

UM PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS OPERACIONAIS
DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO ATRAVÉS DA MICRO-SIMULAÇÃO

Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira

DISSERTAÇÃO DE TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA
COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, Ph.D.

Prof. Marcio Peixoto de Sequeira Santos, D.Sc.

Prof. Marcus Vinicius Quintella Cury , D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2006

TEIXEIRA, EUNICE HORÁCIO DE
SOUZA DE BARROS.

Um Procedimento para Geração de
Alternativas Operacionais de
Gerenciamento do Tráfego Através da
Micro-Simulação. [Rio de Janeiro] 2006.

XI 126p. 29,7cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Engenharia de Transportes, 2006)

Dissertação de Tese – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Micro-Simulação
2. Gerenciamento de Tráfego

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

DEDICATÓRIA

À minha avó Eunice, de quem não apenas herdei o nome,
mas a coragem, a determinação e a fé.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Fred e Teca, todo o meu amor, gratidão, respeito e orgulho, seriam pouco para agradecer o apoio total e absoluto que sempre me deram, não apenas na conclusão da tese, mas nos artigos escritos e publicados, nos congressos apresentados, nos trabalhos das disciplinas, enfim, por estarem presentes em todos os momentos do meu curso de mestrado e principalmente, da minha vida. *Pai, Mãe: se hoje sou mestre devo e agradeço a vocês! Vocês são meus exemplos, meu suporte emocional, meu porto seguro!*

Aos meus irmãos, Dadá e Frê, que sempre me deram força para eu seguir esse caminho, e souberam estar presentes e até mesmo ausentes nas horas certas.

Ao meu orientador, Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, pelo apoio nesses anos no PET, desde a iniciação científica até a conclusão dessa tese. Foram momentos de aprendizado, confiança, diversão, renúncia, cumplicidade e discussões, mas que sem dúvida me ajudaram a tornar-me a profissional que hoje sou.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos professores da banca, Marcio Peixoto de Sequeira Santos e Marcus Vinicius Quintella Cury pela presença, disposição e comentários para enriquecer minha pesquisa.

Aos professores e funcionários do PET, que souberam transmitir seus conhecimentos e ao mesmo tempo tornar tão agradável o ambiente nesses anos de convívio.

Aos meus “anjos da guarda” do LAMIPET, André e Luciano, que sempre me ajudaram nos problemas com as máquinas e com os *softwares* e mais que isso, sempre pude confiar e tornaram-se meus amigos e parceiros de gosto musical.

Aos meus amigos e colegas de turma, obrigada por terem compartilhado tanto aprendizado e desfrutado momentos tão agradáveis nesse curso. Refiro-me não apenas à minha turma de 2004, mas também aos diversos colegas de 2003 e 2005 os quais tive oportunidade de conhecer e cursar algumas disciplinas juntos.

Às minhas amigas Bianca Côrtes e Claudia Hungria, por estarem ao meu lado em todas as etapas desse curso, e principalmente, por me darem a chance de aprender tanto com a

interdisciplinaridade que o curso proporciona, mostrando-me o jeito de ser e a visão tanto de bacharel em letras como de arquiteta, respectivamente, e ampliando meus horizontes de engenheira civil. E pelas horas de conversa e de descontração.

À minha amiga Paula Leopoldino, por todos os momentos que passamos juntas, por ter sido minha co-autora mais freqüente e companheira de ANPET. Que essa amizade que se iniciou na Escola Politécnica cresça cada vez mais. E a todos que contribuíram de alguma forma por esta empreitada de artigos, meu muito obrigado.

Aos meus professores co-autores, Respício Antônio do Espírito Santo Jr. e Ronaldo Balassiano, a minha menção especial por terem me proporcionado desenvolver o gosto pela escrita e ampliar meus horizontes na área de transportes, fazendo-me um pouco especialista de outros assuntos além da minha tese.

Ao Fabio Mendonça e Hernor Moura, da CET-RIO, pelos dados disponibilizados e diversas conversas para esclarecer assuntos relacionados ao meu tema.

A todos da minha família e aos meus amigos que souberam compreender a minha ausência em algumas horas, que me ouviram pacientemente relatar as minhas experiências na área, que sempre estiveram dispostos e prontos a ajudar no que fosse preciso e me deram palavras de ânimo, confiança e incentivo.

Ao Eduardo Cezar Coelho, pela ajuda nas batalhas com o TRAFNETSIM e nas visitas a campo, assim como todos os alunos de iniciação científica que trabalharam comigo e eu pude compartilhar um pouco da minha experiência com o *software*.

Em especial, não poderiam faltar as minhas pupilas, minhas fiéis escudeiras e que chegaram cada uma a seu tempo, mas que foram determinantes. Meu agradecimento à Silvia Leal, Fernanda Cristina e Patrícia Costa. ***Silvinha, Fê e Pat: muito obrigada mesmo!*** Espero ter contribuído um pouco na formação profissional de vocês, pois vocês têm um futuro pela frente e serão engenheiras civis brilhantes, cada uma impondo à profissão suas personalidades.

A Deus, por estar comigo em mais essa jornada! Pois ainda que viessem noites traiçoeiras e se a cruz pesada fosse, Cristo esteve comigo. E o mundo podia até fazer-me chorar, mas Deus me quis sorrindo. **À Ele, toda honra e toda glória !**

Resumo da Dissertação de tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

UM PROCEDIMENTO PARA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS OPERACIONAIS
DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO ATRAVÉS DA MICRO-SIMULAÇÃO.

Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira

Abril/2006

Orientador: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

O interesse em analisar os impactos causados por congestionamentos é de grande importância, dado o número de externalidades que provocam. E uma das situações sistemáticas em que os congestionamentos ocorrem são os incidentes de tráfego, sejam estes previsíveis ou espontâneos. Com a utilização de um micro-simulador de tráfego, as situações de incidentes poderão ser simuladas e o comportamento dos veículos quanto à escolha de suas rotas poderá ser visualizado, demonstrando-se assim, a viabilidade da ocorrência de uma determinada manifestação ou a intervenção proposta em uma situação emergencial, evitando prejudicar a sociedade com soluções ineficientes. O principal objetivo desta pesquisa é apresentar um procedimento para possibilitar a elaboração de alternativas para o tráfego e com isso minimizar uma das causas de congestionamentos nos centros urbanos – o fechamento das vias em dias de incidentes, servindo de auxílio para a tomada de decisão dos gerenciadores e planejadores dos transportes quanto a alternativas de gerenciamento de tráfego. Assim como visa propagar o conceito da micro-simulação e é apresentada uma aplicação do procedimento através de um estudo de caso no centro da cidade do Rio de Janeiro.

Abstract of Thesis 's Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

A PROCEDURE FOR GENERATION OF OPERATIONAL ALTERNATIVES OF
TRAFFIC MANAGEMENT THROUGH THE MICRO-SIMULATION

Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira

April/2006

Advisor: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Department: Transportation Engineering

The interest in analyzing the impacts caused by traffic jams is of highest importance, because it has a lot of consequences. Traffic incidents can be one of the systematic situations for traffic jams, whether they're predictable or not. Using a micro-simulator of traffic, not only emergency situations but also the intervention in case something unusual happens can be foreseen and consequently avoid inefficient solutions, that will only cause harm to society. This paper aims to show the possibility of using a procedure to minimize one of the downtown traffic jams causes – street modifications in incident days serving as aid for managers and planners of the transports to take decisions, as well as to spread the micro-simulation concept. It also presents solutions for developing traffic management in the city centre of Rio de Janeiro, taking a specific case as an example.

ÍNDICE DO TEXTO

1.	CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa e Relevância do Trabalho	1
1.2	Objetivo	4
1.3	Estrutura do Trabalho	5
2	CAPÍTULO 2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA	7
2.1	Políticas de Redução de Congestionamento	8
2.2	Políticas de Manutenção do Nível de Congestionamento Aceitável.....	11
2.3	A Influência do Congestionamento na Realização de Viagens.....	14
2.4	Métodos de Apoio à Tomada de Decisão	15
2.5	Caracterização do Estudo	16
3	CAPÍTULO 3 - ESTADO DA ARTE	18
3.1	Sistemas Especialistas	18
3.1.1	Sistemas Especialistas em Engenharia de Transportes.....	20
3.2	Incidentes.....	21
3.2.1	Conceitos Básicos	21
3.2.2	Gerenciamento de incidentes no Mundo	23
3.2.3	Gerenciamento de Incidentes no Brasil	28
3.3	Alocação de Tráfego.....	31
3.4	Simulação de Tráfego	32
3.4.1	Definição e Conceitos de Simulação	33
3.4.2	Vantagens e Limitações.....	34
3.4.3	Classificação de Simuladores	35
3.4.4	Os modelos TRAFNETSIM e TRANSYT	44
3.4.5	Definição do modelo de simulação.....	45
3.5	Procedimentos Atuais na Ocorrência de Incidentes – Rio de Janeiro	46
4	CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTO PROPOSTO	55
5	CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO – CENTRO DO RIO DE JANEIRO..	77
6	CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	111
6.1	Considerações Finais	111
6.2	Conclusões.....	112
6.3	Recomendações	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. TENDÊNCIA DO CONGESTIONAMENTO NA HORA DE PICO SEGUNDO GRUPOS DE POPULAÇÃO AMERICANA.....	12
FIGURA 3.1. ARQUITETURA BÁSICA DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	19
FIGURA 3.2. SALA DO CENTRO DE CONTROLE DE TRÁFEGO POR ÁREA.....	47
FIGURA 4.1. – EXEMPLO DA CONTAGEM CLASSIFICADA RELATIVA À FILMAGEM DA INTERSEÇÃO DA AVENIDA RIO BRANCO X AVENIDA PRESIDENTE VARGAS.	64
FIGURA 4.2. – JANELA DE INTRODUÇÃO DOS NÍVEIS DE SERVIÇO REQUERIDOS PARA A ANÁLISE	69
FIGURA 4.3. – JANELA DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.....	74
FIGURA 4.4. – COMPARAÇÃO DOS DIVERSOS CENÁRIOS – RESULTADO DE UMA DAS VARIÁVEIS (VELOCIDADE) EM UMA DETERMINADA VIA DO MODELO.....	75
FIGURA 4.5. – FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO PARA DESENVOLVER ALTERNATIVAS DE TRÁFEGO EM CENTROS URBANOS DEVIDO À INCIDENTES.....	76
FIGURA 5.1. PASSEATA PELA AVENIDA RIO BRANCO.....	80
FIGURA 5.2. – MANIFESTAÇÃO DE VANS NA AVENIDA PRESIDENTE VARGAS	81
FIGURA 5.3. - LOCALIZAÇÃO DA AVENIDA RIO BRANCO, BASE DIGITALIZADA DO MUNICÍPIO DO RJ.....	82
FIGURA 5.4. – LOCALIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS VIAS DO MODELO – REGIÃO CENTRO DO RJ.	82
FIGURA 5.5. – AVENIDA RIO BRANCO X RUA SÃO BENTO.....	86
FIGURA 5.6. – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTAGEM DO FLUXO DE TRÁFEGO.....	87
FIGURA 5.8. – CROQUI REFERENTE AOS GRUPOS SEMAFÓRICOS DE UMA INTERSEÇÃO DO MODELO.....	89
FIGURA 5.9. – EXEMPLO DE FORMATO DE PLANO SEMAFÓRICO.....	90
FIGURA 5.10. – TRECHO DA CONFIGURAÇÃO VIÁRIA MONTADA SOBRE IMAGEM DA ÁREA DE ESTUDO.....	91
FIGURA 5.11. – INTERSEÇÕES AVENIDA RIO BRANCO X RUA DOM GERARDO, AVENIDA RIO BRANCO X RUA SÃO BENTO E RUA SÃO BENTO X RUA DOM GERARDO EM FASES SEMAFÓRICAS DISTINTAS.	92
FIGURA 5.12. COMPOSIÇÃO DE NÓS DE UMA INTERSEÇÃO: AV. RIO BRANCO X AV. PRES. VARGAS.....	93
FIGURA 5.13. INTERSEÇÃO QUE POSSUI SEMÁFORO COM GIRO RETIDO: AVENIDA RIO BRANCO X AVENIDA ALMIRANTE BARROSO	94
FIGURA 5.14. – ÁREA DESTINADA AOS PONTOS DE TÁXIS.....	94
FIGURA 5.15. – JANELA DE ENTRADA DOS DADOS DOS NÓS.....	96
FIGURA 5.16. – JANELA DE ENTRADA DOS DADOS DOS LINKS.....	96

