	III
Av. Duque de Caxias	2	1	1	1	2	1	8	III
Av. Santos Dumont	2	1	1	1	2	1	8	III

A validação desse modelo foi realizada pela sua aplicação – por cinco engenheiros de tráfego da Autarquia de Trânsito de Fortaleza – AMC – em nove corredores de tráfego de Fortaleza, dos quais sete pertencem à amostra. Escolheu-se essas vias selecionando 3 tipos de via em cada classe, de acordo com o modelo calibrado. Como o modelo adaptado classificou somente um corredor da amostra como Classe I, incluiu-se dois corredores fora da amostra que possuíssem características semelhantes. Inicialmente, foi solicitado a cada analista que pontuasse cada critério em todos os corredores; os dados obtidos foram tabulados obtendo-se uma classificação global para os 9 corredores. Com isso, foram confrontados os resultados obtidos pelo modelo calibrado com os resultados da aplicação dos técnicos, obtendo-se resultados considerados significativamente iguais aos apresentados na Tabela 5.5. Dessa forma, considerou-se o método proposto validado.

5.3 ADAPTAÇÃO DO 2º MÉTODO

5.3.1 Considerações iniciais

O Segundo Método do HCM 2000 utiliza a Velocidade de Fluxo Livre (VFL) típica de cada classe como referência base para a definição dos intervalos de velocidade para cada Nível de Serviço (NS). Diante das discussões técnicas já realizadas, observou-se que essa abordagem não é adequada para o cenário em que as vias da amostra estão inseridas, justificando-se fundamentalmente que todas as vias arteriais de Fortaleza têm a mesma velocidade limite (valor adotado como sendo a VFL para Fortaleza), fato que não permite a consideração de intervalos diferentes para cada classe de via, como é proposto pelo HCM 2000. Assim, todas as classes de vias teriam os mesmos intervalos para cada NS, o que não seria adequado, já que a divisão de classes existe especificamente para considerar as diferentes expectativas do usuário em relação à fluidez do corredor.

Diante da identificação dessa inconsistência, sugeriu-se uma adaptação do 2º Método em relação à forma de determinação de intervalos de classes para cada NS, a partir de indicadores que representassem da melhor maneira a percepção do usuário ao utilizar o corredor arterial. Para isso realizou-se, de início, uma análise dos intervalos de classe propostos pelo HCM 2000 em relação às suas amplitudes e a forma como elas representam essa percepção. Em seguida, observando a realidade local, identificou-se a melhor modelagem a adotar para que se obtivesse uma metodologia capaz de ser aplicada para Fortaleza, porém com conceitos generalizados, possibilitando a sua utilização em outras realidades brasileiras, a partir de uma calibração do modelo para condições específicas de cada cidade.

Nas seções seguintes, acham-se descritas cada uma das etapas necessárias para a obtenção de um método adaptado que permita a avaliação da qualidade do tráfego em corredores arteriais urbanos. Considera-se que esse rearranjo representa de uma forma bem mais realista as condições operacionais das vias arteriais brasileiras, em especial as de Fortaleza.

5.3.2 A metodologia do HCM 2000

O 2º Método do HCM 2000 resume-se basicamente à Tabela 5.6, que apesar de parecer simples pode – se analisada em detalhes – revelar importantes definições conceituais contidas implicitamente nessa etapa da metodologia. Esses conceitos tornam-se fundamentais na compreensão da sua avaliação das considerações adequadas para a aplicação na realidade local.

Tabela 5.6: Nível de serviço de vias urbanas (HCM 2000)

Classificação da via	I	II	III	IV
Intervalo da velocidade de fluxo livre (km/h)	90 a 70	70 a 55	55 a 50	55 a 40
Velocidade de fluxo livre típica (km/h)	80	65	55	45
Nível de serviço	Velocidade média de percurso (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56-72	> 46-59	> 39-50	> 32-41
C	> 40-56	> 33-46	> 28-39	> 23-32
D	> 32-40	> 26-33	> 22-28	> 18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

Fonte: Tradução da Tabela 15-2 do HCM 2000 (TRB, 2000)

Um conceito inicial explica o critério para a adoção dos percentuais da VFL já citados anteriormente, os quais são utilizados para a determinação dos limites entre os níveis de serviço em cada classe, pois esses valores definem as amplitudes de velocidade em cada um dos seis níveis. Outro conceito define a taxa de movimento – uma unidade inversa à velocidade (unidade de tempo por distância percorrida) que ajuda a compreender como se encontram definidas as amplitudes de velocidade em cada nível de serviço no HCM2000 – sob um enfoque diferente do proposto pelo manual, que tem como referência percentis da VFL. Essa abordagem trata a velocidade reforçando seu conceito de taxa de movimento, onde se pode representar uma velocidade de 15 km/h como 240 s/km, por exemplo. Isso permite que se possa observar a quantidade de tempo a ser ganho ou perdido por unidade de comprimento pela corrente de tráfego para que se possa atravessar toda a amplitude de um NS, considerando que o tempo é uma grandeza melhor percebida pelo usuário do que a velocidade média de percurso (PEREIRA NETO *et. al*, 2003).

Não é citado no manual americano como foram definidos os percentuais aplicados na velocidade de fluxo livre para a definição dos valores de velocidade limite dos NS A, B,

C, D, E e F (90%, 70%, 50%, 40%, 33% e 25%, respectivamente), porém é citado no Capítulo 2 do HCM 2000 que os níveis de serviço representam a percepção do motorista em relação às condições operacionais da via. Esses percentuais geraram os valores de amplitude apresentados pela Tabela 5.7. Observa-se que as amplitudes dos níveis B e C são as mesmas para todas as classes e que esses valores vêm diminuindo para os NS D e E (capacidade da via) e da Classe I para a Classe IV. Os valores do NS A não são apresentados, já que qualquer valor acima do limite superior do NS B pode ser considerado NS A, e os valores da tabela referentes ao NS F representam qualquer valor abaixo da capacidade viária. Dessa forma, recomenda-se observar somente os valores para os NS E, D, C e B para as análises, os quais afirmam que as amplitudes dos NS E e NS D são de 6 e 8 km/h, respectivamente; para os NS C para NS B esses valores são de 16 km/h, considerando-se a Classe I. Nota-se, ainda, que as amplitudes do NS E e NS D na Classe IV são de 4 e 5 km/h, diferentemente da Classe II, onde esses valores são de 5 e 7 km/h, respectivamente.

Tabela 5.7: Amplitude de velocidade dos NS do HCM 2000 (Km/h)

Nível de Serviço	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
B	16	13	11	9
C	16	13	11	9
D	8	7	6	5
E	6	5	5	4

Porém, deve-se ter cuidado ao observar diretamente os valores absolutos de velocidade média apresentados na Tabela 5.7, pois com menores velocidades necessita-se de ganhos de tempo maiores em um determinado deslocamento para alcançar uma mesma variação absoluta de velocidade. Passar, por exemplo, de 20 km/h (180 s/km) para 30 km/h (120 s/km) requer um ganho na taxa de movimento de 60 s/km, enquanto que passar de 45 km/h (80 s/km) para 55 km/h (65,5 s/km) representa uma variação de apenas 14,5 s/km; observa-se que se necessita de um ganho bem menor quando se trata de intervalos de velocidade maiores para se atingir uma mesma variação absoluta na velocidade (10km/h). Assim, entende-se que uma forma de analisar a variação das amplitudes dos NS do HCM 2000 e o nível de dificuldade de se atravessar um determinado NS, sob a perspectiva do usuário, é transformar os valores da Tabela 5.6 em valores de taxa de movimento expressos

em s/km, conforme pode ser visto na Tabela 5.8. Nessa tabela optou-se por apresentar somente o valor no limite superior do NS, como forma de simplificar a análise.

Tabela 5.8: Taxa de movimento em cada da NS do HCM 2000 – limite superior (s/km)

Nível de Serviço	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
B	50,0	61,0	72,0	87,8
C	64,3	78,3	92,3	112,5
D	90,0	109,1	128,6	156,5
E	112,5	138,5	163,6	200,0
F	138,5	171,4	211,8	257,1

Ainda assim, observar diretamente os valores da Tabela 5.8 não propicia uma análise direta; para isso foi criada a Tabela 5.9, em que se apresenta a diferença entre esses limites superiores de velocidade média de percurso, permitindo entender a real dificuldade de atravessar a amplitude de uma determinada classe. Observa-se por esses valores que é mais difícil atravessar o NS E do que o NS D, em qualquer classe de via – ou atravessar o NS C em uma via de Classe I é mais fácil que em uma via de Classe II, por exemplo. Assim, pela Tabela 5.9 avalia-se com mais clareza o 2º Método do HCM 2000, verificando todos os detalhes necessários para a sua compreensão.

Tabela 5.9: Amplitude da taxa de movimento em cada NS do HCM2000 (s/km)

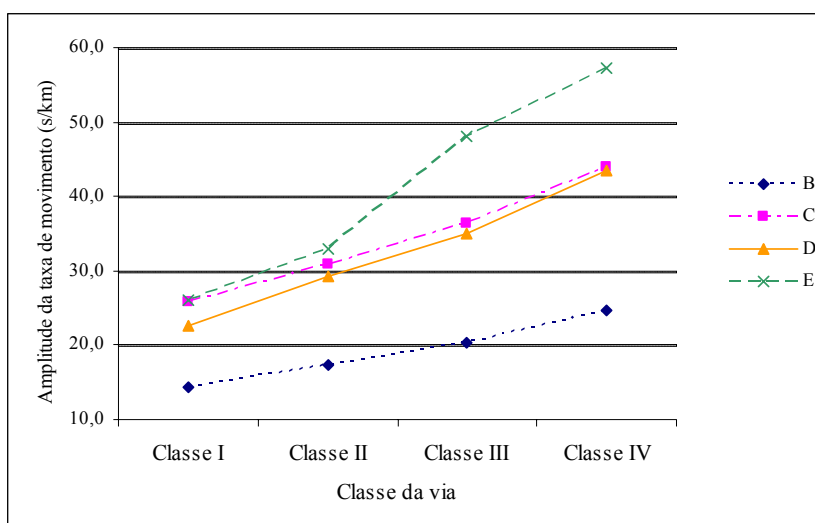
Nível de Serviço	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
B	14,3	17,2	20,3	24,7
C	25,7	30,8	36,3	44,0
D	22,5	29,4	35,1	43,5
E	26,0	33,0	48,1	57,1

No gráfico 5.2, com a reprodução dos dados numéricos da Tabela 5.9, tenciona-se destacar os conceitos implícitos no 2º Método do HCM 2000. Constata-se claramente que as amplitudes são menores nas vias de Classe I as quais vão aumentando gradativamente para as vias de Classe II, III e IV, sendo as amplitudes variáveis dentro de uma mesma Classe de via, porém sem um padrão constante, e que esse comportamento é uma consequência da adoção dos percentuais aplicados sobre a velocidade de fluxo livre.

Diante dessa abordagem, conclui-se que a adoção desses percentuais para a definição dos NS de cada classe de via implica uma série de considerações que precisam

ser observadas e compreendidas. Essa análise permitiu identificar as conseqüências no resultado da avaliação de corredores arteriais, interpretando melhor o enquadramento de um determinado corredor arterial em um dado NS. Por fim, entende-se que essa análise contribuirá bastante para que se possa propor uma adaptação para a realidade de Fortaleza ou qualquer outro local desejado.

Gráfico 5.2: Amplitude da taxa de movimento dos NS em cada classe (s/km).



5.3.3 Metodologia de PEREIRA NETO *et al.* (2003)

PEREIRA NETO *et. al* (2003) desenvolveram uma metodologia para avaliação de corredores de tráfego de Fortaleza pela utilização de grupos semânticos (péssimo, ruim, regular, bom e excelente), referentes a conceitos de níveis operacionais dessas vias. Essa metodologia não considera uma relação direta da VFL com os valores dos limites dos intervalos de NS, ao contrário do HCM, em que essa relação é bem explícita. A desvinculação da VFL torna-se conveniente para o caso de Fortaleza, onde não se observa uma relação constante pelos motivos já relatados. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- a) Péssimo: $VMP < 15,0$
- b) Ruim: $15,0 \leq VMP < 18,5$
- c) Regular: $18,5 \leq VMP < 24,0$
- d) Bom: $24,0 \leq VMP < 34,0$
- e) Excelente: $34,0 \leq VMP$

A amplitude dessas classes de velocidade foi definida em função da variável tempo de viagem. Partindo da velocidade média de 15 km/h, considerada péssima a partir das velocidades obtidas em campo, foram definidas as demais classes, cada uma delas acrescentando um ganho no tempo de viagem da ordem 1,5 minuto (cerca de 25% do tempo de viagem médio nos corredores). Esse tempo foi obtido considerando-se que os veículos sempre percorrem em média 2 km nos corredores estudados. A seguir apresenta-se o cálculo matemático realizado para a obtenção dos resultados.

1º Passo – Determinação no tempo limite para o NS Péssimo.

$$\text{Tempo}_{NS_Péssimo} = \frac{2\text{km}}{15\text{km/h}} = 0,13\text{h} = 8,0\text{ min} \quad \text{Eq. (5.1)}$$

2º Passo – Determinação das velocidades a partir do tempo limite para cada classe.

$$\text{Tempo}_{NS_Ruim} = 8,0\text{ min} - 1,5\text{ min} = 6,5\text{ min} \quad \text{Eq. (5.2)}$$

$$\text{Velocidade}_{NS_Ruim} = 6,5\text{ min} = 0,1083\text{h} \therefore \frac{2\text{km}}{0,1083\text{h}} = 18,5\text{km/h} \quad \text{Eq. (5.3)}$$

As demais velocidades para os NS subseqüentes foram determinadas também seguindo a mesma seqüência do 2º passo, mas sempre reduzindo o tempo médio de percurso de 1,5 min para cada classe. Dessa forma, foram obtidos os tempos de 5,0 min, 3,5 min e 2,0 min para os NS Regular, Bom e Excelente, respectivamente, gerando os intervalos das cinco classes semânticas apresentadas. Os resultados obtidos (intervalos de NS) foram, coincidentemente, semelhantes aos valores apresentados pelo HCM 2000 para a Classe IV, onde as velocidades são compatíveis com a realidade dos corredores analisados. Contudo, classificar todos esses corredores analisados como Classe IV não é adequado, devido às diferentes características físicas existentes.

Observa-se que essa metodologia apresenta um grande avanço no sentido de representar melhor a realidade das condições locais e da percepção do usuário, por considerar ganhos no tempo de percurso como critério para definir as amplitudes dos níveis de serviço. Contudo, a metodologia foi desenvolvida especificamente para a avaliação dos

corredores de uma determinada região da cidade de Fortaleza, cujas características comportamentais do tráfego eram semelhantes, como por exemplo a extensão média percorrida pelos veículos nos corredores de 2 km, o que impossibilita a aplicação desse procedimento em outras condições onde essa extensão média percorrida seja diferente, pois seriam geradas amplitudes incoerentes.

Diante das evidências, entende-se que essa metodologia tem de uma forma geral um grande potencial de aplicação para a realidade da malha arterial de Fortaleza, porém, que necessita ser aprimorada de um caso particular para uma situação generalizada, eliminando a limitação existente.