FIGURA 5.17. – JANELA DE ENTRADA DOS DADOS DOS SEMÁFOROS.....	97
FIGURA 5.18. – VISUALIZAÇÃO DAS ROTAS DE ÔNIBUS	99
FIGURA 5.19. – MAPEAMENTO DAS CÂMERAS DE VÍDEO DO CENTRO DO RIO DE JANEIRO.	101
FIGURA 5.20. – DETALHE DAS CÂMERAS UTILIZADAS NA CALIBRAÇÃO – CÂMERA DA AVENIDA PRESIDENTE WILSON E CÂMERA DA AVENIDA RIO BRANCO.....	101
FIGURA 5.21 – CROQUI DA INTERSEÇÃO DA COLETA DE DADOS	102
FIGURA 5.22 – CONTAGEM DE CAMPO CLASSIFICADA – TAMANHO DA FILA REAL	102
FIGURA 5.23 – CONTAGEM DE CAMPO CLASSIFICADA – TAMANHO DA FILA SIMULADA	103
FIGURA 5.24 – EXEMPLO DE RESULTADOS DE SAÍDA	108

INDICE DE TABELAS

TABELA 3.1. – DADOS DE ACIDENTES CRT AP 1 – PERÍODO: ANO DE 2000.....	51
TABELA 3.1. – DADOS DE ACIDENTES CRT AP 1 – PERÍODO: ANO DE 2000.....	52
TABELA 4.2. – NÍVEIS DE SERVIÇO RELACIONADOS AO ATRASO POR VEÍCULO.	69
TABELA 5.1. EXEMPLO DE TABULAÇÃO DE DADOS DA PESQUISA DE CAMPO.	89
TABELA 5.2. RESUMO DAS VIAS SELECIONADAS	104
TABELA 5.3.: RESUMO DOS CENÁRIOS CONFIGURADOS NO MODELO.....	106
TABELA 5.4. – QUADRO RESUMO DA VELOCIDADE MÉDIA DE TODOS OS VEÍCULOS NOS LINKS SELECIONADOS EM CADA UM DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.	108
TABELA 5.5. – QUADRO RESUMO DO ATRASO PARADO MÉDIO DE TODOS OS VEÍCULOS NOS LINKS SELECIONADOS EM CADA UM DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.	109
TABELA 5.6. – QUADRO RESUMO DO TEMPO DE VIAGEM MÉDIO DE TODOS OS VEÍCULOS NOS LINKS SELECIONADOS EM CADA UM DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.	109

1 CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O funcionamento eficiente de qualquer sociedade depende criticamente dos seus diversos tipos de rede, sejam as de fornecimentos de água, de energia, de canalizações, de comunicações e, é claro, de transportes. A importância dos transportes é talvez mais bem apreciada em situações onde os mesmos são severamente interrompidos, por exemplo, como o terremoto ocorrido em Kobe, no Japão, em janeiro de 1995.

As fontes potenciais de interrupção de uma rede de transportes são inúmeras, variando em um extremo desde desastres naturais ou artificiais (como terremotos, enchentes, ataques terroristas, colapsos de túneis ou pontes e outros acidentes de grande porte), até o outro extremo com eventos rotineiros (como manutenção de vias, veículos mal estacionados e colisões de menor porte). A escala, o impacto, a frequência e as características de cada um desses eventos sofre grande variação. Enquanto pouco pode ser feito em relação a sua escala, frequência e características – sobretudo avaliando os desastres naturais, é possível projetar e gerenciar uma rede de transportes a fim de minimizar as interrupções que cada um desses eventos pode causar.

Esses eventos são abordados especificamente nessa pesquisa como sendo os incidentes de tráfego que causam interrupções totais ou parciais na circulação da rede do sistema de transportes.

1.1 Justificativa e Relevância do Trabalho

De acordo com POYARES (2000) existe um reconhecimento da necessidade de considerar as estratégias de tráfego dentro de uma estrutura global de política urbana e planejamento integrado ao sistema de transporte devido ao crescimento desordenado do tráfego, que tem como conseqüências congestionamentos e queda da qualidade de vida.

Os congestionamentos são cada vez mais extensos em tamanho e duração; as condições ambientais são sistematicamente degradadas e as elevadas ocorrências de acidentes de trânsito são manifestações concretas desses impactos.

A causa destes congestionamentos se deve a diversos fatores e que têm relação direta com dois: a capacidade das vias e o número de veículos em circulação. A capacidade de expansão do sistema viário é limitada e as técnicas de engenharia de tráfego não são, por si só, suficientes para manter a boa fluidez aos grandes contingentes de veículos nos grandes centros. Nenhuma solução sozinha irá permitir a distribuição da mobilidade irrestrita em todos os lugares e em qualquer hora do dia sem comprometer a segurança, o meio ambiente ou outras conseqüências.

Nos dias de hoje, os problemas mais sérios de congestionamento enfrentados pelos centros urbanos resultam, em muitos casos, de reflexos mal dimensionados de intervenções urbanísticas sobre o sistema de transportes. Dada a complexidade que, em geral, caracteriza o funcionamento dos centros urbanos, a avaliação ex-ante do impacto de intervenções urbanísticas de grande escala sobre o desempenho do sistema de transportes, só pode ser efetuada, com um mínimo de segurança, através do uso de programas computacionais (LINDAU *et al*, 2004).

De acordo com a Pesquisa de Passageiros CNT 2002, cerca de 70% do tráfego que circula nos principais corredores de transporte no Brasil é composto por automóveis ou utilitários leves e 14% por ônibus.

O tempo gasto nos deslocamentos casa/trabalho/casa, quando se torna excessivo, provoca perda de produtividade para as pessoas. Um tempo de viagem superior a 40 minutos causa redução na produtividade e para elucidar, cada hora diária em congestionamento em uma vida laboral de 35 anos representa 1 ano de vida perdida no congestionamento (IPEA *apud* CNT, 2002).

Tal perda pode ser mensurada em termos de custos. O tempo perdido por passageiros em congestionamentos severos representa um custo anual de R\$ 262 milhões de reais, sendo R\$ 58,46 milhões na cidade do Rio de Janeiro. Pode-se ainda medir este custo através da quantidade de combustível desperdiçado em congestionamentos. A cidade do Rio de Janeiro perde R\$ 28,65 milhões em consumo devido a este motivo (IPEA *apud* CNT, 2002).

Uma alta dependência de veículos particulares pode retardar o desenvolvimento econômico. Somente na Europa os custos de congestionamento atingem 120 bilhões de

Euros por ano (ANNER, 2000) e esse fato pode também ser observado em outros locais. De acordo com SCHRANK e LOMAX (2005), apesar da diminuição da taxa de crescimento nos empregos e viagens em 2003, nos EUA, os congestionamentos causaram 3,7 bilhões de horas de atraso de viagem e 8,7 bilhões de litros de combustível desperdiçado, um aumento de 79 milhões de horas e 261,2 milhões de litros desde 2002 com um custo total superior a US\$63 milhões. As soluções para esse problema requerem comprometimento de iniciativas públicas e privadas para elevar os níveis de investimento e identificar projetos, programas e políticas que consigam atingir metas de mobilidade.

Algumas externalidades causadas pelos congestionamentos aqui apresentadas, tais como as conseqüências econômicas, sociais e ambientais, mostram a importância de estudos a fim de minimizar tais ocorrências. Algumas pesquisas foram desenvolvidas à procura de soluções para os congestionamentos, tais como, restrições ao tráfego, alterações na operação viária, supressão de acessos, rodízios de veículos, vias inteligentes, incentivo ao uso do transporte coletivo, etc.

Desta forma, esta pesquisa busca uma forma de redução dos congestionamentos em dias de incidentes fornecendo alternativas de gerenciamento de rotas de tráfego nestas situações. Para tal é essencial conhecer as alternativas de ferramentas disponíveis no auxílio da tomada de decisão. São destacadas algumas destas ferramentas: técnicas analíticas e matemáticas de fluxos em redes, técnicas determinísticas, programação matemática, teoria das filas, técnica de inteligência artificial e simuladores de tráfego, dentre outros.

Nas **técnicas analíticas e matemáticas de fluxos em redes** procura-se chegar a fórmulas, sistemas de equações, gráficos ou heurísticas para estimação de medidas de desempenho a partir de interações estabelecendo correlações com as variáveis explicativas do fenômeno; já as **técnicas determinísticas** possuem duas abordagens: a primeira tem um caráter mais empírico, determinando-se as variáveis de interesse através de resultados oriundos de experiências acumuladas, práticas disponíveis e observações de campo e a segunda expressa correlações entre as variáveis de interesse e as explicativas.

É através de uma função objetivo, que a **programação matemática** expressa uma

grandeza que se pretende maximizar ou minimizar como função de algumas variáveis independentes, sendo o sistema submetido a um conjunto de restrições representadas por inequações; a **teoria das filas** é utilizada na modelagem dos sistemas em que as entidades chegam aleatoriamente, necessitam de diversos períodos de tempo para serem atendidas e possam esperar em fila até serem servidas; por meio da **técnica de inteligência artificial**, objetiva-se organizar e sistematizar conhecimentos heurísticos existentes para a resolução de problemas específicos e a base do conhecimento está focada em informações apropriadas adquiridas de pessoas especialistas) e por fim os **simuladores de tráfego** que permitem analisar projeções e visam o desempenho e a otimização dos sistemas.

A técnica escolhida e utilizada nesta pesquisa é a simulação, dado que a simulação de tráfego vem sendo, a cada dia, uma ferramenta mais freqüente na Engenharia de Tráfego, pois elimina a necessidade de testes de campo caros, que demandam tempo, apresentam riscos e são, muitas vezes, impossíveis de serem realizados; fornece a oportunidade de testar novas estratégias ou alternativas de gerenciamento de viagens antes da sua implementação de fato; e representa ambientes de tráfego que mudam com o tempo, como volumes de tráfego e incidentes que causam congestionamentos (MAIOLINO e PORTUGAL, 2001).

A influência de eventos no tráfego, segundo relatório final desenvolvido pela FHWA em parceria com *Cambridge Systematics Inc.* e *Texas Transportation Institute* (2004), adicionados aos problemas de capacidade física das vias, podem ter um efeito maior relacionado aos fluxos de tráfego. Estes eventos incluem incidentes de tráfego como colisões e quebras de veículos; área de trabalho nas vias; mau tempo; eventos especiais e ainda tempos semaforicos mal programados. Quando esses eventos ocorrem, o impacto principal é que diminui a capacidade física da via. Os eventos também podem causar mudanças na demanda do tráfego fazendo com que os usuários repensem suas viagens.

1.2 Objetivo

O objetivo desta pesquisa é a apresentação de um procedimento para possibilitar a elaboração de alternativas para o tráfego em centros urbanos de cidades de médio e grande porte devido à ocorrência de incidentes na rede viária. O trabalho visa, através

de tal procedimento, gerenciar os incidentes de tráfego e reduzir as suas conseqüências, podendo ser utilizado em diversas situações de ocorrência dos mesmos, e deve ser executado a fim de se obter regras de como agir em determinadas situações adversas.

Pretende-se, como planejador de transportes, gerenciar um problema sistemático de tráfego urbano – os congestionamentos decorrentes de quaisquer incidentes nas vias, utilizando-se soluções de engenharia de tráfego, algumas premissas de desenvolvimento de um sistema especialista e uma técnica aprimorada, com a implantação de um modelo de micro-simulação de tráfego.

Espera-se com esse trabalho, divulgar o uso e a importância da simulação de tráfego e, ainda, mostrar a possibilidade de utilizar-se de uma combinação de simuladores para suprir as deficiências de um ou outro.

1.3 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 1, é apresentado o objetivo da dissertação de tese, assim como uma breve descrição do assunto a ser tratado na mesma.

No Capítulo 2, são apresentadas considerações gerais sobre os congestionamentos, tanto suas medidas de redução, como as que estão sendo chamadas de manutenção do nível de congestionamento aceitável; visto que o tema aborda os incidentes nas vias, e uma de suas principais conseqüências imediatas são os congestionamentos. Além disso, a pesquisa trata de como agir em tais situações, tendo nas medidas de apoio à tomada de decisão um respaldo teórico. Para finalizar o capítulo, uma caracterização do estudo é apresentada com essa conexão entre os tópicos e o tema do mesmo.

No Capítulo 3, é feita uma revisão teórica conceitual a partir das literaturas disponíveis sobre os principais conceitos empregados no desenvolvimento do procedimento criado. Uma ênfase maior é dada às ferramentas de simulação, especificamente aos modelos de simulação de tráfego. São apresentadas considerações mais detalhadas dos simuladores TRAFNETSIM e TRANSYT, ambos utilizados na pesquisa, expondo suas principais funções, usos e características pertinentes. Os conceitos de gerenciamento de incidentes e alocação de tráfego completam a fundamentação bibliográfica.

No Capítulo 4, apresenta-se o procedimento proposto, objetivando a criação de uma rotina baseada em conceitos de sistemas especialistas para o caso de incidentes em centros urbanos de cidades de médio e grande porte.

No Capítulo 5, o procedimento é aplicado em um estudo de caso. Foi demonstrada a utilização dos simuladores na área de estudo, assim como o levantamento dos dados de entrada requeridos pelos programas e os artifícios aplicados para que fosse atingido um modelo mais próximo da realidade. Além disso, há a definição dos vários cenários ou hipóteses propostas. Os resultados das simulações foram apresentados, com base nos critérios dos dados de saída dos diversos processamentos de alternativas.

No Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais em relação ao exposto, algumas conclusões assim como recomendações.

Finalmente, este trabalho apresenta dois anexos. O anexo 1 refere-se à listagem de todas as interseções utilizadas na pesquisa de campo do estudo de caso e o anexo 2 é a resolução da Secretaria Municipal de Transportes relativa ao procedimento legal de interdição de vias públicas.

2 CAPÍTULO 2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA

Os eventos que causam redução da capacidade viária e descontinuidade do fluxo de tráfego são abordados especificamente nessa pesquisa como sendo os incidentes de tráfego que causam interrupções totais ou parciais na circulação da rede do sistema de transportes. A maneira proposta para minimizar seus efeitos é através de um procedimento para tais situações emergenciais. No entanto, no que diz respeito às redes de transportes em algumas cidades, a situação de incidente somente agrava um problema já existente de saturação das vias, visto que a concepção de seus sistemas já está equivocada, oferecendo aos usuários serviços de baixa qualidade.

Segundo PORTUGAL (1980), a qualidade de serviço oferecida pelo sistema viário depende da eficiência de cada um dos vários usos. Quando eles se completam harmonicamente, os benefícios globais são ainda maiores e os prejuízos relacionados aos acidentes e congestionamentos são reduzidos. Assim, para os locais e períodos onde ocorrem conflitos entre os usos, é fundamental escolher para a via pública o uso mais essencial e que atenda às necessidades reais da coletividade.

A interseção viária é tida como o elemento crítico das redes urbanas, pois limita a capacidade das vias e causa atrasos aos veículos. Interseções mal projetadas, com sinalização mal regulada, dentre outros, tornam-se fontes de congestionamentos no tráfego. Vários métodos de observações de campo e técnicas de modelagem computacionais têm sido utilizados e implementados para avaliar, em termos de filas e atrasos, o nível de congestionamento das interseções semaforizadas (SAITO *et al*, 2001).

Algumas alternativas de políticas de redução de congestionamentos podem ser grandes aliadas na melhoria operacional do uso das vias, uma vez que em sua maioria, são medidas voltadas à mobilidade e acessibilidade dos sistemas de transportes. No entanto, devido à constância de ocorrência dos congestionamentos viários nos últimos tempos, SCHRANK e LOMAX (2005) consideram a possibilidade de não mais pensar em reduzir os níveis de congestionamento, mas apenas impedi-los de aumentar. Estas duas

abordagens para o tratamento de congestionamentos são brevemente apresentadas, e na seqüência como os níveis de congestionamento influenciam a realização de viagens. Tendo sido apresentada a possibilidade de decisão do usuário em realizar suas viagens, o tópico da tomada de decisão relativa aos planejadores e gestores do sistema de transportes aparece na seqüência.

2.1 Políticas de Redução de Congestionamento

O que se convencionou chamar de políticas de redução de congestionamento, trata-se da busca de alguns conceitos e experiências que obtiveram êxito em alguns lugares do mundo. Estas políticas aliadas às técnicas tradicionais da engenharia de tráfego, podem obter resultados satisfatórios na diminuição dos níveis de congestionamento.

A maioria dos países industrializados experimentou um acréscimo substancial na posse de automóveis nas últimas duas décadas, resultando rapidamente em um aumento no total de viagens nas vias de veículos particulares e um absoluto declínio no uso do transporte público. BONSANEL (2000) *apud* STOPHER (2004) nota que, no Reino Unido, a taxa de possuidores de automóveis teve um grande aumento, pois enquanto em 1960 apenas 30% da população possuía automóvel, em 1995 essa taxa subiu para 70%. Nos EUA, em 2000, os donos de veículos já excediam a média de um automóvel por cada permissão/licença adquirida para dirigir em muitas áreas urbanas.

Modelos similares do crescimento e uso dos veículos particulares são evidentes em outros lugares do mundo. Com essa explosão da posse de automóveis, tornou-se óbvia a conseqüência – um escalonamento de vias congestionadas. Em resposta a isso, as políticas de transportes têm se focado em políticas de redução dos congestionamentos.

De acordo com STOPHER (2004), os mecanismos de redução de congestionamento são diversos – incluem desde o incremento do uso da carona programada (um exemplo de uma das políticas de gerenciamento da mobilidade), incentivo ao uso do transporte público, fornecimento de faixas de alta ocupação de veículos em várias vias, entre outros. O autor ainda ressalta que mais recentemente, Londres introduziu o pedágio urbano para sua área central, em um esforço de reduzir os níveis de congestionamento do centro da cidade. Algumas dessas medidas são descritas na seqüência.