5.3.4 Metodologia proposta para a adaptação do 2º Método

A adaptação do 2º Método foi desenvolvida tendo como premissa básica a sua compatibilidade com a o 1º Método adaptado. Dessa forma, partiu-se do princípio de que existiriam três classes de vias, para as quais foram definidas três amplitudes de velocidade média de percurso, em cada nível de serviço. Outra premissa considerada foi a manutenção dos mesmos seis grupos semânticos variando de A a F, representando o primeiro as melhores condições operacionais do corredor e o último as piores, seguindo a abordagem do HCM, já que essa percepção encontra-se bastante consolidada na comunidade técnica de transportes nacional.

Após as análises feitas concluiu-se que a melhor forma de adaptar os intervalos de velocidade para cada nível de serviço, em cada classe, seria utilizar a concepção da metodologia de PEREIRA NETO *et. al* (2003) associada a um modelo generalizado, de modo que sua aplicabilidade não fique restrita a condições específicas. Uma forma de se conseguir esse avanço seria utilizar o conceito de ganho na taxa de movimento ao invés de ganho no tempo de percurso absoluto como foi usado, procurando definir as amplitudes de velocidade dos NS pela interpretação do conceito de velocidade na unidade de s/km. Com isso, os ganhos a serem definidos de uma classe para outra ficam independentes da extensão média percorrida pelos veículos na corrente de tráfego, podendo ser aplicados para as mais variadas condições detectadas no cenário real.

Diferentemente do que foi identificado no HCM 2000, que prevê amplitudes diferentes, conforme já comentado, propõe-se amplitudes semelhantes para cada NS dentro de uma mesma classe, porém adotando uma variação de uma classe para outra, já que em diferentes tipos de via o usuário tem percepções diferentes, e ainda utilizando uma taxa de deslocamento relativa expressa em s/km para mensurar essa grandeza. Assim, o usuário teria de perceber o mesmo ganho de tempo na sua taxa de deslocamento relativa tanto para atravessar o NS B quanto o NS D, dentro da classe III, por exemplo. O mesmo se repetiria para outras classes, mas com um valor maior dessa taxa para a classe II e maior ainda para a Classe I, já que para cada uma das três classes espera-se definir intervalos de velocidade (amplitudes) diferentes para cada NS. Isso se justifica porque as amplitudes de velocidade, em um mesmo NS, têm valores maiores em um via de Classe III que numa via de Classe II, e também maiores em uma via de Classe II que numa via de Classe I. Assim, quanto maior a amplitude menor será a taxa de movimento, conforme está demonstrado por um exemplo numérico na seção 2.3.2.

Tendo-se determinado os critérios para a definição dos intervalos para cada NS, definiu-se os valores mínimos para a velocidade média de percurso para o NS E de cada classe, adotando os valores de 19 Km/h, 17 Km/h e 15 Km/h, para as Arteriais do Tipo I, II e III, respectivamente. Considerou-se 15 km/h como o valor mínimo aceitável da corrente do tráfego, de acordo com o valor adotado por PEREIRA NETO *et. Al* (2003). Os demais valores foram definidos adotando-se a diferença de 2 Km/h entre os valores mínimos do NS F entre as classes, o que seria o erro admitido para a amostra de VMP a ser coletada em campo, daí os valores de 17 Km/h e 19 Km/h. A partir desses valores, foram definidos os ganhos na taxa de movimento entre os NS em função de um tempo mínimo por quilômetro que o usuário conseguiria perceber em seu percurso; considerou-se esse tempo por unidade de distância como 30 s/Km, valor adotado para determinar a amplitude de todos os NS em todas as classes, considerando-se que o usuário percebe esse ganho da mesma forma, independentemente do tipo de corredor de tráfego em que trafega. Os demais valores para os outros NS seriam definidos a partir da redução desse valor sobre a taxa de movimento do NS anterior. Decidiu-se por definir que essa taxa de movimento seria constante em todos os

NS e em todas as classes, pois a percepção do motorista em relação a esse ganho, teoricamente, pode até variar, mas de maneira imperceptível.

5.3.5 O novo método de determinação do NS

Todo o processo descrito na seção anterior foi realizado para os corredores da amostra de vias arteriais de Fortaleza, os quais foram divididos em três classes distintas segundo a adaptação do 1º Método. Assim, foram definidos para cada classe o valor do limite inferior da velocidade média de percurso para o NS E e NS A, e em seguida os limites para os demais níveis de serviço a partir de um ganho no tempo de percurso. Como foi discutido, considerou-se que esse ganho teria um valor constante para cada classe, apesar de ele variar de uma classe para outra, sendo o valor adotado para a Classe II maior que o da Classe I e o valor da Classe III maior que o da Classe II.

Como auxílio para se chegar a essas definições, foi utilizada uma planilha eletrônica para permitir que as operações e as atualizações dos valores fossem realizadas de maneira automática. O valor do ganho, para cada classe, ia sendo alterado até que se obtivesse o valor pré-definido para o limite inferior do NS A, tendo como ponto de partida o valor do limite superior do NS F. As formulações a seguir apresentam os cálculos realizados para a classe I pela ferramenta de análise; para as outras classes, o cálculo foi semelhante, e os valores de velocidade obtidos que definem os NS para as demais classes estão apresentados na Tabela 5.10. Dessa forma, foram encontrados os valores de ganho de taxa de velocidade de 30 s/km para as Classes I, II e III, como parâmetro para mudança de NS.

$$\text{Limite_Sup_NS_F} = 19\text{km/h} = 189,5\text{s/km} \quad \text{Eq. (5.4)}$$

$$\text{Lim_Sup_NS_E} = 189,5\text{s/km} - 30\text{s/km} = 159,5\text{s/km} = 22,6\text{km/h} \cong 23\text{km/h} \quad \text{Eq. (5.5)}$$

$$\text{Lim_Sup_NS_D} = 159,5\text{s/km} - 30\text{s/km} = 129,5\text{s/km} = 27,8\text{km/h} \cong 28\text{km/h} \quad \text{Eq. (5.6)}$$

$$\text{Lim_Sup_NS_C} = 129,5\text{s/km} - 30\text{s/km} = 99,5\text{s/km} = 36,2\text{km/h} \cong 36\text{km/h} \quad \text{Eq. (5.7)}$$

$$\text{Lim_Sup_NS_B} = 99,5\text{s/km} - 30\text{s/km} = 69,5\text{s/km} = 51,8\text{km/h} \cong 52\text{km/h} \quad \text{Eq. (5.8)}$$

Tabela 5.10: 2º Método Adaptado

Classificação da via	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Nível de serviço	Velocidade média de percurso (km/h)		
A	VMP > 52	VMP > 39	VMP > 30
B	36 < VMP ≤ 52	30 < VMP ≤ 39	24 < VMP ≤ 30
C	28 < VMP ≤ 36	24 < VMP ≤ 30	20 < VMP ≤ 24
D	23 < VMP ≤ 28	20 < VMP ≤ 24	17 < VMP ≤ 20
E	19 < VMP ≤ 23	17 < VMP ≤ 20	15 < VMP ≤ 17
F	VMP ≤ 19	VMP ≤ 17	VMP ≤ 15

Por fim, os resultados do NS dos segmentos dos 15 corredores de acordo com o 3º Método adaptado podem ser observados pela Tabela 5.11 a seguir. Esses resultados, se comparados ao resultado obtido pela aplicação direta da metodologia do HCM 2000, mostram que menos corredores foram enquadrados nas classes C/D (24%) e mais corredores nas classes A/B (34%), contra 38% e 22% do HCM, respectivamente. Nos NS E/F o quadro manteve-se praticamente constante, ficando em 42% de acordo o 2º Método adaptado e 40% de acordo com o HCM.

Tabela 5.11: NS dos corredores de acordo com 2º Método adaptado.

	NS	Quantidade de segmentos em cada NS			NS desagregado HCM 2000			NS agregado Proposta de análise			Δ
		Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	Limite inferior	Ponto médio	Limite superior	
Erro = 4 km/h	A	46	58	92	12%	15%	24%	24%	34%	45%	21%
	B	48	73	79	13%	19%	21%				
	C	49	55	58	13%	14%	15%	23%	24%	26%	3%
	D	38	38	42	10%	10%	11%				
	E	30	30	38	8%	8%	10%	53%	42%	29%	24%
	F	173	130	75	45%	34%	20%				
Total	384	384	384	100%	100%	100%	100%	100%	100%		

Na simples observação desses resultados poder-se-ia concluir que o HCM tem uma tendência a subestimar a qualidade de tráfego dos corredores. Porém, é de fundamental importância ressaltar que as metodologias têm fundamentos completamente distintos (a do HCM tem como base a VFL e a adaptada a taxa de movimento); logo, os resultados implicam conclusões também distintas. Assim, NS A (ou outro qualquer) segundo o HCM refere-se a uma percepção do usuário em relação à VFL, enquanto que no 2º Método adaptado refere-se à taxa de movimento, fatores que não devem ser comparados diretamente.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.4.1 1º Método

As adaptações feitas no 1º Método do HCM 2000 tiveram como base as deficiências identificadas na etapa de verificação da adequabilidade, sempre com o intuito de eliminá-las. A desconsideração dos critérios funcionais que não apresentaram diferenças significativas de uma via arterial para outra – para o caso da realidade local – proporcionou uma associação direta dos critérios de projeto com a classe da via, critérios esses considerados determinantes na caracterização dos tipos de vias arteriais de Fortaleza. E ainda, foi proposta uma forma de pontuar cada critério e pelo somatório dessa pontuação definir a classe da via, com o objetivo de mitigar, ao máximo, a ocorrência de resultados destoantes oriundos de avaliações realizadas por diferentes analistas. Com o 1º Método adaptado, espera-se obter uma classificação adequada para qualquer corredor arterial de Fortaleza, o que é fundamental para a seqüência de aplicação da metodologia, que tem como objetivo final avaliar a qualidade do tráfego dessas vias de forma confiável.

5.4.2 2º Método

Diante dos resultados apresentados, juntamente com a discussão sobre a parte conceitual da metodologia utilizada, considera-se que esse método – em conjunto com o primeiro – pode ser utilizado para avaliar adequadamente as vias arteriais de Fortaleza. Essa afirmação tem como base a utilização de um indicador melhor percebido pelo usuário – o tempo utilizado para percorrer um determinado quilômetro – denominado neste capítulo de taxa de movimento. Vale lembrar que, pela forma como foi proposta essa metodologia, o 2º Método adaptado pode ser atualizado a qualquer momento por meio da realização de pesquisas de velocidade nos corredores arteriais, buscando rever os valores mínimos para os NS de A até F. Destaca-se, ainda, que esse procedimento pode ser feito tanto para Fortaleza como para qualquer outra cidade.

Reconhece-se que a validação desse modelo não foi realizada, processo bastante complexo que envolve a identificação da percepção do usuário do tráfego de passagem em uma determinada oferta viária submetida a determinadas condições de tráfego. Entende-se

que deve existir uma maior discussão sobre o tipo de percepção a ser identificada pelo usuário, o qual assume diversos papéis diariamente no sistema de transporte: ora como pedestre, ora como motorista, ora como usuário do sistema de transporte coletivo, dentre outros. Essa abordagem pode influenciar diretamente na forma como a percepção do usuário sobre a qualidade de tráfego em um determinado corredor será considerada na calibração e na validação do modelo. Além disso, o TRB reconhece que o HCM 2000 não considera a percepção do usuário como uma ferramenta técnica de tomada de decisão, pretendendo incluir a variável em futuras atualizações do manual. Dessa maneira, embora sem validação, julga-se ter atingido o objetivo de adaptar esse método à amostra considerável de vias arteriais de Fortaleza, de modo que ele possa ser utilizado de forma adequada e compatível com o 1º Método adaptado.

5.4.3 Metodologia adaptada

A adaptação da metodologia do HCM 2000 foi realizada de forma que se pudesse avaliar a qualidade do tráfego das vias arteriais de Fortaleza pela utilização de valores de velocidade média de percurso observado em campo, sendo necessária, para isso, somente a utilização do 1º e 2º Métodos adaptados. Para a estimação de valores de VMP necessária em situações de planejamento ou outras similares, entende-se que o 3º Método do HCM pode ser utilizado, já que o grau de precisão nos resultados esperados nesse tipo de avaliação exige somente uma estimativa do cenário em estudo. Recomenda-se, todavia, a utilização de ferramentas de simulação de tráfego para se estimar a VMP com fins operacionais, as quais podem ser calibradas com mais facilidade para a realidade de cada local.

Por fim, entende-se que a adoção das adaptações propostas possa oferecer uma avaliação confiável da qualidade das condições de tráfego das vias arteriais de Fortaleza. Reafirma-se ainda, que a metodologia utilizada para a adaptação desses dois Métodos pode ser replicada da mesma forma para qualquer outra cidade (guardadas as peculiaridades de cada local), proporcionando uma flexibilidade inexistente na metodologia do HCM 2000.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve por objetivo principal propor uma adaptação na metodologia de análise de vias urbanas do HCM 2000 para a realidade de Fortaleza, com a intenção de disponibilizar uma ferramenta que pudesse avaliar com confiabilidade a qualidade do tráfego dos corredores arteriais da cidade. A seguir apresentam-se as conclusões obtidas a partir do desenvolvimento da adequação da metodologia americana a uma realidade brasileira, e algumas recomendações que podem auxiliar na repetição desse procedimento para outras realidades e também na elaboração de estudos direta ou indiretamente relacionados ao que foi aqui desenvolvido.

6.1 CONCLUSÕES

Observou-se que a metodologia do HCM 2000 para análise de vias urbanas não é apresentada no manual de forma didática, dificultando a sua compreensão. Diante dessa problemática, organizou-se os conceitos e a seqüência lógica de aplicação em cada etapa assim como também no contexto geral. Entende-se que esses procedimentos, juntamente com a divisão da metodologia em três métodos, ofereceu aos usuários uma abordagem mais simples e direta, facilitando, assim, o seu entendimento e a sua conseqüente aplicação. Destarte, essa organização permitiu que fossem identificados com mais clareza os pontos conceituais em que a metodologia estava inadequada para a realidade brasileira.

Constatadas essas inconsistências iniciais, partiu-se da hipótese de que havia a necessidade da adaptação da metodologia do HCM para analisar as vias arteriais de Fortaleza, já que se observam grandes diferenças entre a realidade americana e a brasileira no que se refere aos mais diversos aspectos de contexto urbano e de transportes. Contudo, havia a necessidade de uma investigação mais criteriosa que pudesse vir a confirmar essa hipótese, identificando nitidamente os pontos falhos em que seriam necessárias alterações para a adequação da metodologia.

Por meio da caracterização dos corredores arteriais de Fortaleza, foram identificados diversos aspectos relacionados com a mobilidade urbana, considerando desde o planejamento urbano municipal até as características geométricas das vias arteriais existentes. Essa análise apresentou, de forma clara, a importância dos corredores arteriais na malha urbana brasileira, especificamente para a realidade local, onde a escassez de vias expressas no cenário analisado proporciona que grande parcela dos deslocamentos urbanos sejam realizados por esses corredores.