- **Moderação de Tráfego (*Traffic Calming*)**

Esta técnica, desenvolvida na Europa, vem sendo adotada em diversos países tais como: Grã-Bretanha, Alemanha, França, Holanda e Austrália. As medidas de moderação de tráfego objetivam reduzir a velocidade do tráfego e/ou diminuir seu volume a fim de melhorar a qualidade de vida nas cidades e, especialmente a segurança no trânsito. Através de um conjunto de medidas físicas, a técnica procura redesenhar a rua, incluindo tratamento paisagístico e uso de materiais de diferentes cores e tamanhos que privilegiem o pedestre. A moderação de tráfego envolve, principalmente, medidas de gerenciamento de tráfego tais como mudança no sentido do fluxo de veículos e a implantação de medidas físicas, todavia pode incluir ainda a educação e o estímulo ao esforço legal (CABRAL, 2004).

Outra definição, citada por LOCKWOOD (1997) *apud* FHWA (2004), diz que o *traffic calming* é a combinação das principais medidas físicas que reduzem os efeitos negativos do uso do motor de automóveis, do comportamento alterado dos motoristas e ainda melhora as condições do tráfego não-motorizado.

- **Carona Programada/ Transporte Solidário / Transporte Compartilhado**

A carona programada ou transporte solidário é outra medida utilizada para minimizar o congestionamento, sendo comum em muitos países, embora pareça adverso à realidade brasileira. VASCONCELLOS *apud* CABRAL (2004) aponta características deste sistema que dificultam sua implantação nos países em desenvolvimento, dentre elas, o fato desta medida limitar horário e trajetos.

Os propósitos principais são: contribuir para a diminuição dos congestionamentos de tráfego perto de seus locais de trabalho e facilitar a demanda nos limitados locais de estacionamento. Uma dessas medidas que buscam a redução de veículos nas vias e conseqüente liberação das mesmas, mas que não é exatamente um transporte solidário, pois não é um serviço gratuito, é o chamado *car sharing*. Este compartilhamento do automóvel trata-se de uma espécie de um clube em que se paga o serviço de utilização de um automóvel, recebendo uma chave personalizada de acesso aos veículos e a lista da disponibilidade de automóveis em sua cidade.

O *car sharing* pode ser uma opção importante nos maiores centros urbanos, ao menos enquanto não houver solução imediata para todos os problemas de tráfego e de qualidade de ar. Apesar de iniciado na Europa, os EUA já admitem esse sistema, e além de algumas cidades como Seattle e Washington – DC, que sempre apoiaram o funcionamento do sistema de *car sharing*, outras como Philly e Berkeley estão substituindo parte da frota de suas cidades por *car sharing* e ainda outras cidades disponibilizam áreas de estacionamento próprio para *car sharing*, tanto nas vias como em outras áreas específicas (CARSHARING, 2006).

- **Controle de Tráfego Urbano**

A solução habitual para o problema dos congestionamentos é a expansão física das vias, que, apesar de produzir um aumento imediato na capacidade da malha viária, pode ter conseqüências negativas como a redução de áreas verdes ou de lazer, degradando a qualidade de vida dos habitantes nos centros urbanos. Além disso, este tipo de solução exige investimentos elevados. Para melhor utilizar o sistema viário, várias medidas alternativas à ampliação das vias têm sido tomadas, dentre elas está a implantação de sistemas de controle de tráfego urbano, tendo como principal objetivo a otimização do uso da infra-estrutura viária. Esses sistemas buscam, por meio de sincronismo e eficiência no controle de sinais de tráfego, gerenciar o fluxo de veículos na malha viária, minimizando o problema de congestionamento urbano e suas conseqüências.

Além dos sistemas dedicados à redução de congestionamentos, também existem sistemas de controle eletrônico de velocidade que são empregados com a finalidade de melhorar as condições de segurança para motoristas e pedestres. Os avanços tecnológicos e o desenvolvimento dos Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) nas últimas duas décadas fizeram com que houvesse um crescimento nos níveis de automação de processos de controle de tráfego (PEREIRA *et al*, 2005). A possibilidade da coleta e utilização de dados de uma maneira automatizada pode vislumbrar a criação de um banco de dados de tráfego e, além disso, facilita a disseminação de informações em tempo real para os usuários.

Segundo OLIVEIRA (1997), a eficiência do sistema viário urbano pode ser substancialmente melhorada através de uma adequada operação de suas interseções semaforizadas e que o controle sobre o tráfego pode ser exercido através de diversas

abordagens de estratégias, tipicamente de dois tipos: operações em tempo fixo e operações em tempo real.

Uma pesquisa realizada em cidades brasileiras das regiões Sul e Sudeste sobre as estratégias de coordenação empregadas, descrita por DUTRA e DEMARCHI (2004) *apud* LINDAU *et al* (2004), demonstrou especialmente para os municípios de porte médio que somente 13% utilizam *software* para definir planos de coordenação nos semáforos monitorados por centrais. Para os demais corredores semaforizados, cerca de 27% utilizam o procedimento manual do Diagrama Espaço-Tempo, 36% realizam repetidos ajustes locais através da observação do tráfego, 14% utilizam veículos- teste e 23% não adotam nenhum esquema de coordenação.

2.2 Políticas de Manutenção do Nível de Congestionamento Aceitável

Os níveis de congestionamento estão cada vez piores nos Estados Unidos, destacando o problema da falta de confiabilidade em relação ao tempo de viagem, e segundo o relatório final sobre Confiabilidade e Congestionamento do Tráfego (CAMSYS, 2004), existem diversas estatísticas que apontam essa tendência de aumento dos níveis de congestionamento em todo o país, incluindo cidades de pequeno porte. Há uma maior extensão dos congestionamentos, os quais estão se estendendo por mais tempo durante o dia, localizando-se em mais vias e aumentando o tempo de viagem excedente.

Os níveis de congestionamento aumentaram em cidades de todos os tamanhos desde 1982, indicando que mesmo áreas menores não estão aptas a permanecer tranquilas com o incremento de demanda. A figura 2. 1 mostra a tendência seguida por 75 centros urbanos nos Estados Unidos. O índice de tempo de viagem é a medida da quantidade total de congestionamento dado pela relação do tempo de viagem no período de pico em um dia da semana com o tempo de viagem sob condições ideais. O índice de viagem de 1.3 indica que a viagem no período de pico demora 30% a mais que em condições ideais. Os grupos de população estão segmentados em muito grande (representam mais de três milhões de habitantes), grande (de um a três milhões), médio (500 mil a um milhão) e pequeno (menos de 500 mil).

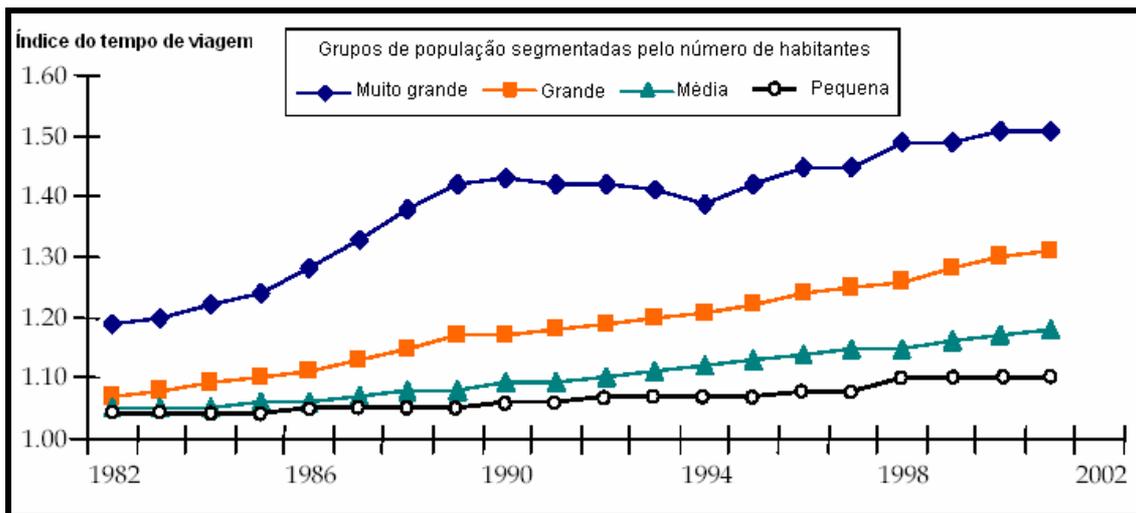


Figura 2.1. Tendência do congestionamento na hora de pico segundo grupos de população americana.

Fonte: CAMSYS, 2004.

Os grandes congestionamentos costumavam significar o horário de entrada ou saída das principais atividades como o trabalho e o estudo. Todavia, atualmente os congestionamentos afetam um maior número de viagens, de horas do dia e de sistemas de transportes, sem que seja possível fazer essa analogia direta. O relatório citado indica que alguns profissionais de transportes começam a vislumbrar o congestionamento como sendo um problema do sistema que acontece nas redes viárias todos os dias, e já que os usuários deparam-se sabidamente com as consequências dos mesmos, devem gerenciar suas atividades diárias em função disso. Em contrapartida, o mesmo documento aponta que os usuários buscam a confiabilidade no sistema para gerar viagens consistentes e previsíveis, pois não têm em seus planejamentos orçamentários horas extras para que seja possível chegar a tempo em seus destinos.

O problema pode ser indicado sucintamente: as áreas urbanas não adicionam capacidade suficiente para suportar a demanda e tampouco melhoram suas operações ou gerenciam essa demanda suficientemente bem para, ao menos, manter os congestionamentos e, na melhor hipótese, impedir o crescimento dos mesmos. O Instituto de Transportes do Texas, em seu último relatório de mobilidade urbana (2005) já trata essa questão da aceitação do congestionamento por parte do usuário, desde que seja nos horários e locais esperados.