Observou-se também que a malha viária existente em Fortaleza não apresenta uma hierarquização bem definida, diferentemente da realidade norte-americana, onde se notam com nitidez as diferenças físicas e operacionais entre vias arteriais e locais, por exemplo. O cenário de Fortaleza mostra-se bastante heterogêneo, com vias arteriais apresentando características físicas e operacionais com diferenças significativas entre si, com bastante variação na largura das seções transversais e nos tipos de controle de tráfego, inclusive com vias locais desempenhando funções de vias coletoras e até mesmo de arteriais. Notou-se que esse cenário foi consequência de uma falta de aplicação do planejamento urbano apresentado na legislação municipal, onde as vias foram hierarquizadas apresentando padrões coerentes com os desejos de mobilidade e acessibilidade inerentes a uma área urbana.

Considerou-se que essa caracterização foi de grande valia para o conhecimento da realidade para o alcance de um dos objetivos específicos desse estudo: caracterizar as vias arteriais de Fortaleza, disponibilizando uma base de dados das características físico-operacionais desses corredores de modo a propiciar a adaptação da metodologia do HCM 2000.

A utilização das informações desse banco de dados permitiu que se pudesse confirmar a hipótese de inadequação da referida metodologia para analisar as vias arteriais de Fortaleza. Foram identificadas incompatibilidades em todos os três métodos, tanto em relação à parte conceitual quanto em relação aos resultados obtidos.

Primeiramente, detectou-se que o 1º Método agregou 14 dos 15 corredores da amostra na Classe IV, ficando somente um na Classe III, mesmo após a realização de pequenos ajustes conceituais. Esses resultados mostraram de forma evidente que o 1º Método não era adequado, haja vista a considerável heterogeneidade existente entre os corredores da amostra. Concluiu-se que para o cenário analisado a categoria funcional pouco influenciava na determinação da classe da via, sendo recomendada somente a utilização dos critérios de projeto, os quais se relacionam diretamente com as características das vias arteriais da amostra, necessitando, entretanto, de uma redefinição para melhor classificar essas vias. Realizando esses procedimentos foi verificada a inadequabilidade do 1º Método, sendo proposta uma adaptação capaz de classificar as vias arteriais de Fortaleza de forma mais adequada.

Com relação ao 2º Método, notou-se que não era adequado adotar percentuais em relação à velocidade de fluxo livre para definir as amplitudes dos níveis de serviço para cada classe de via, basicamente porque se considerou que os motoristas não têm uma boa percepção da grandeza *velocidade média*, fazendo com que os resultados não representem com fidelidade a qualidade do tráfego representada em campo. Assim, conclui-se o conceito de taxa de movimento para definir as velocidades médias de percurso dos NS em cada classe para representar melhor a percepção dos usuários e conseqüentemente os resultados obtidos. Diante dessas novas determinações, propôs-se uma adaptação nesse método, calibrada a partir dos dados de velocidade da amostra. Reconhece-se que não foi feita a validação desse modelo, que poderia ser feita identificando-se a percepção do motorista em relação à qualidade do tráfego, percepção essa difícil de ser coletada, tendo de se extrair do usuário a sua avaliação sobre a qualidade do tráfego de passagem (o HCM avalia esse tipo tráfego) sob diversas condições e em diferentes tipos de via. Existe ainda a dificuldade de isolar os diversos papéis assumidos pelo entrevistado em seu dia-a-dia, ora como motorista, ora como pedestre, dentre outros. Por fim, entende-se que devem existir maiores discussões sobre a necessidade de se determinar se o tipo de percepção a ser considerado para avaliar o NS de um corredor arterial deve avaliar somente a fluidez de tráfego de passagem ou outros, tais como segurança viária, poluição atmosférica e sonora, dentre outros inerentes a esses corredores.

Em relação ao 3º Método, foram encontrados resultados estimados de velocidade média de percurso significativamente diferentes dos obtidos em pesquisas de campo que não apresentaram um padrão específico, sendo ora superestimados e ora subestimados. Isso revela que o método não só se encontra descalibrado, mas deve conter ou ignorar aspectos diretamente associados às características operacionais das vias arteriais de Fortaleza, não sendo adequada a sua utilização com fins de avaliação precisa, como de análises operacionais, por exemplo. Já para fins de planejamento, em que apenas se espera uma avaliação preliminar, deduziu-se que o método é válido. Deduziu-se que também é importante a adoção de intervalos de confiança para os resultados obtidos pela coleta em campo, já que são dados amostrais sobre os quais não existem recomendações no manual com referência a tamanho de amostra ou a qualquer outro tratamento estatístico.

De forma conjunta, pode-se concluir que a hipótese inicial de inadequabilidade foi confirmada e que a utilização direta da metodologia proposta pelo HCM 2000 na realidade nacional pode acarretar análises e tomadas de decisão equivocadas. Por fim, afirma-se que foi atingido o objetivo de adaptar o 1º e o 2º Métodos da metodologia norte-americana considerando as peculiaridades do cenário de Fortaleza, tornando esses modelos uma ferramenta de avaliação da qualidade do tráfego de vias arteriais urbanas.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se como continuidade deste trabalho a tentativa de calibração do 3º Método ou ainda do desenvolvimento de um novo modelo para análises operacionais em vias arteriais brasileiras. No caso da calibração, recomenda-se a utilização de modelos de simulação, e a validação pode ser obtida pela comparação dos resultados obtidos pelos modelos com os de pesquisas de campo no cenário analisado.

Outra atividade que pode ser desenvolvida é identificar o tipo de percepção do usuário a ser considerado na determinação dos limites para cada NS e a forma adequada de identificá-lo e inseri-lo no 2º Método. Como complementação dessas atividades, considera-

se importante verificar a adequação da escala semântica de seis níveis (de A até F) utilizada pelo HCM para representar essa percepção do motorista brasileiro.

Outra atividade possível seria a classificação de todas as vias utilizadas pelo tráfego de passagem e consideradas como vias arteriais da cidade de Fortaleza – independentemente da sua classificação em lei – de acordo com a metodologia adaptada. Essa classificação poderia ser utilizada como um dos indicadores para a redefinição da classificação definitiva dessas vias quando da revisão da legislação de uso e ocupação do solo.

Recomendam-se, ainda, com base no diagnóstico realizado sobre o HCM 2000 apresentado na CIRCULAR E-C081 (TRB, 2005), duas outras linhas de pesquisas julgadas compatíveis com a realidade brasileira. A primeira procura estabelecer procedimentos para a utilização de modelos de simulação em conjunto com o HCM, com o intuito de melhorar a precisão dos resultados ou mesmo de complementar as análises realizadas. A segunda busca investigar o efeito das interseções não semaforizadas sobre o tráfego de passagem em uma via arterial, que atualmente não é considerado no HCM 2000, mas que diante da realidade nacional, mais especificamente da malha viária de Fortaleza em forma de “xadrez”, pode se revelar um fator importante.

Recomenda-se, por fim, que os ajustes feitos neste trabalho de adaptação do HCM 2000 para a realidade de Fortaleza sejam analisados de forma criteriosa para a utilização em outras cidades, respeitando as características específicas de cada região, e que os resultados obtidos, sempre que possível, sejam submetidos a uma análise de sensibilidade que aprofunde a sua interpretação e ofereça uma avaliação mais precisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKCELIK, R. (1988) *The Highway Capacity Manual Delay Formula for Signalized Intersections*. ITE Journal, Vol. 58, N° 3, p. 23–27.
- BENEKOHAL, R. F. e EL-ZOHAIRY, Y. M. (1999) *Progression Adjustment Factors for Uniform Delay at Signalized Intersections*. Transportation Research Record 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 32–41.
- BOTELHO, A. (2002) *Reestruturação produtiva e produção do espaço: o caso da indústria automobilística instalada no Brasil*. Revista do Departamento de Geografia, n. 15, Universidade de São Paulo – USP, pp. 55-64.
- CHANG, S. K. (1988) *Use of the 1985 Highway Capacity Manual Urban Arterial Level-of-Service Evaluation Method – A Taiwan Experience*. ITE - Compendium of Technical Papers, p. 120–124.
- CNPQ (2004) *Projeto Rede Tráfego – Avaliação da Qualidade do Tráfego e da Circulação em Vias Arteriais Urbanas Brasileiras*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília – DF.
- COLELLA, D. A. T., LIMA, E. P. e DEMARCHI, S. H. (2004) *Calibração e Validação do Modelo Fluxo-Velocidade do ITEGRATION para Vias Urbanas de Semaforizadas*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, SC.
- DEMARCHI, S. H., LOUREIRO, C. F. G., SETTI, J. R. A. (2004) *Desenvolvimento de Planilha Eletrônica para Classificação de Vias Urbanas Brasileiras segundo o Método do HCM 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, SC.
- EL-ZOHAIRY, Y. M. (1998) *Development of Arrival-Type-Based Uniform Delay Models for Signalized Intersections*. Ph.D. Dissertation. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- ENGELBRECHT, R. J.; FAMBRO, D. B.; ROUPHAIL, N. M. e BARKAWI, A. A. (1997) *Validation of Generalized Delay Model for Signalized for Oversaturated Conditions*. Transportation Research Record 1572, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 122–130.
- FAMBRO, D. B. (1994) *1994 Update of the Highway Capacity Manual Chapter 11 – Urban and Suburban Arterials*. ITE - Compendium of Technical Papers, p. 169–173.
- FAMBRO, D. B.; CHANG E. e MESSER E. (1991) *Effects of the Quality of Traffic Signal Progression on Delay*. NCHRP Report 339, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D. C.

- FAMBRO, D. B. e ROUPHAIL, N. M. (1997) *Generalized Delay Model for Signalized Intersections and Arterial Streets*. Transportation Research Record 1572, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 112–121.
- GARBER N. J. e L. A. HOEL (2001) *Traffic and Highway Engineering – 3rd edition*. PART II: TRAFFIC OPERATIONS, Traffic Engineering Studies, p.117.
- GASPARINI, R., (2002). *Análise da Adequabilidade do HCM para o Estudo de Vias Urbanas*. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-05 A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.
- HILLIER, J. e ROTHERY, R. (1967) *The Synchronization of Traffic Signals for Minimum Delay*. Transportation Science, Vol. 1, No 2, p. 81–84. APUD
- KITTELSON W. K. (2000) *Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service*. Transportation Research Board - TRB, National Research Council - Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity, Maui, Hawaii June 27 – July 1, 2000.
- LI, J.; ROUPHAIL, N. M. e AKCELIK, R. (1994) *Overflow Delay Estimation for a Simple Intersection with Fully-Actuated Signal Control*. Transportation Research Record 1457, TRB, National Research Council, Washington, D.C., Jan. 1994, pp. 73–81.
- LOUREIRO, C. F. G.; LEANDRO, C. H. P. e OLIVEIRA, M. V. T. (2002) *Sistema Centralizado de Controle do 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.
- LUNA, M. S. (2003) *Sobre o Fluxo de Saturação: Conceituação, Aplicação, Determinação e Variação*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- PEREIRA NETO W. A.; OLIVEIRA NETO, F. M. e LOUREIRO, C. F. G. (2003) *Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza utilizando o Highway Capacity Manual 2000*. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, RJ.
- 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.
- PRASSAS, E. S. (1999) *Improving the Running Time in Highway Capacity Manual Table 11-4; Related Observations on Average Travel Speed*. Transportation Research Record 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 9–17.

- ROUPHAIL, N. M. (1989) *Progression Adjustment Factors at Signalized Intersections*. Transportation Research Record 1225, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 8–17.
- ROUPHAIL, N. M., ANWAR, M.; FAMBRO, D. B.; SLOUP, P. e PEREZ, C. E. (1997) *Validation of Generalized Delay Model for Signalized for Vehicle-Actuated Traffic Signals*. Transportation Research Record 1572, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 105–111.
- TRANSPORTATION RESEARCH CENTER – TRC (1983) *Transit – 7F User’s Manual*. University of Florida at Gainesville.
- TRB (1985). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Special Report 209. National Research Council, Washington, D.C.
- TRB (1994). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Special Report 209. National Research Council, Washington, D.C.
- TRB (1998). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Special Report 209. National Research Council, Washington, D.C.
- TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.
- TRB (2005). *Transportation Research Circular*. E-C081, Transportation Research Board. National Academies, Washington, D.C.
- TROUTBECK R. e KITTELSON W. (1998) *An Overview of the 1997 HCM Update*. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, July 1998.

ANEXO
CARACTERIZAÇÃO OPERACIONAL
DOS CORREDORES DA AMOSTRA

ALBERTO MAGNO**Sentido Norte-Sul (Entre Eduardo Girão e Romeu Martins – 2.458,0 m)**

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Eduardo Girão	Borges de Melo	387
2	Borges de Melo	Professor Costa Mendes	689
3	Professor Costa Mendes	Desembargador Praxedes	546
4	Desembargador Praxedes	Romeu Martins	836

ALBERTO MAGNO**Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)**

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	29	33	18	21	29	26	B	C
	2	45	62	8	14	47	33	A	B
	3	38	52	10	11	41	31	A	C
	4	52	76	10	13	48	34	A	B
	Trecho	164	223	46	59	42	31	A	C
Tarde	1	29	42	21	27	27	20	C	D
	2	45	67	15	7	42	34	A	B
	3	38	51	42	23	25	27	C	C
	4	52	79	14	23	46	29	A	C
	Trecho	164	239	71	80	35	28	B	C

Mov. – Movimento.

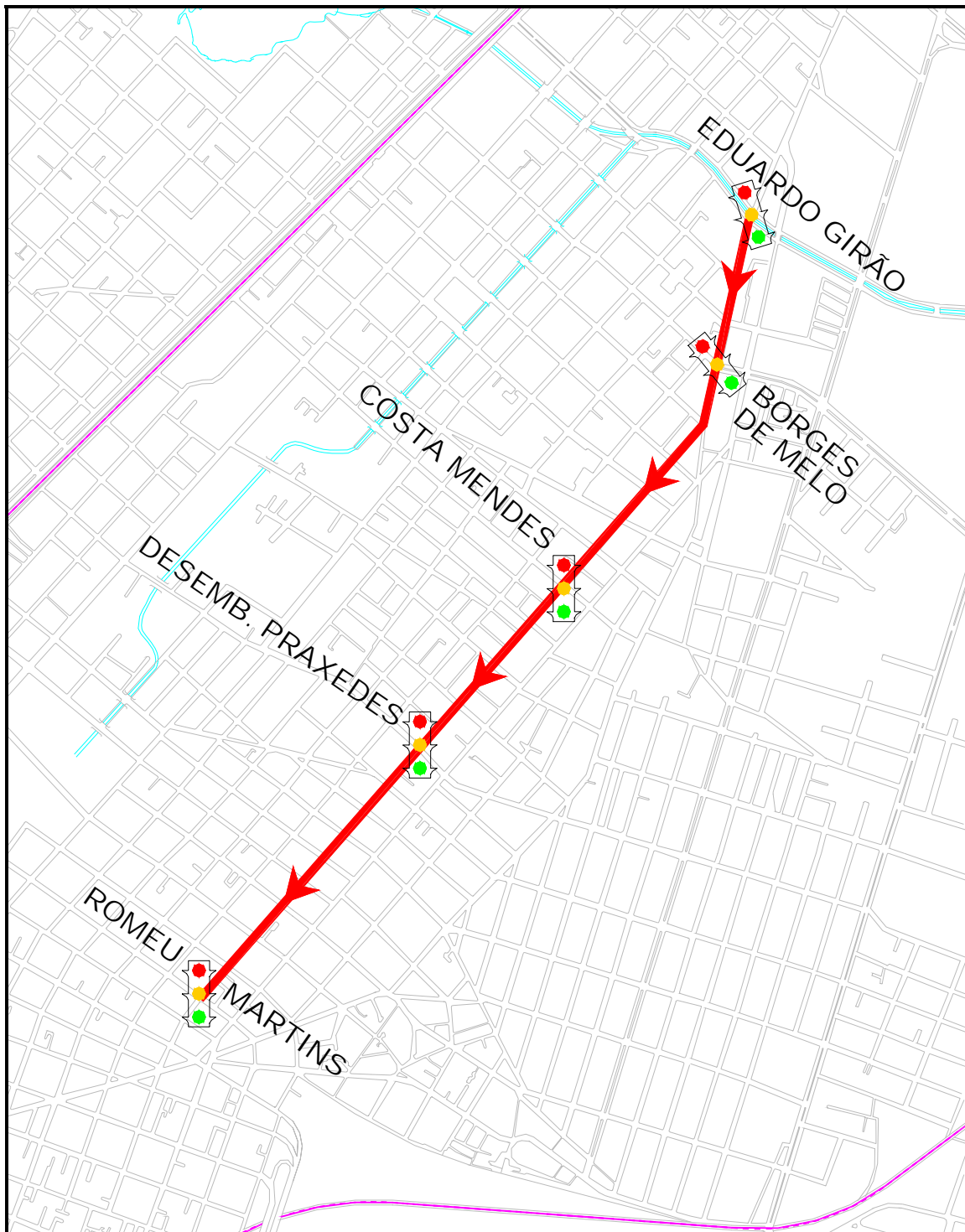


Figura A-1: Trecho e segmentos do corredor Alberto Magno (Norte-Sul)

COSTA BARROS

Sentido Leste-Oeste (Entre Rui Barbosa e 25 de Marco – 1.610.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Rui Barbosa	Carlos Vasconcelos	245
2	Carlos Vasconcelos	Ildefonso Albano	250
3	Ildefonso Albano	Dom Manoel	1000
4	Dom Manoel	25 de marco	115

COSTA BARROS

Sentido Leste-Oeste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	23	27	28	0	17	33	E	B
	2	23	26	4	7	33	27	B	C
	3	60	84	11	40	51	29	A	C
	4	16	14	12	5	20	22	E	D
	Trecho	122	151	55	52	33	29	B	C
Tarde	1	23	24	0	0	38	37	B	B
	2	23	27	4	7	33	26	B	C
	3	60	91	16	13	48	35	A	B
	4	16	11	15	0	13	38	F	B
	Trecho	122	153	35	20	37	34	B	B

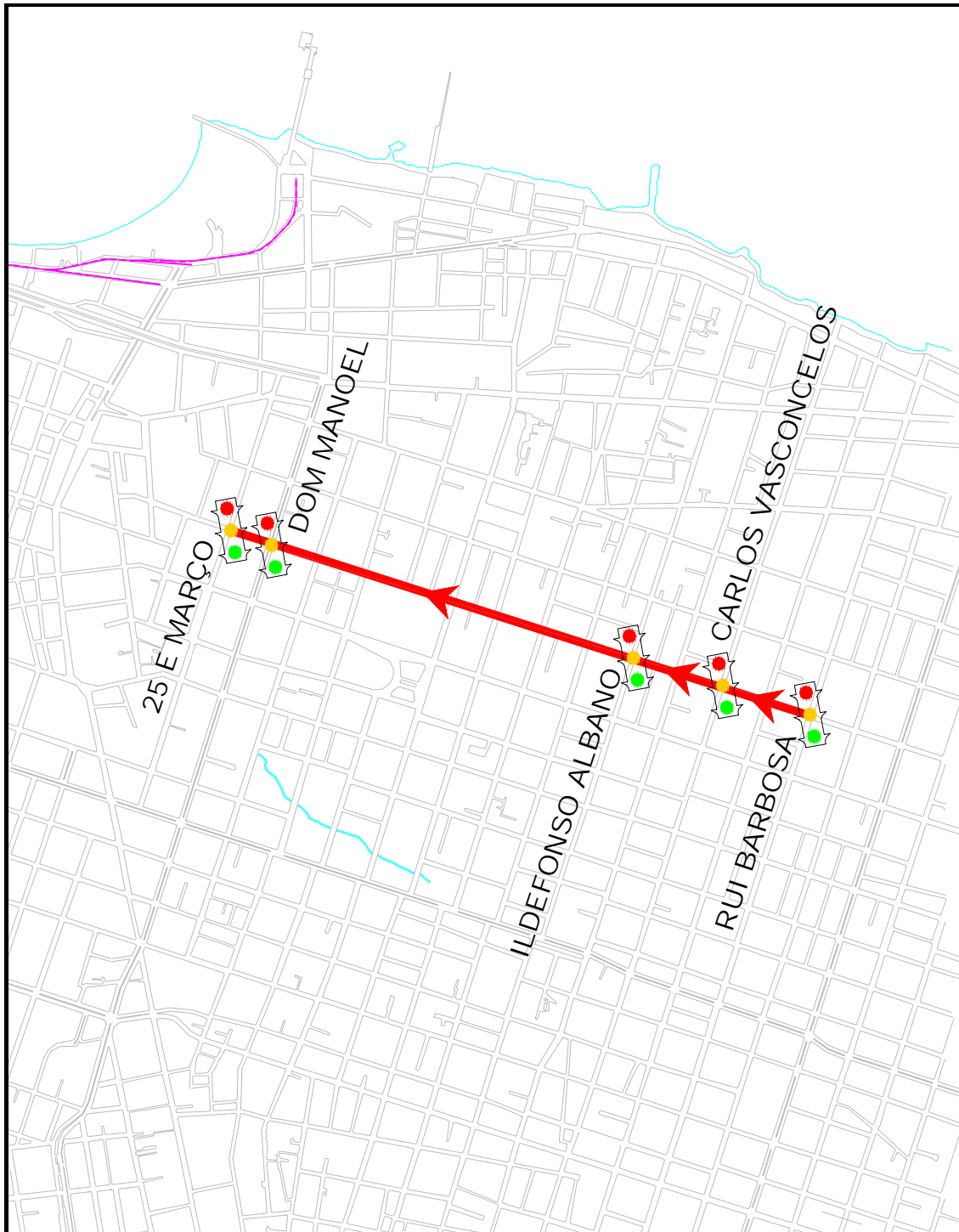


Figura A-2: Trecho e segmentos do corredor Costa Barros (Leste-Oeste)

GOMES DE MATOS

Sentido Sul-Norte (Entre Romeu Martins e Eduardo Girão – 2.455.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Romeu Martins	Sátiro Dias	703
2	Sátiro Dias	Prof. Costa Mendes	671
3	Prof. Costa Mendes	André Chaves	237
4	André Chaves	Borges de Melo	489
5	Borges de Melo	Eduardo Girão	355

GOMES DE MATOS

Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	45	74	6	15	49	28	A	C
	2	44	65	13	15	43	30	A	C
	3	22	22	5	17	31	22	C	D
	4	35	42	14	22	36	27	B	C
	5	28	34	19	18	27	25	C	C
	Trecho	174	237	57	87	38	27	B	C
Tarde	1	45	64	6	13	50	33	A	B
	2	44	63	13	17	43	30	A	C
	3	22	25	4	8	32	26	B	C
	4	35	46	15	30	36	23	B	C
	5	28	35	19	15	27	26	C	C
	Trecho	174	233	57	83	38	28	B	C

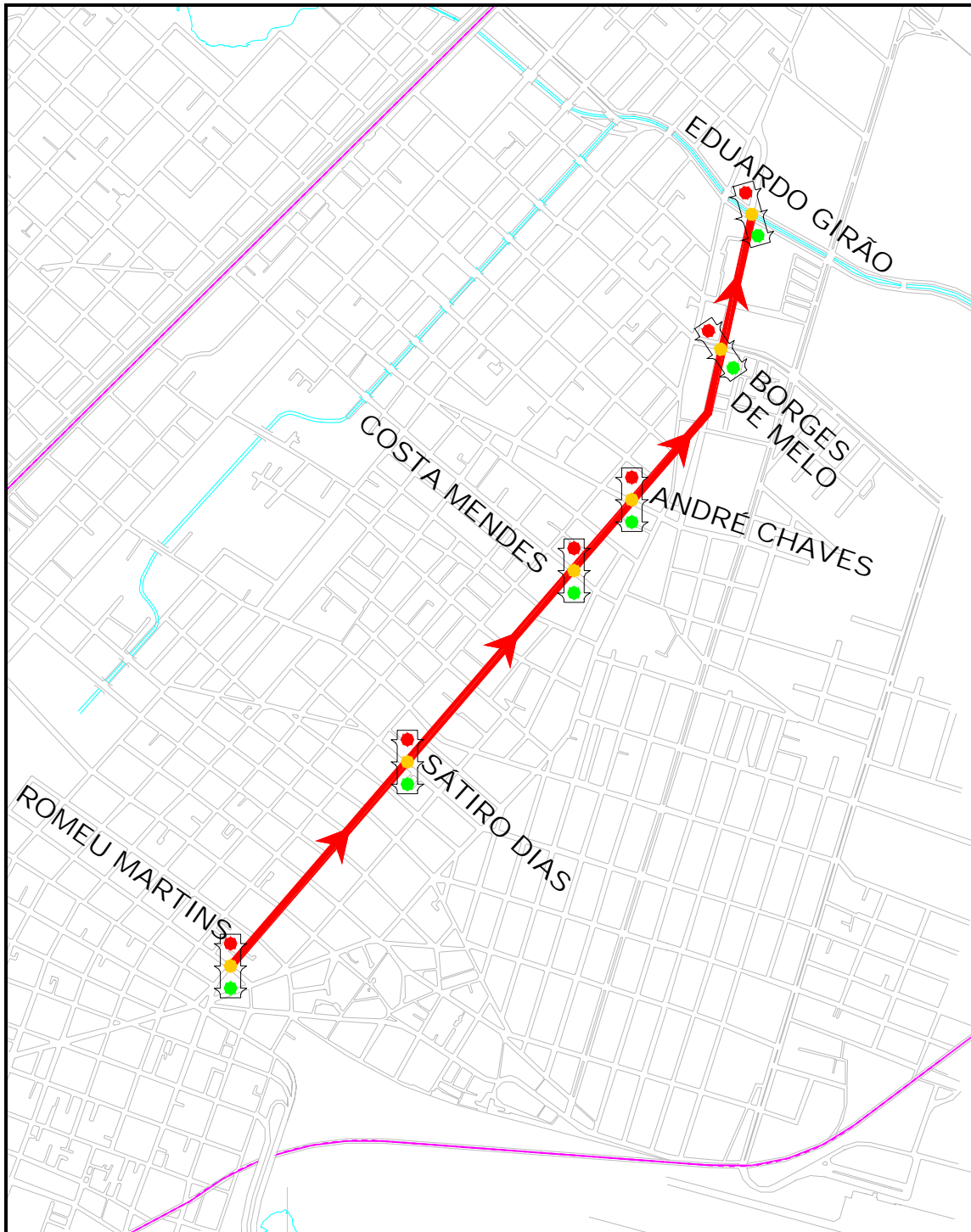


Figura A-3: Trecho e segmentos do corredor Gomes de Matos (Sul-Norte)

IOÃO PESSOA

Sentido Sul-Norte (Entre Ceará e Padre Cícero – 2.562.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Ceará	Teles de Souza	410
2	Teles de Souza	Prof. Costa Mendes	1160
3	Prof. Costa Mendes	Alexandre Baraúna	200
4	Alexandre Baraúna	Padre Cícero	800

IOÃO PESSOA

Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	31	88	8	7	38	16	B	E
	2	68	61	8	9	55	60	A	A
	3	21	51	9	23	24	9	C	F
	4	50	35	42	114	31	19	C	D
	Trecho	170	235	67	153	39	24	B	C
Tarde	1	31	34	7	13	39	32	B	C
	2	68	88	8	20	56	39	A	B
	3	21	19	8	16	25	20	C	D
	4	50	64	42	70	31	21	C	D
	Trecho	170	205	65	119	40	29	B	C

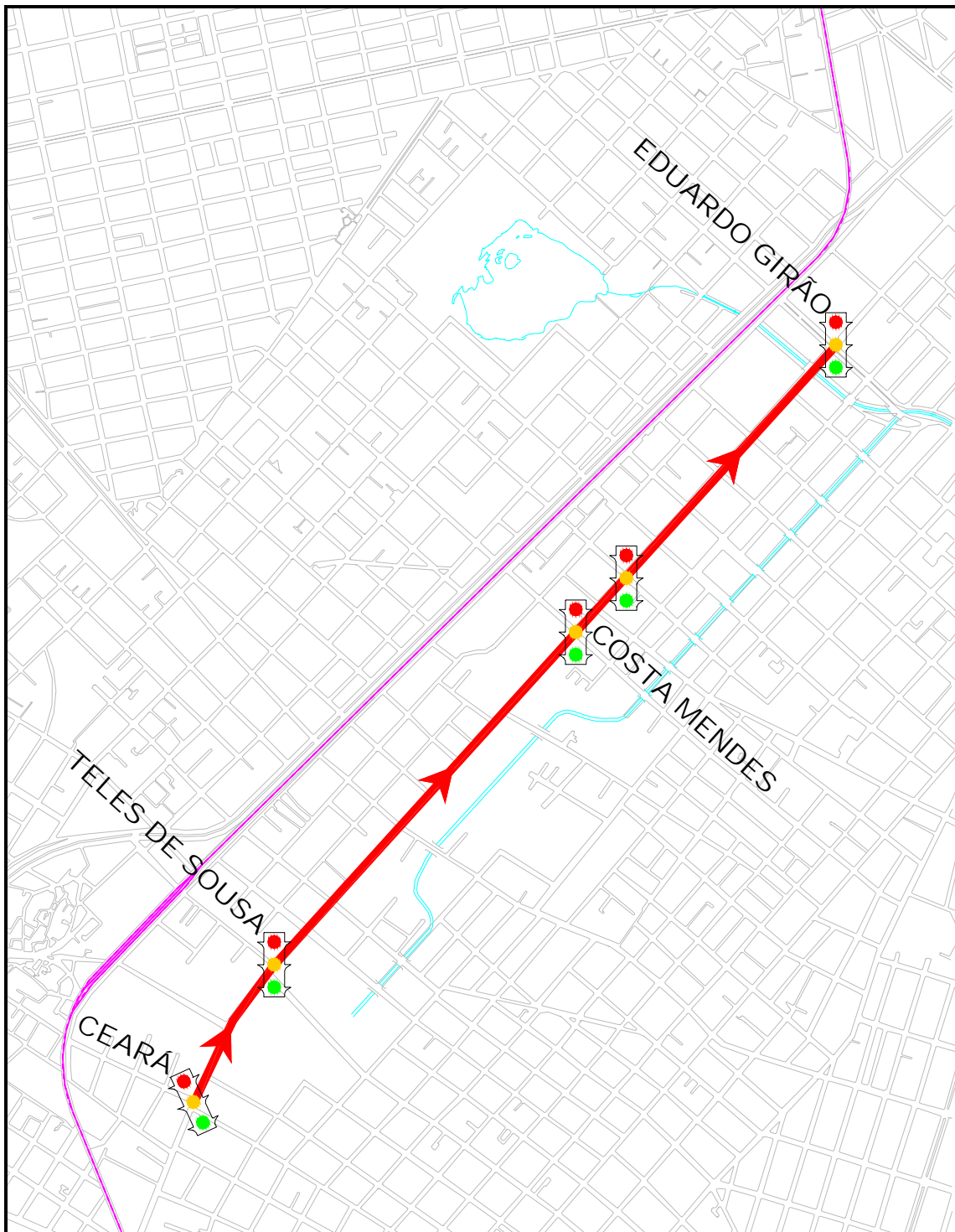


Figura A-4: Trecho e segmentos do corredor João Pessoa (Sul-Norte)