De acordo com SCHRANK e LOMAX (2005), o problema dos congestionamentos tem crescido muito rapidamente e é muito complexo para apenas uma tecnologia ou serviço servir como solução. A recomendação dos autores, dentre outras, é que a maneira dos usuários utilizarem a rede de transportes pode ser modificada para melhor acomodar a demanda. Utilizando o telefone ou internet para ter a certeza das viagens, viajar em horários fora do pico e utilizar o sistema de transporte público e *carpools* (sistema de utilização conjunta do automóvel / compartilhamento da viagem) são alguns exemplos de como gerenciar essa demanda.

Os residentes das grandes cidades parecem já ter a expectativa de um tempo total de congestionamento de uma ou duas horas pela manhã e no fim de tarde. As agências de transportes dos grandes centros urbanos devem ser capazes de melhorar o desempenho e a confiabilidade dos serviços nos outros horários e talvez sejam capazes de tornar mais lento o crescimento do congestionamento, mas não é possível expandir o sistema ou melhorar rapidamente a operação para que seja possível eliminar o congestionamento (SCHRANK e LOMAX, 2005).

REDMOND e MOKHTARIAN (2001) *apud* STOPHER (2004) fazem uma outra abordagem em relação a manter um determinado nível de congestionamento nas vias. Os autores mostram que muitos usuários não percebem o congestionamento necessariamente como o vilão da viagem diária. Baseado nesse estudo NASSER (2002) *apud* STOPHER (2004) nota que nesses tempos modernos, muitas pessoas somente podem encontrar privacidade em dois lugares – no carro ou no banheiro. Para muitos, atualmente o congestionamento representa paz, um momento sozinho na sua viagem diária. Para muitos, essa é a única hora em que podem ler (lendo livros através de fitas cassetes), desfrutar das músicas que eles mesmos gostam, interar-se das notícias, fumar sem ser incomodado ou ainda fazer ligações pessoais em total privacidade. Este é um ponto de vista diferenciado, mas que apóia a política de manutenção de um nível de congestionamento aceitável.

Expectativas realistas devem ser parte da solução do tratamento dos congestionamentos. Os grandes centros urbanos estarão congestionados e alguns locais próximos aos centros de atividades em áreas urbanas menores também estarão congestionadas. Mas o congestionamento não precisa ser um evento que dure o dia inteiro e identificar soluções e financiar fontes que encontrem uma variedade de práticas aplicáveis e

objetivos comuns já é um grande desafio por si, sem tentar a eliminação total dos congestionamentos em todos os lugares.

2.3 A Influência do Congestionamento na Realização de Viagens

Os padrões de distribuição espacial da população em áreas urbanas são dinâmicos e sempre caracterizados por um estado de fluxo, refletindo as mudanças das condições econômicas, ambientais, dos desenvolvimentos sociais e dos impactos da política pública. Este fato pode explicar a diversidade na evolução dos padrões de sistemas urbanos em todo o mundo. (MAGALHÃES, 2001).

O desejo dos usuários é realizar suas viagens do modo mais eficiente possível e, para isto, condições satisfatórias de tráfego devem ser providenciadas. Por mais que as vias sejam adequadamente projetadas, conservadas e operadas, ainda assim podem surgir problemas ao longo do tempo para os usuários, caso a demanda pela via seja maior que a capacidade.

Conforme as pessoas vão se encaminhando na vida, duas escolhas significativas são feitas: onde morar e onde trabalhar. Estas escolhas podem mudar com o tempo e serem influenciadas, por exemplo, com o local, duração e frequência de ocorrência dos congestionamentos nas vias (CAMSYS, 2004) e esta afirmação é ainda exemplificada como será exposto na seqüência: um jovem casal recém ingressado no mercado de trabalho pode decidir morar em um aglomerado urbano enquanto outros casais mais velhos com crianças podem optar viver no subúrbio. A decisão de morar nessas áreas se deve às significativas distâncias desses subúrbios às áreas centrais de comércio e emprego.

Este exemplo é tipicamente de uma realidade diferente, visto que o hábito de procurar áreas de subúrbio (mais nobres, com qualidade de vida melhor e adequadas a criar seus filhos) não é a brasileira. No entanto, essa relação da mudança do estilo de vida em função da mudança de viagens pode ser aplicada em qualquer contexto.

A decisão de morar nessas áreas distantes é influenciada por diversos fatores: aconchego e conforto das localidades somente de casas, escolas novas, mais espaço ao ar livre e em alguns casos, evitar a proximidade dos congestionamentos nas cidades. Em resposta, muitos empregadores estão seguindo este caminho e movendo seus negócios

para localidades próximas onde os respectivos empregados vivem e tirando vantagem dos baixos preços das terras. Esta capacidade de tanto os residentes como os empregadores se mudarem para locais ao redor da área urbana tem efeitos no congestionamento. Primeiramente, morando e trabalhando nas áreas próximas ao subúrbio, os usuários mantêm os seus tempos de viagem ao trabalho relativamente estáveis.

Entretanto, esse novo padrão de viagens também resulta em congestionamentos em vias que outrora eram somente utilizadas de forma leve. Algumas pessoas continuarão escolhendo a longa viagem às áreas centrais – o que irá causar um aumento no tráfego dessas vias já saturadas. A estabilidade no tempo de viagem no percurso para o trabalho pode ser uma condição temporária.

Um fator relevante do congestionamento para realização da viagem é descrito por NAKAYAMA *et al* (1999) *apud* VAN ZUYLEN e TAALE (2000) que aponta que a escolha da rota pelos usuários depende de sua percepção do tempo de viagem em diferentes rotas alternativas. Normalmente os usuários têm um imperfeito conhecimento sobre o atual tempo de viagem e tem que confiar em experiências passadas. Isso mostra que a escolha da rota baseada no conhecimento histórico pode direcionar para um comportamento oscilante, onde em um dia uma rota é a preferida e no dia seguinte a maioria do fluxo de tráfego segue outra rota.

2.4 Métodos de Apoio à Tomada de Decisão

O constante aumento da complexidade e intensidade dos problemas enfrentados em diversas áreas de atuação tem sido resolvido através de técnicas e métodos adequados no processo de resolução e apoio à tomada de decisão, e neste âmbito a técnica de modelagem vem sendo cada vez mais utilizada.

A tomada de decisão é uma atividade complexa e controversa, na medida em que a escolha não se dá somente entre as possíveis alternativas de ação, mas também entre os pontos de vista (geralmente conflituosos) e formas de avaliar essas ações, a fim de considerar uma multiplicidade de fatores que estão direta ou indiretamente relacionados com a decisão a tomar (FREITAS, 1999).

Para monitorar a informação através da: identificação, coleta, armazenamento e disseminação da informação certa, é relevante a presença dos sistemas computacionais. Eles apóiam as decisões, na medida em que permitem o acompanhamento permanente do ambiente de atuação dos projetos, visando diminuir riscos na tomada de decisão, a partir de uma base de conhecimento sobre o negócio (OLIVEIRA e ARAGÃO, 2004).

A importância da modelagem adequada das condições concretas de trafegabilidade está na possibilidade de que sejam obtidos resultados imediatos, na medida em que os planos semaforicos serão gerados para gerenciar situações reais e não ideais. Ademais, um trabalho de monitoramento com atualizações freqüentes permite o acompanhamento das alterações de comportamento com intervenções simples na programação de parâmetros de controle ou na própria modelagem (SILVA, 2003).

Este aspecto da modelagem também se aplica ao setor de transportes, tendo a simulação se constituído em uma ferramenta de grande utilidade, visto que o sistema de transportes, além de complexo, abrange uma multiplicidade de elementos e variáveis, que são de difícil representação, com caráter dinâmico e aleatório e cujos objetos a serem perseguidos são geralmente diversos e conflitantes.

A viabilidade e o uso do modelo de simulação estão tornando-se comuns, particularmente no campo da simulação microscópica onde os movimentos dos veículos individuais são representados por uma série de regras, que descrevem seu comportamento dinâmico (como velocidade, faixa de circulação) mudando em intervalos de tempo discretos, tipicamente da ordem de 0,5 (WU, BRACKSTONE e MCDONALD, 2003).

2.5 Caracterização do Estudo

O processo de tomada de decisão para seleção de alternativas nas situações em que ocorrem incidentes de tráfego apresenta-se basicamente na forma de conhecimento humano, cada qual desenvolvendo um procedimento próprio, de forma isolada e que subsidie sua decisão. A escolha de um tratamento para determinado incidente não obedece a uma metodologia única, baseando-se nos conhecimentos empíricos de técnicos ao longo de implantações realizadas com sucesso em situações anteriores, preocupados com a fluidez do tráfego no local do incidente e por vezes deixando de analisar a área afetada como um todo.

A inexistência de uma metodologia que aborde de uma forma conjunta diversos aspectos teóricos e empíricos, gera uma carência de dados para futuros diagnósticos, além de impossibilitar a previsão de futuras ações. A falta sistêmica resulta muitas vezes na utilização de soluções alternativas copiadas de outros sistemas de transportes, sem considerar aspectos típicos e sem adaptá-los à realidade brasileira (FREITAS, 1999).

São utilizados conceitos de Sistemas Especialistas para modelar as alternativas no desenvolvimento de um procedimento de apoio à tomada de decisão, representando o conhecimento e a experiência dos técnicos habilitados para a resolução de um problema na via. Para que seja possível o pleno entendimento dos conceitos utilizados na elaboração do procedimento, o próximo capítulo apresenta um embasamento teórico dessa caracterização do estudo.

3 CAPÍTULO 3 - ESTADO DA ARTE

3.1 Sistemas Especialistas

Sistemas Especialistas são definidos como sistemas computacionais que visam reproduzir a *performance* de um especialista humano em uma determinada área de atuação. Estes sistemas manipulam conhecimento, enquanto que os programas convencionais manipulam dados. Com isso, os sistemas especialistas são ferramentas potenciais, pois além da informação, necessitam da experiência e do discernimento de um especialista humano que os processos tradicionais não conseguem incorporar (MAIOLINO, 1992).

FREITAS (1999) aponta os sistemas especialistas como tendo um grande potencial onde além da informação, são necessários a experiência, o discernimento e heurísticas de um especialista humano que os processos dos algoritmos tradicionais não conseguem incorporar.