PADRE VAI DEVINO

Sentido Leste-Oeste (Entre Virgílio Távora e João Cordeiro – 2.546.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Virgílio Távora	Leonardo Mota	342
2	Leonardo Mota	Barbosa de Freitas	115
3	Barbosa de Freitas	Desembargador Moreira	119
4	Desembargador Moreira	Tibúrcio Cavalcante	460
5	Tibúrcio Cavalcante	José Vilar	228
6	José Vilar	Barão de Studart	242
7	Barão de Studart	José Lourenco	132
8	José Lourenco	Rui Barbosa	128
9	Rui Barbosa	Carlos Vasconcelos	255
10	Carlos Vasconcelos	Ildefonso Albano	275
11	Ildefonso Albano	João Cordeiro	250

PADRE VAI DEVINO

Sentido Leste-Oeste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	28	43	4	21	39	19	B	D
	2	16	15	6	0	19	28	D	C
	3	17	10	13	20	14	14	E	E
	4	33	54	4	16	44	24	A	C
	5	22	24	1	16	36	21	B	D
	6	23	11	10	69	27	11	C	F
	7	17	17	1	0	27	28	C	C
	8	17	8	8	34	18	11	D	F
	9	23	31	3	7	35	24	B	C
	10	24	25	1	8	40	30	B	C
	11	23	25	1	4	38	31	B	C
	Trecho	243	263	52	195	31	20	C	D
Tarde	1	28	45	5	35	38	15	B	F
	2	16	17	12	0	15	24	E	C
	3	17	15	9	0	16	29	E	C
	4	33	38	9	34	39	23	B	C
	5	22	26	1	17	36	19	B	D
	6	23	8	14	94	24	9	C	F
	7	17	15	4	11	23	18	C	D
	8	17	15	19	42	13	8	F	F
	9	23	24	1	0	39	38	B	B
	10	24	25	3	0	36	40	B	B
	11	23	24	1	0	38	38	B	B
	Trecho	243	252	78	233	29	19	C	D

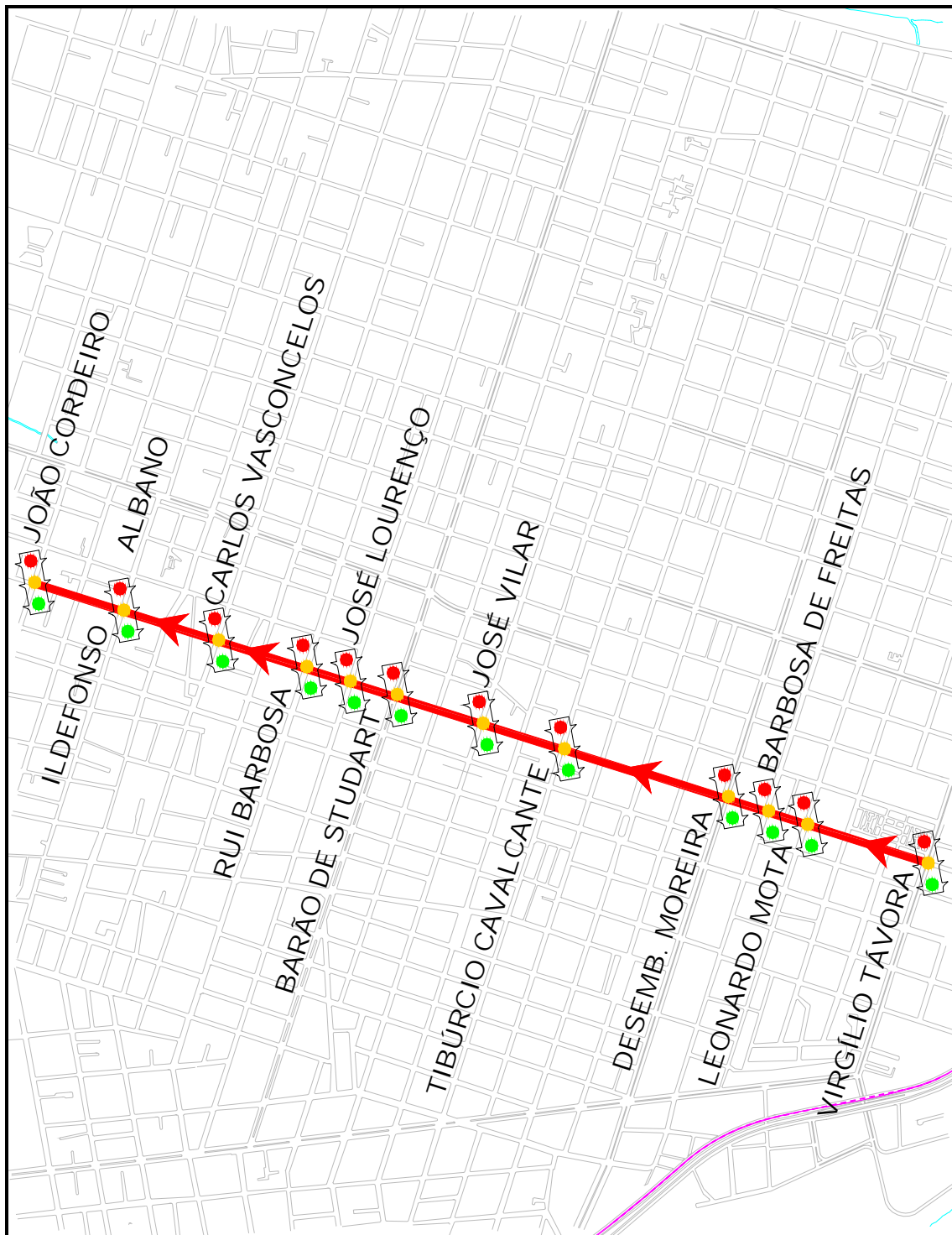


Figura A-5: Trecho e segmentos do corredor Padre Valdevino (Leste-Oeste)

UNIVERSIDADE

Sentido Sul-Norte (Entre Padre Cícero e Pedro Pereira – 2.361.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Padre Cícero	13 de Maio	710
2	13 de Maio	Juvenal Galeno	167
3	Juvenal Galeno	Senador Catunda	144
4	Senador Catunda	Domingos Olímpio	505
5	Domingos Olímpio	Antonio Pompeu	223
6	Antonio Pompeu	Meton de Alencar	120
7	Meton de Alencar	Clarindo de Oueiroz	115
8	Clarindo de Oueiroz	Duque de Caxias	108
9	Duque de Caxias	Pedro Pereira	269

UNIVERSIDADE

Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	46	59	20	28	39	29	B	C
	2	19	16	19	0	16	38	E	B
	3	18	20	15	10	16	17	E	E
	4	36	41	16	16	35	32	B	C
	5	22	21	12	74	24	8	C	F
	6	17	21	19	22	12	10	F	F
	7	16	13	18	38	12	8	F	F
	8	16	16	17	23	12	10	F	F
	9	24	33	16	99	24	7	C	F
	Trecho	214	240	152	310	23	15	C	E
Tarde	1	46	60	27	27	35	29	B	C
	2	19	15	22	0	15	40	E	B
	3	18	26	16	10	15	14	E	E
	4	36	39	18	17	34	32	B	B
	5	22	17	12	63	24	10	C	F
	6	17	13	26	44	10	8	F	F
	7	16	14	24	17	10	13	F	F
	8	16	12	19	45	11	7	F	F
	9	24	30	18	106	23	7	C	F
	Trecho	214	226	182	329	21	15	D	E



Figura A-6: Trecho e segmentos do corredor Universidade (Sul-Norte)

ANTÔNIO SALES

Sentido Oeste-Leste (Entre João Cordeiro e Virgílio Távora – 2.523.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	João Cordeiro	Ildefonso Albano	250
2	Ildefonso Albano	Rui Barbosa	520
3	Rui Barbosa	José Lourenço	130
4	José Lourenço	Barão de Studart	135
5	Barão de Studart	José Vilar	240
6	José Vilar	Tibúrcio Cavalcante	230
7	Tibúrcio Cavalcante	Oswaldo Cruz	220
8	Oswaldo Cruz	Desembargador Moreira	240
9	Desembargador Moreira	Barbosa de Freitas	115
10	Barbosa de Freitas	Leonardo Mota	115
11	Leonardo Mota	Virgílio Távora	335

ANTÔNIO SALES

Sentido Oeste-Leste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	23	17	4	19	33	25	B	C
	2	36	43	8	16	42	32	A	C
	3	17	12	5	3	21	31	D	C
	4	17	12	7	0	20	40	D	B
	5	23	21	1	9	38	29	B	C
	6	22	18	1	18	37	23	B	C
	7	22	20	2	0	34	39	B	B
	8	23	18	11	36	25	16	C	E
	9	16	10	3	0	21	42	D	A
	10	16	7	15	19	13	16	F	E
	11	27	24	15	54	28	16	C	E
	Trecho	242	202	72	174	29	24	C	C
Tarde	1	23	24	8	0	29	37	C	B
	2	36	49	10	28	41	24	A	C
	3	17	15	4	0	23	31	C	C
	4	17	13	5	12	22	19	D	D
	5	23	21	1	10	37	28	B	C
	6	22	20	1	13	37	25	B	C
	7	22	16	1	29	35	17	B	E
	8	23	11	10	86	27	9	C	F
	9	16	10	3	2	21	35	D	B
	10	16	9	13	12	14	20	F	D
	11	27	29	26	20	22	25	D	C
	Trecho	242	217	82	212	28	21	C	D

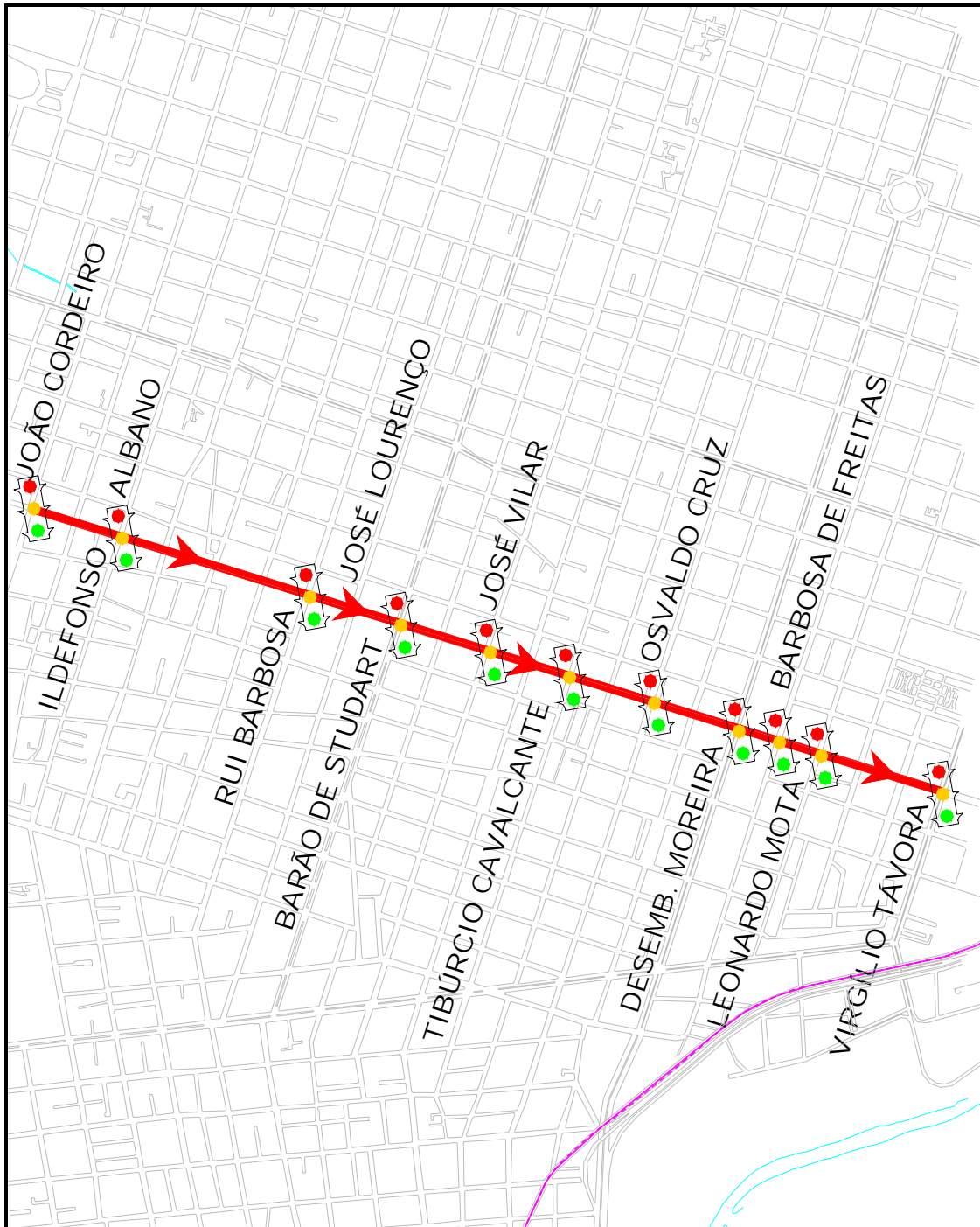


Figura A-7: Trecho e segmentos do corredor Antônio Sales (Oeste- Leste)

BARÃO DE STUARTSentido Sul-Norte (Entre Ant^o Sales e Dep. Moreira da Rocha – 1.885.0)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Antônio Sales	Padre Valdevino	195
2	Padre Valdevino	Júlio Ventura	295
3	Júlio Ventura	João Carvalho	170
4	João Carvalho	Torres Câmara	235
5	Torres Câmara	Santos Dumont	235
6	Santos Dumont	Costa Barros	170
7	Costa Barros	Pereira Filgueiras	170
8	Pereira Filgueiras	Tenente Benévolo	170
9	Tenente Benévolo	Dep. Moreira da Rocha	245

BARÃO DE STUART

Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	20	14	22	31	17	16	E	E
	2	25	26	16	33	26	18	C	D
	3	19	15	17	25	17	15	E	E
	4	22	27	8	0	28	31	C	C
	5	22	21	10	12	26	26	C	C
	6	19	18	9	4	21	28	D	C
	7	19	16	3	0	28	38	C	B
	8	19	12	18	26	17	16	E	E
	9	23	26	5	14	32	22	B	D
	Trecho	188	175	108	145	23	21	C	D
Tarde	1	20	16	21	31	17	15	F	F
	2	25	23	15	40	26	17	C	E
	3	19	16	18	22	16	16	E	E
	4	22	28	23	57	19	10	D	F
	5	22	27	16	36	22	13	D	F
	6	19	22	8	2	23	26	C	C
	7	19	17	14	2	18	32	D	B
	8	19	14	20	14	16	22	E	D
	9	23	19	7	26	29	20	C	D
	Trecho	188	182	142	230	19	16	D	E

BARÃO DE STUARTSentido Norte-Sul (Entre Dep. Moreira da Rocha e Ant^o Sales – 1.885.0)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Dep. Moreira da Rocha	Tenente Benévolo	245
2	Tenente Benévolo	Pereira Filgueiras	170
3	Pereira Filgueiras	Costa Barros	170
4	Costa Barros	Santos Dumont	170
5	Santos Dumont	Torres Câmara	235
6	Torres Câmara	João Carvalho	235
7	João Carvalho	Júlio Ventura	170
8	Júlio Ventura	Padre Valdevino	295
9	Padre Valdevino	Antônio Sales	195

BARÃO DE STUART

Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	23	26	5	24	32	18	B	E
	2	19	15	3	9	28	26	C	C
	3	19	12	9	71	22	7	D	F
	4	19	13	9	43	22	11	D	F
	5	22	20	7	6	29	33	C	B
	6	22	18	14	49	23	13	C	F
	7	19	13	16	23	18	17	E	E
	8	25	26	17	59	25	12	C	F
	9	20	19	22	28	17	15	E	E
	Trecho	188	162	102	312	20	14	D	E
Tarde	1	23	21	20	11	21	28	D	C
	2	19	14	13	70	19	7	D	F
	3	19	13	9	50	22	10	D	F
	4	19	12	13	69	19	8	D	F
	5	22	22	20	28	20	17	D	E
	6	22	20	16	35	22	15	D	E
	7	19	17	16	0	18	36	E	B
	8	25	27	18	55	25	13	C	F
	9	20	19	30	33	14	14	F	F
	Trecho	188	165	155	351	20	13	D	F



Figura A-8: Trecho e segmentos do corredor Barão de Studart (Norte-Sul e Sul-Norte)

Sentido Sul-Norte (Entre Isaac Amaral e Abolição – 2.805,0 m)			
Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Isaac Amaral	Pontes Vieira	175
2	Pontes Vieira	Francisco Holanda	250
3	Francisco Holanda	Tomas Acioli	215
4	Tomas Acioli	Antônio Sales	205
5	Antônio Sales	Padre Valdevino	195
6	Padre Valdevino	Vicente Linhares	230
7	Vicente Linhares	Padre Antônio Tomaz	230
8	Padre Antônio Tomaz	Torres Câmara	225
9	Torres Câmara	Des. Leite Albuquerque	115
10	Des. Leite Albuquerque	Santos Dumont	115
11	Santos Dumont	Canuto de Aguiar	735
12	Canuto de Aguiar	Ana Bilhar	115
13	Ana Bilhar	Abolição	235

DESEMBARÇADOR MOREIRA

Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	19	24	17	15	17	16	E	E
	2	23	25	0	0	38	36	B	B
	3	21	16	4	22	30	20	C	D
	4	21	20	21	69	17	8	E	F
	5	20	19	15	0	20	37	D	B
	6	22	22	0	0	37	38	B	B
	7	22	18	16	49	22	12	D	F
	8	22	20	2	12	34	25	B	C
	9	16	9	4	16	20	17	D	E
	10	16	18	27	8	10	16	F	E
	11	47	71	15	9	43	33	A	B
	12	16	7	5	28	20	12	D	F
	13	22	17	27	51	17	12	E	F
	Trecho	287	223	153	59	25	19	C	F
Tarde	1	19	12	31	41	12	12	F	F
	2	23	16	1	22	38	24	B	C
	3	21	17	4	0	31	46	C	A
	4	21	12	28	77	15	8	E	F
	5	20	18	19	0	18	39	D	B
	6	22	20	3	0	33	41	B	A
	7	22	12	16	72	22	10	D	F
	8	22	21	14	0	23	39	C	B
	9	16	9	6	40	18	8	D	F
	10	16	11	22	40	11	8	F	F
	11	47	133	20	14	40	18	B	D
	12	16	14	10	0	16	30	E	C
	13	22	13	29	43	17	15	E	E
	Trecho	287	308	203	349	22	17	D	E

DESEMBARGADOR MOREIRA

Sentido Norte-Sul (Entre Ana Bilhar e Isaac Amaral – 2.805.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Ana Bilhar	Canuto de Aguiar	115
2	Canuto de Aguiar	Santos Dumont	735
3	Santos Dumont	Des. Leite Albuquerque	115
4	Des. Leite Albuquerque	Torres Câmara	115
5	Torres Câmara	Padre Antônio Tomaz	225
6	Padre Antônio Tomaz	Vicente Linhares	230
7	Vicente Linhares	Padre Valdevino	230
8	Padre Valdevino	Antônio Sales	195
9	Antônio Sales	Tomas Acioli	205
10	Tomas Acioli	Francisco Holanda	215
11	Francisco Holanda	Pontes Vieira	250
12	Pontes Vieira	Isaac Amaral	175

DESEMBARGADOR MOREIRA

Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	16	10	15	11	13	20	F	D
	2	47	87	26	14	36	26	B	C
	3	16	12	4	0	21	35	D	B
	4	16	10	2	15	22	17	D	E
	5	22	17	15	38	22	15	D	E
	6	22	19	0	5	37	35	B	B
	7	22	16	14	51	23	12	C	F
	8	20	15	23	40	16	13	E	F
	9	21	16	4	0	30	46	C	A
	10	21	14	1	0	35	55	B	A
	11	23	15	14	42	24	16	C	E
	12	19	16	21	0	15	39	E	B
		Trecho	265	247	139	216	25	22	C
Tarde	1	16	15	17	13	12	15	F	F
	2	47	83	20	45	39	21	B	D
	3	16	9	5	11	19	21	D	D
	4	16	11	15	0	13	38	F	B
	5	22	17	15	44	22	13	D	F
	6	22	21	3	0	33	39	B	B
	7	22	17	20	37	19	15	D	E
	8	20	20	36	42	12	11	F	F
	9	21	20	3	0	30	37	C	B
	10	21	17	1	0	34	46	B	A
	11	23	16	23	23	20	23	D	C
	12	19	14	23	0	15	45	E	A
		Trecho	265	260	181	215	23	21	D

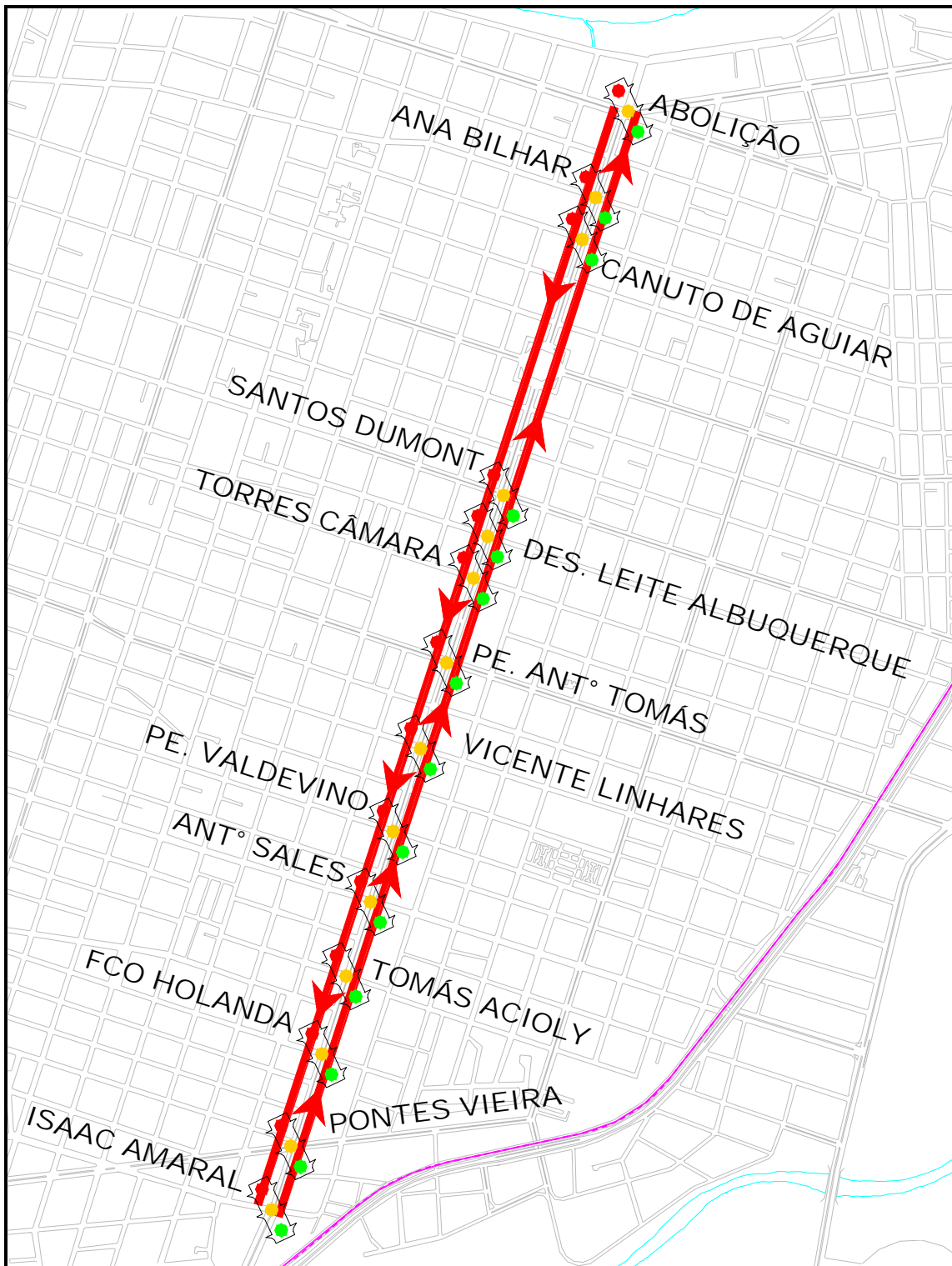


Figura A-9: Trecho e segmentos do corredor Desemb. Moreira (Norte-Sul e Sul-Norte)

DOM MANOEL.

Sentido Norte-Sul (Entre Domingos Olímpio e Pessoa Anta – 2.100.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Domingos Olímpio	Padre Valdevino	215
2	Padre Valdevino	Rocha Lima	115
3	Rocha Lima	Bárbara de Alencar	115
4	Bárbara de Alencar	Heráclito Graca	110
5	Heráclito Graca	Pinto Madeira	355
6	Pinto Madeira	Santos Dumont	260
7	Santos Dumont	Costa Barros	165
8	Costa Barros	Tenente Benévolo	335
9	Tenente Benévolo	Monsenhor Tabosa	120
10	Monsenhor Tabosa	Pessoa Anta	310

DOM MANOEL.

Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	21	22	10	0	25	35	C	B
	2	16	12	0	15	24	15	C	E
	3	16	12	3	13	22	17	D	E
	4	16	9	9	40	16	8	E	F
	5	28	49	0	9	45	22	A	D
	6	24	33	4	23	34	17	B	E
	7	19	17	10	0	21	35	D	B
	8	27	28	2	18	41	13	A	F
	9	17	11	25	17	10	15	F	E
	10	26	30	3	21	38	22	B	D
	Trecho	210	223	66	156	27	20	C	D
Tarde	1	21	17	10	0	24	46	C	A
	2	16	11	1	0	24	38	C	B
	3	16	10	1	11	23	20	C	D
	4	16	11	7	26	17	11	E	F
	5	28	28	4	26	40	24	B	C
	6	24	25	10	12	28	25	C	C
	7	19	13	9	20	21	18	D	D
	8	27	27	1	32	42	10	A	F
	9	17	15	27	0	10	29	F	C
	10	26	28	6	51	35	14	B	E
	Trecho	210	185	76	178	26	21	C	D



Figura A-10: Trecho e segmentos do corredor Dom Manoel (Sul-Norte)

DUQUE DE CAXIAS

Sentido Oeste-Leste (Entre Pe. Ibiapina e Dona Leopoldina – 2.250,0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Pe. Ibiapina	Pe. Mororó	185
2	Pe. Mororó	Av. Princesa Isabel	250
3	Av. Princesa Isabel	Av. Do Imperador	135
4	Av. Do Imperador	Av. Tristão Gonçalves	125
5	Av. Tristão Gonçalves	24 de Maio	110
6	24 de Maio	Gen. Sampaio	140
7	Gen. Sampaio	Sen. Pommeu	120
8	Sen. Pommeu	Br. Do Rio Branco	120
9	Br. Do Rio Branco	Maior Facundo	75
10	Maior Facundo	Da Assunção	155
11	Da Assunção	Solón Pinheiro	110
12	Solón Pinheiro	Visc. do Rio Branco	285
13	Visc. do Rio Branco	Av. Dom Manuel	190
14	Av. Dom Manuel	Dona Leopoldina	250

DUQUE DE CAXIAS

Sentido Oeste-Leste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	20	17	11	13	22	22	D	D
	2	23	24	8	34	29	16	C	F
	3	17	19	18	0	13	25	F	C
	4	17	13	18	0	13	35	F	B
	5	16	11	8	9	16	20	F	D
	6	18	13	11	29	18	12	F	F
	7	17	14	11	19	16	13	F	F
	8	17	12	11	4	16	27	F	C
	9	14	8	8	4	12	23	F	D
	10	18	15	5	16	24	18	C	D
	11	16	12	29	11	9	17	F	F
	12	25	27	16	16	25	24	C	C
	13	20	19	16	24	19	16	D	F
	14	23	22	26	18	18	23	D	D
	Trecho	261	226	196	197	18	19	E	D
Tarde	1	20	15	11	19	22	20	D	D
	2	23	22	7	17	30	23	C	C
	3	17	14	17	8	14	21	F	D
	4	17	13	18	0	13	35	F	B
	5	16	10	8	0	16	40	F	B
	6	18	11	11	43	17	9	F	F
	7	17	12	11	12	16	18	F	D
	8	17	11	11	0	16	39	F	B
	9	14	7	9	0	11	39	F	B
	10	18	14	5	15	24	19	C	D
	11	16	9	12	15	14	17	F	F
	12	25	21	11	56	29	13	C	F
	13	20	21	12	6	21	25	D	C
	14	23	18	12	46	26	14	C	F
	Trecho	261	198	155	237	20	19	D	D