FARIA (1994) enfatiza que os sistemas especialistas são programas computacionais que visam reproduzir o desempenho de um especialista humano em sua área de atuação mas que isso não quer dizer que estes sistemas substituem o homem nas suas decisões. O autor afirma que são sistemas úteis aumentando a velocidade de resolução e aperfeiçoando as tomadas de decisão em numerosas situações, em particular, nas aplicadas às áreas de engenharia, operação e transporte.

As metas de um sistema especialista são usualmente mais ambiciosas que os programas de algoritmos convencionais. Os sistemas especialistas têm um grande potencial para capturar conhecimento e experiência de profissionais *seniors* atuantes no mercado e tornar disponível a experiência adquirida para outros na forma de treinamento ou ferramentas de suporte técnico. As aplicações incluem projeto, operações, inspeção, manutenção, treinamento, dentre outros (HOFFMAN, 2006). Ou seja, no processo de desenvolvimento de um sistema especialista, o conhecimento específico necessário deve ser adquirido de um especialista humano.

A necessidade de um sistema especialista, segundo SRINIVASAN (2004) é que o conhecimento baseado nos sistemas especialistas pode melhorar o processo de tomada

de decisão, reduzir a subjetividade, pois os fatores usados nos sistemas especialistas devem ser objetivos e a facilidade da medida deve ser considerada. O mesmo autor ainda indica para o desenvolvimento do sistema especialista os seguintes passos: desenvolvimento da aplicação, avaliação e validação do sistema utilizando-se peritos, refinamento do sistema e documentação da lógica para obtenção do sistema especialista.

Os Sistemas Especialistas permitem a aplicação de uma série de regras, determinando a solução que levou à elaboração do mesmo, de acordo com seus objetivos. Em relação às regras, elas podem ser associadas a fatores de incerteza, enquanto que os programas convencionais aceitam as regras somente como verdadeiras ou falsas.

MAIOLINO (1992) apresenta quatro partes componentes de um sistema especialista: base de conhecimento, contexto de trabalho, máquina ou motor de inferência e interface com o usuário. Tendo cada uma, as respectivas funções de representar através de regras todo o conhecimento que é usado pelo sistema para resolução do problema; conter as informações necessárias (incluindo dados de entrada) que descrevem o problema e a possível solução; processar o conhecimento e ainda o contato do sistema com o exterior.

De acordo com SAKAMOTO (1989) *apud* FREITAS (1999) e mostrado na figura 3. 1 abaixo, a base de conhecimento é montada através da extração e representação de estratégias, métodos, heurísticas, opinião, fatos e “dicas” utilizadas por um determinado especialista para resolver os problemas do domínio do conhecimento em questão.

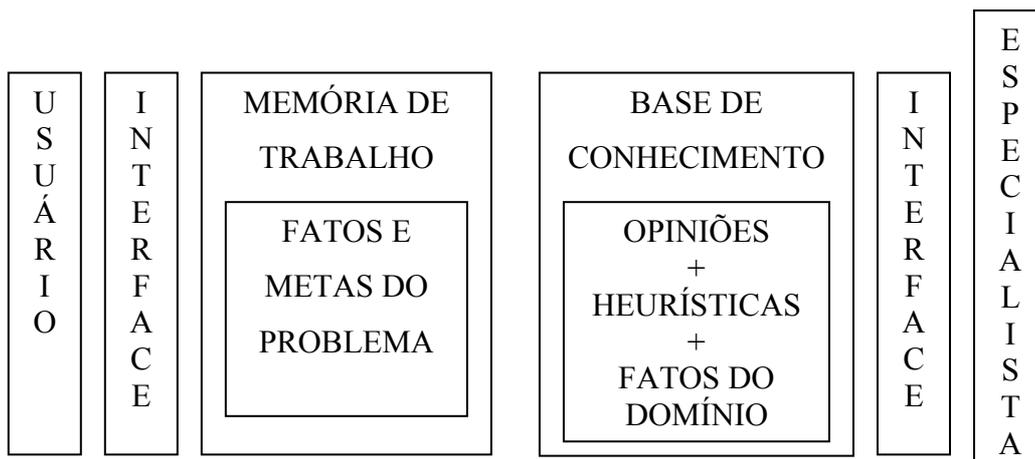


Figura 3.1. Arquitetura Básica dos Sistemas Especialistas.

Fonte: FREITAS, 1999.

3.1.1 Sistemas Especialistas em Engenharia de Transportes

Os Sistemas Especialistas direcionados para a atuação da Engenharia de Transportes vêm crescendo e tornando-se uma ferramenta complementar aos estudos de planejamento de transportes, sobretudo nos países desenvolvidos cujos recursos tecnológicos são mais empregados e há uma aplicação intensa de ferramentas ITS.

HENDRICKSON *et al apud* MAIOLINO (1992), afirmam que até o início da década de 80 não havia qualquer sistema especialista produzido neste campo, mas no fim da mesma década vários sistemas especialistas haviam sido desenvolvidos na área, sobretudo relacionados à engenharia de tráfego. Segundo COHN (1988) *apud* FREITAS (1999), já existem diversos sistemas especialistas no campo da engenharia de transportes e tráfego, sendo muitos ainda na condição de protótipos e que precisam ser testados e validados.

Focado na questão da intermodalidade e mobilidade sustentáveis, um consórcio coordenado pelo *RAND Europe*, apresenta um sistema especialista de planejamento de transportes, o EXPEDITE - *EXpert-system based PrEdictions of Demand for Internal Transport in Europe*, cujos objetivos são gerar previsões para o transporte de passageiro e de carga na Europa para 2005, 2010, 2015 e 2020; mostrar quais políticas podem ser eficazes na substituição do carro por outros modos de transportes e identificar segmentos de mercados que são sensíveis (e os que são insensíveis) às medidas dessa política e como cada um desses mercados reagem de maneira diferenciada. O EXPEDITE explora previsões para os modelos de transporte existentes tanto nacionais como internacionais. Previsões de longa distância e de transporte inter-zonal foram baseados no funcionamento de um ou mais modelos de transporte europeus e para o nível de transporte intra-zonal uma extrapolação de procedimentos foi desenvolvida baseada na metodologia do *TRACE Project*, com modelos comportamentais, desagregados incluindo os modelos nacionais da Dinamarca, Itália, Holanda, Noruega e Suécia; e ampliando os resultados para que possam ser aplicado em um nível global na Europa. No relatório final apresentado, o EXPEDITE apresenta os principais resultados do projeto e em particular são apresentados cenários de referência. Este sistema especialista obteve tamanho êxito que é chamado de Meta Modelo de Transporte.

O Departamento de Transportes do Reino Unido também aderiu aos sistemas especialistas e desenvolveu o LINK - *Inland Surface Transport* (IST). O programa desafia o setor de pesquisa em transportes (tanto a indústria quanto a academia) para identificar soluções que irão contribuir para o desenvolvimento de um sistema de transportes que seja eficiente, seguro e aceitável tanto em termos ambientais como sociais e que seja capaz de realçar a economia britânica. A multidisciplinariedade do programa apóia a pesquisa competitiva e encoraja o avanço da tecnologia para desenvolver soluções inovadoras com ampla abrangência nas áreas de entendimento do sistema de transportes, tecnologias específicas por modo e tópicos gerais de transportes (DfT, 2006).

O Sistema Especialista de Tráfego não apenas apresenta uma metodologia única passo a passo, mas também oferece um número de melhorias práticas que tornam o trabalho diário mais simples e mais eficiente. O Sistema Especialista de Tráfego consequentemente contribui tanto para a segurança de tráfego e manutenção da mobilidade como em fazer com que haja uma reflexão sobre a compreensão moderna das avaliações psicológicas no tráfego.

Alguns sistemas especialistas brasileiros aplicados ao campo da engenharia de transportes são citados a fim de contribuir com algumas de suas características para o desenvolvimento da pesquisa proposta.

- Sistema Especialista para Implantação de Semáforos (SEIS).
- Sistema Especialista para Tratamento de Travessia de Pedestres (SETTP).
- Sistema Especialista para Transporte Público (SEPT)

3.2 Incidentes

3.2.1 Conceitos Básicos

SHEU e RITCHIE (1998) definem incidentes como eventos não-usuais que interrompem o tráfego inesperadamente. Mais gravemente, podem causar gargalos e até mesmo acidentes secundários tendo sido indicado que o risco de acidentes secundários pode ser significativamente reduzido pelo aviso e detecção antecipados dos incidentes. Torna-se evidente que tanto a detecção quanto o aviso são dois fatores importantes na redução do impacto dos incidentes de tráfego.

Incidente refere-se a qualquer evento que degrada a segurança e torne lento o tráfego, incluindo veículos deficientes, batidas, atividades de manutenção, condições adversas de mau tempo, eventos especiais, dentre outros. De acordo com JOHNSON e THOMAS (2000) os congestionamentos de tráfego relacionados a incidentes (incluindo os impactos secundários) afetam a segurança pública, a economia local e o meio-ambiente.

Quando os incidentes ocorrem, faixas são bloqueadas, conseqüentemente reduzindo a capacidade das vias. A diferença entre a demanda de tráfego e a capacidade disponível da via no local do incidente determina o atraso gerado pelo mesmo. Repassando essa informação sobre o incidente para os usuários, os motoristas podem realizar rotas alternativas de viagem e os atrasos podem se reduzidos.

- **Gerenciamento de Incidentes**

É o processo planejado e coordenado de detecção e remoção de incidentes para restaurar as operações de tráfego ao padrão usual de uma maneira rápida e eficiente. Com uma estimativa de que 60% de todos os atrasos causados nos sistemas viários são causados por incidentes – desde veículos com pneus fatigados até acidentes com vítimas – a detecção rápida e remoção são críticas para a manutenção do fluxo de tráfego, particularmente durante as viagens na hora do pico (ITS AMERICA, 2004).

- **Tempo de Resposta**

O tempo de resposta é medido do momento em que a equipe de resposta a incidentes (IRT – *Incident Response Team*) foi notificada até a sua chegada ao local. Os componentes do tempo de resposta incluem o tempo requerido para determinar o equipamento e pessoal apropriado, a comunicação entre as agências relacionadas e o tempo de viagem até a o local do incidente. O congestionamento de tráfego encontrado pelo veículo de resposta na rota até o local do incidente é um fator primário de influência ao tempo de resposta. Novamente, a hora do dia, o dia da semana e o mês do ano são variáveis que podem estar relacionadas com o volume de tráfego, e podem interagir com efeitos do tempo imensuráveis como a hora do dia, a velocidade do vento e a temperatura.

- **Estabilidade Temporal**

A estabilidade da duração do incidente durante o tempo é um importante conceito teórico e também empírico porque os padrões de duração de incidentes mudam com o tempo e, se isto não for computado na estrutura do modelo, os resultados estimados de duração de incidentes estarão errados (NAM e MANNERING, 2000). Os mesmos autores ainda afirmam que incidentes somente com o motorista (isto é, um único ocupante no veículo) tende a ter um tempo de resposta mais baixo. O tipo de acidente e o seu grau de severidade também têm influência no tempo de duração. No caso de incidentes com materiais perigosos, a resposta da equipe de incidentes (IRT) é maior, assim como no caso de derramamentos também estão associados altos tempos de resposta.

3.2.2 Gerenciamento de incidentes no Mundo

Os incidentes de tráfego têm um grande impacto na confiabilidade do sistema do transportes e o reconhecimento da importância de uma abordagem pró-ativa e coordenada para identificar e responder a esses incidentes de tráfego deve ser incrementado.

Os sistemas de gerenciamento e operações não pensam dessa maneira. Assim como está implícito em seus nomes, envolvem olhar o sistema não como um simples projeto, uma via, uma linha de tráfego ou uma jurisdição. Tais sistemas requerem um foco no desempenho do sistema como um todo e não somente na entrega de um projeto, assim como, exigem que seja feito um exame da perspectiva do cotidiano do cliente que tenta utilizar o sistema. Deve-se antecipar o que pode vir a acontecer para melhor reagir quando algo de fato ocorre, e isso envolve uma série de pequenos ajustes no sistema antes dos acontecimentos de eventos. O desafio é mudar essa cultura para uma que englobe os sistemas de gerenciamento e operações e isso não será uma tarefa fácil nem acontecerá da noite para o dia, entretanto, é possível e viável (PANIATI, 2004).

Os incidentes, seu tempo de duração e efeitos no fluxo de tráfego são cada vez mais estudados por pesquisadores europeus e, sobretudo americanos. Esta preocupação reflete-se, por exemplo, no trabalho de NAM e MANNERING (2000) que aplicam uma série de modelos de tempos baseados em periculosidade para estudar a duração de incidentes em Washington – DC, USA. Os diversos fatores que podem vir a afetar o

tempo de detecção e resposta do incidente são de extrema importância, não apenas por evitar danos pessoais e materiais (às vias, aos veículos e ao ambiente), mas também para solucionar suas conseqüências e quando possível impedir a formação de congestionamentos devido aos mesmos.

Esta detecção e resposta aos incidentes estão relacionadas ao uso de ITS. Os Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) podem ser utilizados de diversas formas, contribuindo como um serviço e até no sistema como um todo. São ferramentas capazes de realizar tanto a monitoração do tráfego e coleta de dados de incidentes quanto promover maior agilidade nas respostas e na restauração do tráfego após a intervenção.

Muitos centros urbanos possuem atualmente Centrais de Gerenciamento de Tráfego e têm organizado a detecção, fiscalização e controle de suas vias, sobretudo vias expressas e rodovias. A concepção de sistema para o gerenciamento de tráfego configura-se em valiosa ferramenta para o controle de incidentes. As informações de tráfego também são importantes aos usuários, capacitando-os a afastar-se do local do incidente o mais rápido possível através de rotas alternativas menos congestionadas. Sendo assim, destacam-se além dos sistemas de detecção e resposta aos incidentes, as aplicações relacionadas às informações ao usuário relativas a diversos lugares do mundo.

Em São Diego, Califórnia, a associação de governos criou uma coleta integrada de informações e a disseminação do sistema para ser compartilhada por todas as agências de transportes da região e para coordenar o gerenciamento de incidentes e as atividades de segurança pública (BERMAN *et al*, 2004). Tratando-se de parcerias, na cidade de Houston opera o sistema *Houston Transtar* que é modelo de combinação de recursos e de esforços dos órgãos gestores responsáveis. Este sistema é responsável por coordenar o planejamento, o projeto, as operações e manutenção dos sistemas de transportes além de gerenciar as funções de atendimento às emergências nas vias.

Segundo o ITS AMERICA (2005), o *Houston Transtar* possui um completo e integrado sistema de detecção de incidentes, notificação de alarme e de rastreamento para aplicação aos meios de transporte e gerenciamento de emergência. Com a função de aumentar a segurança e a mobilidade, apresenta quatro diferentes tipos de detecção de incidentes através do uso de sensores organizados em sinais de tráfego. São eles

sensores de detecção de acidentes de carro (dispositivos auditivos que captam barulhos altos como os provocados por colisões e explosões); sensores de inundação (mostram a ascensão do nível de água em uma determinada interseção ou em um conjunto delas), sensores de colisão ou batida (quando houver colisão com danos a sinais de trânsito) e sensores nucleares (detectam fontes de radiação). A experiência de Toronto com o sistema COMPASS na monitoração do tráfego em trechos de uma rodovia revelou que o tempo de liberação da via à suas condições normais de tráfego foi reduzido de 86 para 30 minutos e o atraso médio por incidente foi reduzido em 537 veículos hora. Estima-se que a colocação de mensagens nos locais onde ocorreram incidentes tenha prevenido aproximadamente 200 acidentes por ano, resultando em economia de US\$ 10 milhões (ITS CANADA, 2004).

De acordo com o estudo *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes* realizado pela NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) no ano de 2000, os custos totais de acidentes de veículos motorizados que aconteceram nos Estados Unidos somaram, naquele ano, US\$ 230,6 bilhões. Este valor representou, aproximadamente, US\$ 820 para cada pessoa que residia nos Estados Unidos e 2,3% do Produto Interno Bruto Americano. As componentes de custo incluíram perdas de produtividade de mercado e doméstica, danos a propriedades, custos médicos e de reabilitação, atrasos de viagens, custos legais e de tribunais, emergenciais (de médicos, policiais e bombeiros), administração de seguros e os custos ao empregador. Este estudo veio a confirmar a necessidade de constantes esforços visando conter o avanço deste problema que além de perdas monetárias substanciais possui grande dimensão social interferindo fortemente na qualidade de vida da população (NHTSA, 2000).

Neste sentido, o projeto FAST-TRAC utilizado em Okland, Michigan, registrou redução de 89% dos acidentes ocorridos em manobras de conversão à esquerda, 27% de redução total de prejuízos e 100% de redução em prejuízos sérios. O projeto *Guidestar TMs*, em Minneapolis, resultou em 25% de redução de acidentes, um aumento de 35% da velocidade nos horários de pico e estimou-se que a capacidade da viária foi aumentada em 22% (ITS CANADA, 2004).

Para ajudar na redução do número de casualidades nas vias européias, o ERTICO coordenou o projeto Resgate GST, lançado em meados de 2004, que visa otimizar o uso de dados provenientes dos veículos dos sistemas de chamadas de emergência. Os

chamados realizados pelos veículos de emergência distribuem expedições as centrais com informações críticas de dados de localização e severidade do acidente e o próprio veículo de emergência emprega uma solução de pilotagem e sistema de aviso, permitindo chegar à localização desejada com segurança no menor tempo possível (GST, 2005). O ERTICO afirma, ainda, que a característica principal do Resgate GST é assegurar que a informação sobre um incidente e o próprio veículo de emergência estejam seguros. Para isso, o Resgate GST completa uma cadeia de chamadas de emergência com guias de serviços específicos para os cenários dos incidentes, libera o uso de corredores exclusivos e sistemas cônicos (comunicação de veículo para veículo) – avisam aos usuários das vias sobre a aproximação dos serviços de emergência. Devido ao sistema de Resgate GST, as respostas às emergências podem ser amplamente beneficiadas pela troca de informações entre as unidades de resgate e controle de dependência como a polícia e os hospitais (GST RESCUE, 2005).

Fundado pelo Programa de Segurança Pública do Departamento de Transportes Americano (US DOT), o sistema de gerenciamento integrado de incidentes, o IIMS (*Integrated Incident Management System*), vem sendo testado pelo Departamento de Transportes do estado (NYSDOT) e da cidade de Nova Iorque (NYCDOT), pelo Departamento de polícia (NYPD) e por diversas outras agências da referida cidade. O sistema IIMS começou a operar em 2001 e trata-se de uma rede de comunicações de agências móveis integradas. De acordo com FHWA (2005), o IIMS transmite imagens da cena do incidente, junto com precisas informações de localização via sistema de posicionamento global – GPS (*Global Positioning System*) integrado a um sistema de informações geográficas – GIS (*Geographic Information System*). Os dados dos incidentes entram no IIMS através do funcionário presente ao local. Vendo as imagens e revendo os dados do IIMS os supervisores de campo podem rapidamente avaliar a situação e expedir o tipo e a quantidade de unidades de resposta adequadas àquele incidente.

A diferença deste sistema de gerenciamento de incidentes para os demais relatados anteriormente, é que este trabalha com unidades móveis das diversas agências do consórcio que chegam primeiramente ao local do acidente, coletam dados, prestam os primeiros atendimentos e designam a equipe adequada àquela situação de acordo com o tipo de incidente, objetivando reduzir o tempo de resposta. Os veículos do sistema IIMS

são equipados com laptops sem fio, software de gerenciamento e mapas GIS integrados com sistema GPS. O GIS/GPS instantaneamente localiza o incidente num mapa detalhado. Cada veículo possui, também, uma câmera de vídeo de vigilância assim como uma câmera digital. Assim, as imagens da cena do incidente são capturadas pela câmera de vídeo e anexadas ao relatório do incidente. A câmera digital móvel é usada para fornecer imagens adicionais do cenário. A frequência de rádio do NYPD é utilizada como comunicação de voz (FHWA, 2005). Outra diferença está na utilização de uma arquitetura distribuída. Uma vantagem dessa arquitetura é que o sistema não depende apenas de um servidor central. Se um dos centros tiver problemas, os outros podem continuar a operar. O IIMS utiliza-se de redes de área locais, rede de áreas extensas (WAN – Wide Area Network) e pacotes de dados digitais via celular (CDPD – *Cellular Digital Packet Data*) para a conexão entre os servidores e as estações de trabalho.