DUQUE DE CAXIAS

Sentido Leste-Oeste (Entre Dona Leopoldina e Pe. Ibiapina – 2.250,0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Dona Leopoldina	Av. Dom Manuel	250
2	Av. Dom Manuel	Visc. do Rio Branco	190
3	Visc. do Rio Branco	Solón Pinheiro	285
4	Solón Pinheiro	Da Assunção	110
5	Da Assunção	Maior Facundo	155
6	Maior Facundo	Br. Do Rio Branco	75
7	Br. Do Rio Branco	Sen. Pomneu	120
8	Sen. Pomneu	Gen. Samnaio	120
9	Gen. Samnaio	24 de Maio	140
10	24 de Maio	Av. Tristão Gonçalves	110
11	Av. Tristão Gonçalves	Av. Do Imperador	125
12	Av. Do Imperador	Av. Princesa Isabel	135
13	Av. Princesa Isabel	Pe. Mororó	250
14	Pe. Mororó	Pe. Ibiapina	185

DUQUE DE CAXIAS

Sentido Leste-Oeste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	23	26	11	46	26	13	C	F
	2	20	22	9	15	23	19	C	D
	3	25	27	13	13	27	26	C	C
	4	16	14	5	0	19	28	D	C
	5	18	14	8	19	21	17	D	F
	6	14	8	11	5	11	21	F	D
	7	17	12	11	18	16	15	F	F
	8	17	16	17	24	13	11	F	F
	9	18	14	8	4	19	28	D	C
	10	16	10	8	0	16	40	F	B
	11	17	12	15	31	14	11	F	F
	12	17	13	8	17	19	16	D	F
	13	23	24	13	17	25	22	C	D
	14	20	25	13	38	20	11	D	F
	Trecho	261	237	150	247	20	17	D	E
Tarde	1	23	22	12	38	26	15	C	F
	2	20	23	12	10	22	21	C	D
	3	25	24	12	3	28	38	C	B
	4	16	10	6	4	18	28	D	C
	5	18	12	8	22	21	16	D	F
	6	14	10	10	11	11	13	F	F
	7	17	12	10	10	16	20	F	D
	8	17	13	16	41	13	8	F	F
	9	18	13	8	15	20	18	D	F
	10	16	11	8	0	16	36	F	B
	11	17	9	15	56	14	7	F	F
	12	17	16	8	18	19	14	D	F
	13	23	22	13	41	25	14	C	F
	14	20	25	14	41	19	10	D	F
	Trecho	261	222		310	20	15	D	E

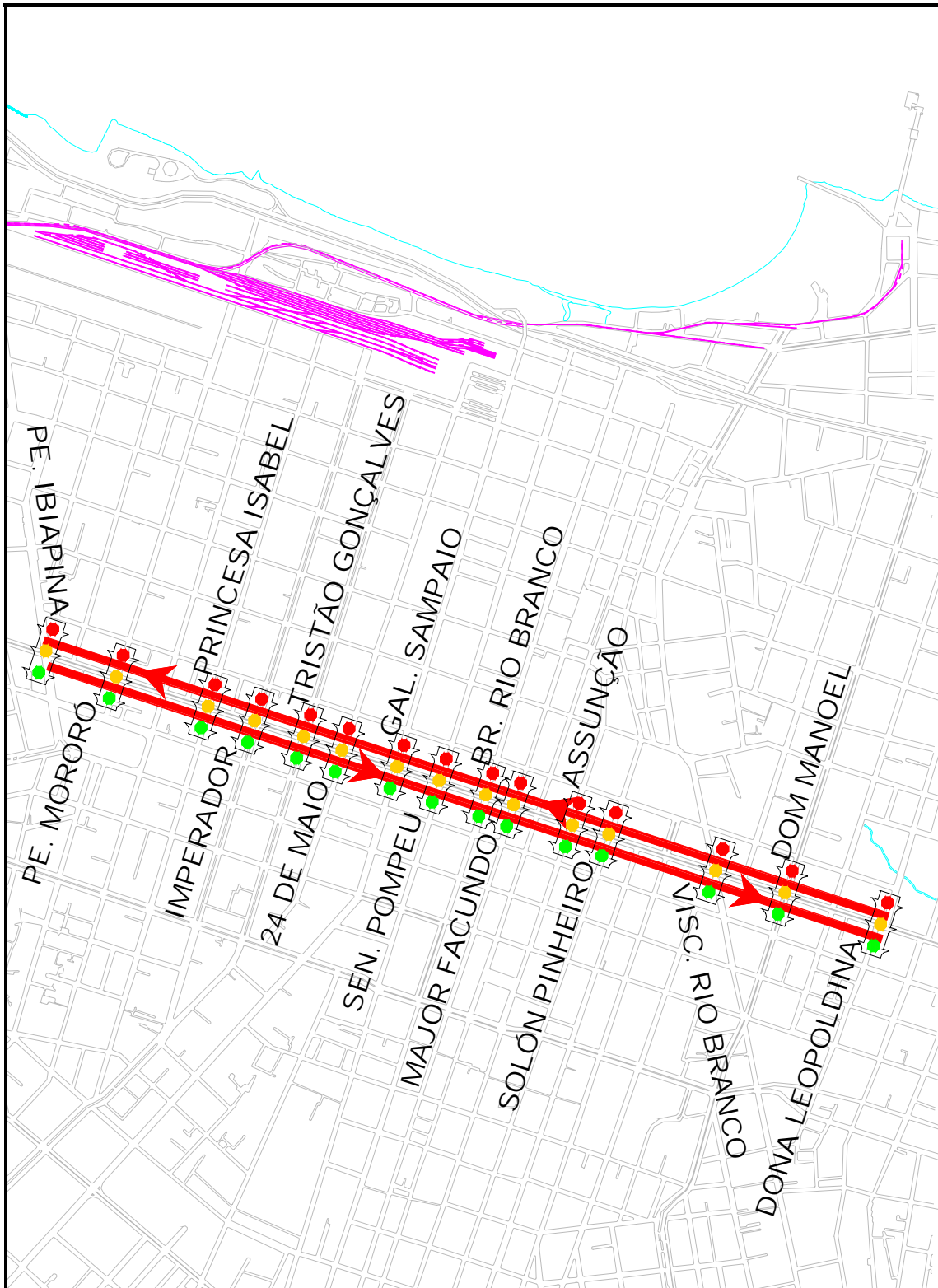


Figura A-11: Trecho e segmentos do corredor Duque de Caxias(Leste-Oeste e Oeste-Leste)

PONTES VIEIRA

Sentido Oeste-Leste (Entre Visc. R. Branco e S. V. Távora – 2.545.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Visconde do Rio Branco	Capitão Gustavo	375
2	Capitão Gustavo	Professor Carvalho	245
3	Professor Carvalho	Rui Barbosa	130
4	Rui Barbosa	Barão de Studart	160
5	Barão de Studart	José Vilar	260
6	José Vilar	Tibúrcio Cavalcante	255
7	Tibúrcio Cavalcante	Oswaldo Cruz	250
8	Oswaldo Cruz	Desembargador Moreira	255
9	Desembargador Moreira	Barbosa de Freitas	125
10	Barbosa de Freitas	Senador Viréflino Távora	490

PONTES VIEIRA

Sentido Oeste-Leste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	29	36	0	5	46	33	A	B
	2	23	22	1	18	38	22	B	D
	3	17	14	1	8	26	21	C	D
	4	19	14	24	49	14	9	F	F
	5	24	25	0	0	39	37	B	B
	6	23	20	0	0	39	46	B	A
	7	23	17	46	52	13	13	F	F
	8	23	23	26	42	19	14	D	E
	9	17	12	1	4	25	28	C	C
	10	35	33	119	107	11	13	F	F
	Trecho	233	216	218	285	20	18	D	D
Tarde	1	29	33	1	0	45	41	A	B
	2	23	21	1	20	38	22	B	D
	3	17	9	2	29	25	12	C	F
	4	19	6	44	72	9	7	F	F
	5	24	28	0	0	39	33	B	B
	6	23	21	1	9	39	31	B	C
	7	23	16	42	69	14	11	F	F
	8	23	20	20	40	21	15	D	E
	9	17	12	2	2	24	32	C	B
	10	35	35	28	56	28	19	C	D
	Trecho	233	201	141	297	25	18	C	D

PONTES VIEIRA

Sentido Leste-Oeste (Entre S. V. Távora e Visc. R. Branco – 2.545.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Senador Virgílio Távora	Barbosa de Freitas	490
2	Barbosa de Freitas	Desembargador. Moreira	125
3	Desembargador Moreira	Osvaldo Cruz	255
4	Osvaldo Cruz	Tibúrcio Cavalcante	250
5	Tibúrcio Cavalcante	José Vilar	255
6	José Vilar	Barão de Studart	260
7	Barão de Studart	Rui Barbosa	160
8	Rui Barbosa	Professor Carvalho	130
9	Professor Carvalho	Capitão Gustavo	245
10	Capitão Gustavo	Visconde do Rio Branco	375

PONTES VIEIRA

Sentido Leste-Oeste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	35	40	1	32	49	25	A	C
	2	17	10	32	36	9	10	F	F
	3	23	23	38	32	15	17	E	E
	4	23	24	1	0	38	38	B	B
	5	23	20	0	11	39	30	B	C
	6	24	20	24	45	20	14	D	E
	7	19	17	0	11	30	21	C	D
	8	17	12	0	7	27	25	C	C
	9	23	18	1	10	38	32	B	C
	10	29	27	14	30	31	24	C	C
	Trecho	233	211	111	214	27	22	C	D
Tarde	1	35	38	2	34	48	25	A	C
	2	17	18	23	55	11	6	F	F
	3	23	23	27	17	18	23	D	D
	4	23	23	1	10	38	27	B	C
	5	23	19	0	0	39	48	B	A
	6	24	16	54	83	12	9	F	F
	7	19	14	1	47	30	9	C	F
	8	17	13	1	1	26	33	C	B
	9	23	20	1	0	38	44	B	A
	10	29	24	11	75	33	14	B	F
	Trecho	233	208	121	322	26	17	C	E

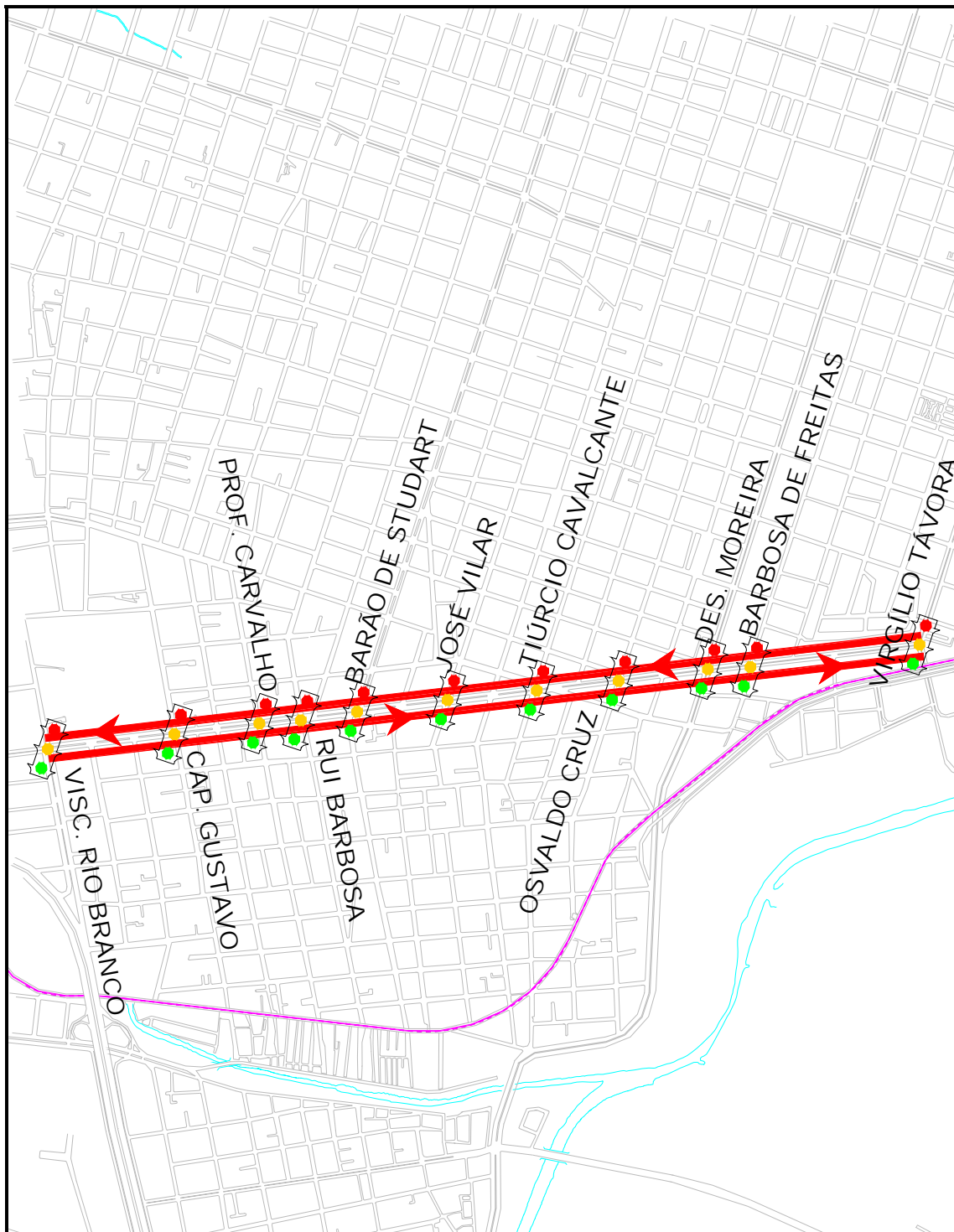


Figura A-12: Trecho e segmentos do corredor Pontes Vieira (Leste-Oeste e Oeste-Leste)

SANTOS DUMONT

Sentido Oeste-Leste (Entre José Vilar e Coronel Jucá – 1.475.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	José Vilar	Tibúrcio Cavalcante	220
2	Tibúrcio Cavalcante	Oswaldo Cruz	225
3	Oswaldo Cruz	Desembargador Moreira	230
4	Desembargador Moreira	Barbosa de Freitas	120
5	Barbosa de Freitas	Leonardo Mota	110
6	Leonardo Mota	Sen. Virgílio Távora	345
7	Sen. Virgílio Távora	Coronel Jucá	225

SANTOS DUMONT

Sentido Oeste-Leste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	22	28	23	42	18	13	E	C
	2	22	19	0	9	36	29	B	C
	3	22	17	9	19	26	23	C	C
	4	17	11	12	0	15	39	E	B
	5	16	10	14	3	13	30	F	C
	6	28	26	5	16	38	30	B	C
	7	22	17	25	32	17	17	E	E
	Trecho	149	128	88	121	22	22	D	D
Tarde	1	22	27	15	21	22	19	D	D
	2	22	20	3	8	32	29	B	C
	3	22	19	17	96	21	7	D	F
	4	17	11	17	56	13	6	F	F
	5	16	10	18	10	12	20	F	D
	6	28	24	7	67	36	14	B	F
	7	22	16	19	63	20	10	D	F
	Trecho	149	127	96	321	22	12	D	F

SANTOS DUMONT

Sentido Leste-Oeste (Entre Cel. Jucá e T. Cavalcante – 1.255.0 m)

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Coronel Jucá	Sen. Virgílio Távora	225
2	Sen. Virgílio Távora	Leonardo Mota	345
3	Leonardo Mota	Barbosa de Freitas	110
4	Barbosa de Freitas	Desembargador Moreira	120
5	Desembargador Moreira	Oswaldo Cruz	230
6	Oswaldo Cruz	Tibúrcio Cavalcante	225

SANTOS DUMONT

Sentido Leste-Oeste – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	22	19	6	20	29	21	C	D
	2	28	26	16	36	29	20	C	D
	3	16	11	15	12	13	17	F	E
	4	17	10	11	24	16	13	E	F
	5	22	19	1	0	36	44	B	A
	6	22	23	5	28	30	16	C	E
	Trecho	163	223	28	59	25	20	C	D
Tarde	1	22	21	7	3	28	34	C	B
	2	28	29	18	36	27	19	C	D
	3	16	12	16	29	12	10	F	F
	4	17	12	16	5	13	25	F	C
	5	22	22	4	0	32	38	B	B
	6	22	25	14	80	23	8	C	F
	Trecho	127	121	75	153	22	16	D	E

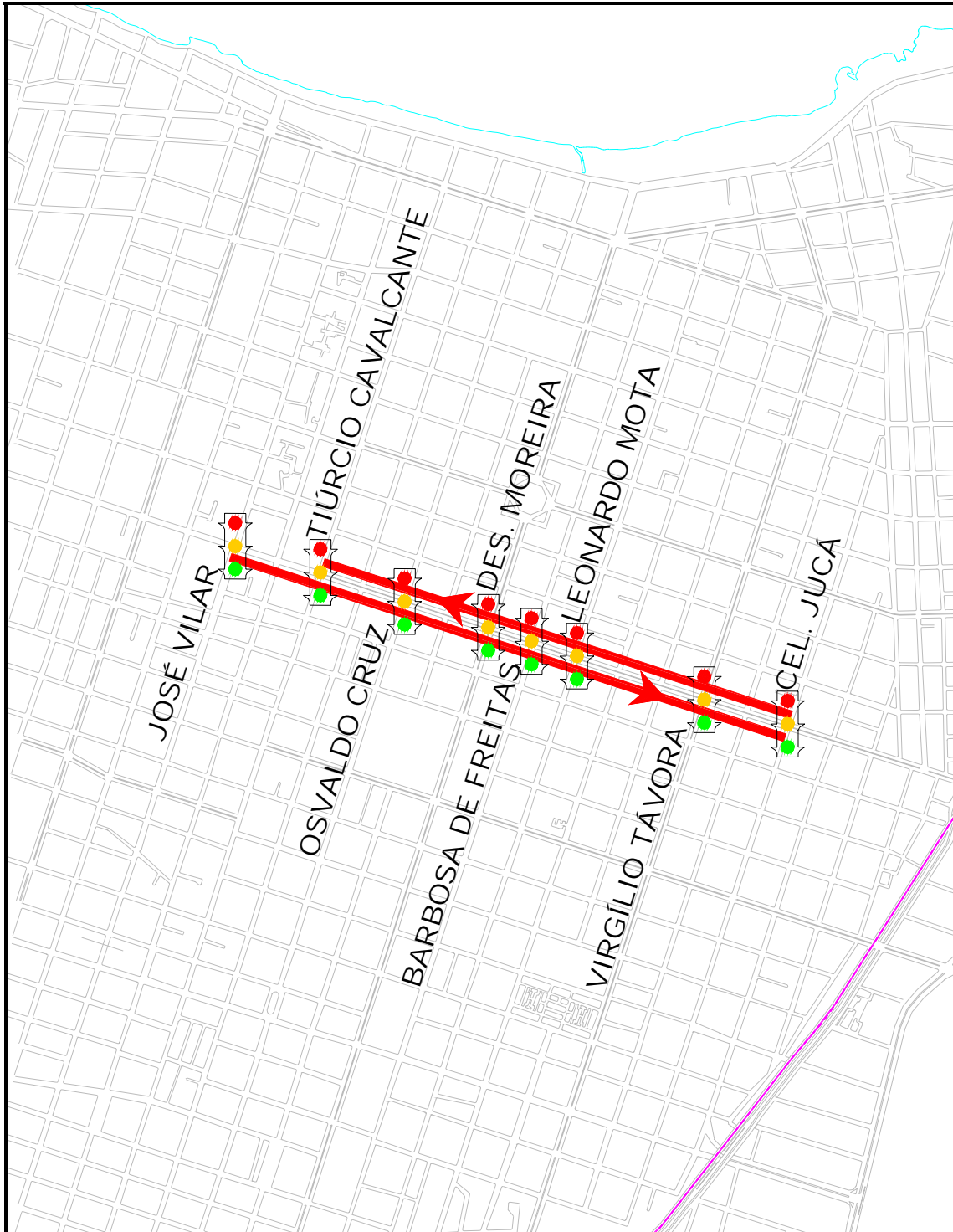


Figura A-13: Trecho e segmentos do corredor Santos Dumont (Leste-Oeste e Oeste-Leste)

VIRGÍLIO TÁVORA**Sentido Sul-Norte (Entre Francisco Goncalves e Abolição – 2.495.0 m)**

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Francisco Goncalves	Antonio Sales	105
2	Antonio Sales	Beni de Carvalho	180
3	Beni de Carvalho	Vicente Linhares	240
4	Vicente Linhares	Pe. Antonio Tomas	225
5	Pe. Antonio Tomas	Eduardo Garcia	230
6	Eduardo Garcia	Desembargador Leite	115
7	Desembargador Leite	Santos Dumont	110
8	Santos Dumont	Dom Luis	350
9	Dom Luis	Canuto de Aguiar	340
10	Canuto de Aguiar	Ana Bilhar	115
11	Ana Bilhar	Antonio Justa	230
12	Antonio Justa	Abolição	255

VIRGÍLIO TÁVORA**Sentido Sul-Norte – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)**

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	16	8	13	42	13	8	F	F
	2	20	17	4	26	28	15	C	E
	3	23	21	2	0	35	41	B	A
	4	22	13	14	78	23	9	C	F
	5	22	21	2	0	35	39	B	B
	6	16	10	1	0	24	41	C	A
	7	16	10	7	48	17	7	E	F
	8	28	29	9	17	34	27	B	C
	9	27	31	2	19	42	24	A	C
	10	16	12	1	0	24	35	C	B
	11	22	22	7	0	28	38	C	B
	12	23	6	31	66	17	13	E	F
	Trecho	251	200	93	296	26	18	C	D
Tarde	1	16	13	19	30	11	9	F	F
	2	20	14	7	32	25	14	C	E
	3	23	20	2	0	35	43	B	A
	4	22	15	13	44	23	14	C	F
	5	22	20	5	10	31	28	C	C
	6	16	11	1	0	24	38	C	B
	7	16	7	8	39	17	9	E	F
	8	28	27	12	16	32	29	B	C
	9	27	31	5	28	37	21	B	D
	10	16	11	7	0	18	38	E	B
	11	22	19	13	13	24	26	C	C
	12	23	15	28	63	18	12	E	F
	Trecho	251	203	120	275	24	19	C	D

VIRGÍLIO TÁVORA**Sentido Norte-Sul (Entre Abolição e Francisco Goncalves – 2.495.0 m)**

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Av. Abolição	Antonio Justa	255
2	Antonio Justa	Ana Bilhar	230
3	Ana Bilhar	Canuto de Aguiar	115
4	Canuto de Aguiar	Av. Dom Luis	340
5	Av. Dom Luis	Av. Santos Dumont	350
6	Av. Santos Dumont	Des. Leite Albuquerque	110
7	Des. Leite Albuquerque	Eduardo Garcia	115
8	Eduardo Garcia	Pe. Antonio Tomás	230
9	Pe. Antonio Tomás	Vicente Linhares	225
10	Vicente Linhares	Beni de Carvalho	240
11	Beni de Carvalho	Av. Antonio Sales	180
12	Av. Antonio Sales	Francisco Goncalves	105

VIRGÍLIO TÁVORA**Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)**

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	23	26	7	9	30	26	C	C
	2	22	18	1	28	36	18	B	D
	3	16	11	2	0	23	38	C	B
	4	27	31	9	4	34	35	B	B
	5	28	26	6	31	37	22	B	D
	6	16	12	0	0	24	33	C	B
	7	16	10	2	0	22	41	D	A
	8	22	17	13	52	24	12	C	F
	9	22	23	2	0	33	35	B	B
	10	23	12	5	91	32	8	B	F
	11	20	17	12	0	20	38	D	B
	12	16	14	6	0	17	27	E	C
	Trecho	251	217	65	215	28	21	C	D
Tarde	1	23	21	12	25	26	20	C	D
	2	22	19	6	22	29	20	C	D
	3	16	10	5	0	19	41	D	A
	4	27	23	11	16	32	31	B	C
	5	28	24	7	11	36	36	B	B
	6	16	16	0	17	24	12	C	F
	7	16	14	5	27	19	10	D	F
	8	22	19	12	12	24	27	C	C
	9	22	18	2	22	34	20	B	D
	10	23	20	8	37	28	15	C	E
	11	20	15	18	15	17	22	E	D
	12	16	17	2	13	21	13	D	F
	Trecho	251	216	88	217	26	21	C	D



Figura A-14: Trecho e segmentos do corredor Virgílio Távora (Sul-Norte e Norte-Sul)

IOSÉ RASTOS**Sentido Norte-Sul (Entre Padre Cícero e Ceará – 2.849.0 m)**

Segmento	Início	Fim	Comp. (m)
1	Padre Cícero	Porfírio Sampaio	235
2	Porfírio Sampaio	Delmiro de Farias	455
3	Delmiro de Farias	José Facanha	880
4	José Facanha	Humberto Monte	100
5	Humberto Monte	Teles de Souza	540
6	Teles de Souza	Ceará	640

IOSÉ RASTOS**Sentido Norte-Sul – Parâmetros Estimados (EST) e Observados (OBS)**

Pico	Segmento	Tempo em Mov. (s)		Atraso (s)		VMP (km/h)		NS	
		EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS
Manhã	1	20	18	7	34	31	16	C	F
	2	33	27	6	2	42	57	B	A
	3	60	50	10	16	45	48	B	B
	4	11	36	7	9	19	8	E	F
	5	39	29	9	0	41	67	B	A
	6	45	47	3	4	49	45	B	B
	Trecho	208	207	42	65	41	38	B	C
Tarde	1	20	22	7	0	32	38	C	C
	2	33	33	6	11	41	37	B	C
	3	60	75	11	18	45	34	B	C
	4	11	8	9	5	18	27	E	D
	5	39	48	12	4	39	37	B	C
	6	45	53	3	7	48	39	B	C
	Trecho	208	239	48	45	40	36	B	C

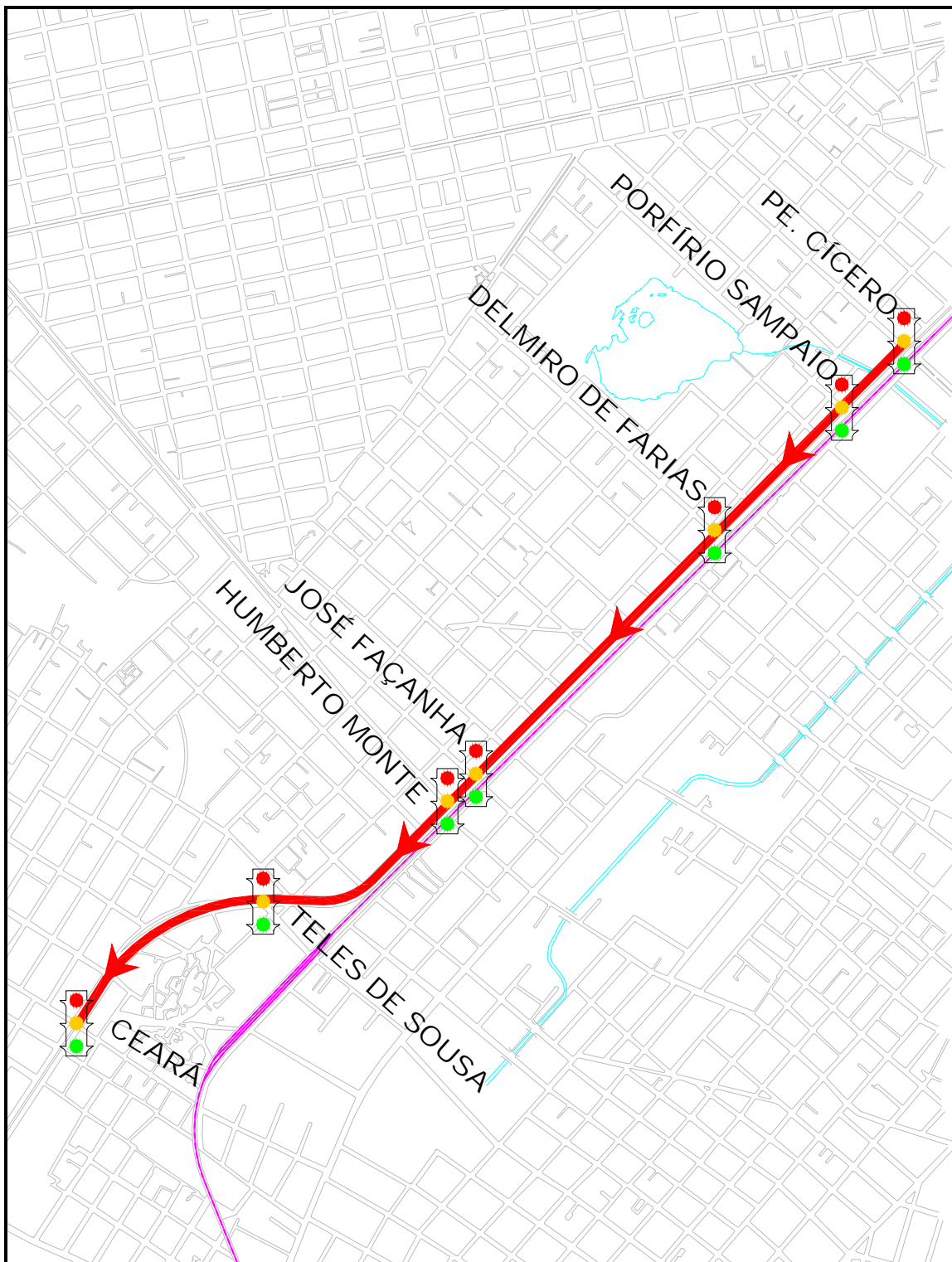


Figura A-15: Trecho e segmentos do corredor José Bastos (Norte-Sul)