Ainda, uma nova técnica em teste nas rodovias americanas envolve um sistema de localização e aviso de incidentes com a colaboração de motoristas de caminhões. Estes motoristas após treinamento adequado ficam habilitados ao visualizar uma situação de incidente viário a repassar às autoridades competentes o local de ocorrência do incidente, indicando a magnitude do problema, a situação atual da via, as condições de tráfego e a gravidade do incidente. Nos centros de controle onde essas informações são recebidas é verificada a necessidade de aviso das autoridades policiais, hospitais, carros ambulâncias, equipes especializadas (para o caso de produtos perigosos, situações de fogo, salvamento) ou ainda outros serviços que venham a ser úteis no tratamento do problema.

Vale ressaltar que estes programas estão trabalhando em parcerias com os órgãos gestores responsáveis, visando atingir suas metas de comum acordo entre as partes. Nota-se que há dois tipos de gerenciamento de incidentes, o de controle central e o de distribuído, assim como os sistemas ITS baseados em tecnologias e os baseados nas aplicações das tecnologias. No entanto, não faz parte do escopo desse trabalho apontar o mais adequado, apenas evidenciar a possibilidade de sistemas distintos para cada local, considerando principalmente a geografia e as necessidades de cada região.

3.2.3 Gerenciamento de Incidentes no Brasil

No Brasil, os sistemas adotados no gerenciamento de incidentes tem seu foco principal na adoção de técnicas oriundas de experiências adquiridas. Na gestão de rodovias e vias expressas cada administrador (seja este público ou privado) adota procedimentos diferenciados sem que existam guias práticos ou padrões formais a serem seguidos. O cadastro dos incidentes é feito através de registros escritos ou mesmo visuais, os dados normalmente não são apurados de forma a promover melhorias operacionais de atendimento. Cada situação é tratada de uma forma independente e ainda respalda-se muito na experiência de quem está no comando.

Os acidentes de tráfego são a forma mais comum de incidentes nas vias urbanas e rodovias e estão diretamente ligados aos atendimentos de emergência e remoção de feridos. Verifica-se, porém, que cada incidente tem uma característica em relação ao comportamento do fluxo de tráfego e estes comportamentos deveriam ser observados no intuito de desenvolver-se um plano com técnicas de atendimento visando minimizar os efeitos na fluidez. Os sistemas implantados em algumas rodovias já se utilizam, dentre outros, de monitoração visual do tráfego, o que possibilita que este acompanhamento seja realizado de uma maneira mais abrangente. A pesquisa *Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas* realizada pelo IPEA (2003), identificou e mensurou custos provocados pelos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras. Este estudo teve como base os acidentes ocorridos no ano de 2001 sendo quantificados dados de 49 aglomerações urbanas. Segundo este, os acidentes de trânsito ocorridos naquele ano geraram perdas da ordem de R\$ 5,3 bilhões.

Os índices brasileiros de segurança viária são ainda baixos quando comparados a indicadores de países desenvolvidos, fato que ressalta a necessidade de contínuos esforços visando o controle deste problema. Entre as técnicas de gerenciamento de incidentes encontram-se o aviso da localização exata e magnitude do incidente, treinamento técnico adequado para as diferentes situações de risco, medidas de salvamento e resgate de vítimas, apoio logístico para chegada e partida dos veículos de emergência, entre outras. Esses procedimentos podem proporcionar além de melhoria substancial nas condições de tráfego e na redução das situações de congestionamento, resultados significativamente positivos no caso de acidentes com vítimas com a redução

das chances de agravamento das lesões sendo, desta forma, de grande valia na melhora da qualidade de vida da população.

A aplicação de ferramentas oriundas dos sistemas inteligentes de transporte configura-se como uma nova alternativa para o aprimoramento do sistema de gerenciamento viário. Como citado por MEIRELLES (1999), as alternativas de aplicações voltadas para os sistemas inteligentes é extremamente amplo abrangendo as informações para usuários, gerenciamento de rodovias e transporte coletivos, controle de tráfego e semafórico, gerenciamento de serviços de emergência, arrecadação automática de tarifas no transporte coletivo, estacionamentos e pedágios, rastreamento de frotas, coleta automática de dados, fiscalização eletrônica, veículos e vias inteligentes, etc. Entre as ferramentas disponíveis existem aquelas que podem atuar prioritariamente no gerenciamento de incidentes e as que podem colaborar indiretamente neste processo.

Em Belo Horizonte a BHTRANS está implementando o CIT (Controle Inteligente de Tráfego) que visa monitorar o trânsito na área central da cidade através dos subsistemas de controle centralizado de semáforos, monitoração do tráfego, circuito fechado de televisão e painéis de mensagem variáveis. Nenhum dos citados sistemas atua diretamente no gerenciamento de incidentes, no entanto, através da gestão integrada dos cruzamentos com a adaptação dos tempos semafóricos aos fluxos de tráfego, a empresa estima que o sistema irá contribuir na redução do número de acidentes, na poluição atmosférica e no tempo gasto pelos motoristas em situações no trânsito lento (BHTRANS, 2005).

Na Rodovia Presidente Dutra encontra-se em operação um sistema eletrônico de comunicação aos motoristas e passageiros que visa agilizar o atendimento de emergências. Fazem parte deste sistema 800 telefones de emergência (*call boxes*), um a cada quilômetro nos dois sentidos da via, 23 estações de telecomunicações, 30 painéis de mensagens variáveis e 23 câmeras de televisão em circuito fechado. Esses equipamentos são comandados a partir de dois Centros de Controle de Operações (CCOs) instalados estrategicamente ao longo da rodovia. Os sistemas inteligentes de transporte implementados pela concessionária Nova Dutra para gerenciamento e operação da rodovia envolvem: Sistema de Gerenciamento Operacional, Painéis de Mensagens Variáveis, Circuito Fechado de TV, Sistema de Rádio Comunicação, Telefonia Operacional e de Emergência, Pedágio e Rede de Computadores.

Os telefones de emergência podem ser acionados pelos usuários para o aviso da ocorrência de incidentes. Ao receber a ligação o operador é capaz de identificar automaticamente a localização do incidente. Após o registro da chamada, a base operacional do SOS Usuário mais próxima é informada e são determinadas quais as viaturas que devem seguir para o local indicado. Se o acidente é de grandes proporções podem ser acionados os recursos de várias bases operacionais. Conforme as necessidades observadas pela unidade em operação são alterados os painéis de mensagens variáveis próximos ao local para informar aos usuários as condições de tráfego ou fornecer instruções de segurança. Percebe-se que apesar da existência de automação no processo verifica-se, ainda, a constante intervenção do operador e dos integrantes das bases operacionais que precisam tomar diversas decisões durante as etapas do procedimento de atendimento aos incidentes.

A Linha Amarela na cidade do Rio de Janeiro é também um exemplo de concessão rodoviária urbana que utiliza serviços auxiliados pelo emprego de ferramentas ITS. São eles: inspeção de tráfego; serviço de reboque a veículos avariados; telefones de emergência; socorro médico e resgate; bilhetagem eletrônica e painéis de mensagens variáveis. A concessionária da via possui uma equipe de inspetores de tráfego que zela pela fluidez e segurança do tráfego. Em caso de pane ou acidente a equipe é responsável pela sinalização da área afetada e por alertar os demais veículos e o Centro de Controle Operacional (CCO). No Centro de controle é observada a necessidade de atendimento complementar, ou seja, acionamento de serviços de reboque, assistência médica de emergência, bombeiros ou polícia. A LAMSA possibilita comunicação com os usuários através de 22 telefones de emergência. Os serviços de socorro médico e resgate são compostos por médicos, enfermeiros, assistentes e motoristas.

Também neste serviço é perceptível que a ação dos operadores do sistema interfere diretamente nos procedimentos de emergência. Para minimizar as decisões humanas em situações de pane, padronizar os atendimentos e utilizar um sistema de troca de informações propõe-se a formulação de um procedimento de incidentes elaborada para a realidade brasileira que facilitaria no processo de tomada de decisão e possibilitaria a formulação de medidores de desempenho operacional dos gestores de transporte. Este procedimento tem como base a experiência internacional, resoluções utilizadas tradicionalmente e situações simuladas via computadores a fim de que se possa

trabalhar com um maior número de cenários. A elaboração deve abranger o sistema de gerenciamento de incidentes que vem sendo utilizado pelos órgãos de atendimento a emergências (Corpo de Bombeiros, Polícia Militar) com as devidas adaptações necessárias a fim de agregar a maior variedade de incidentes possível.

3.3 Alocação de Tráfego

Um problema de alocação é a distribuição do tráfego em uma rede considerando a demanda entre os locais e as fontes de transportes de uma rede. Os métodos de alocação procuram um modelo de realizar a distribuição do tráfego na rede de acordo com uma série de restrições, notadamente relacionadas à capacidade dos sistemas de transportes, ao tempo e ao custo (HENDRIKS, 1998).

O processo de alocação consiste na identificação de rotas entre as origens e seus respectivos destinos, onde há a estimativa de possibilidade de caminhos determinados por diversos critérios, como por exemplo, tempo mínimo de viagem, menor percurso, menor custo ou ainda uma combinação de fatores.

Os modelos de alocação de tráfego reproduzem o processo de escolha de rotas dos usuários em redes viárias abrangentes. A modelagem tradicional de alocação de tráfego faz uso da abordagem macroscópica, onde o desempenho do sistema é descrito através de relações analíticas entre velocidade, densidade e fluxo. As hipóteses simplificadas da abordagem macroscópica conduzem a previsões de fluxos satisfatórias para fins de planejamento estratégico de transportes e algumas avaliações de gerenciamento de tráfego (ARIOTTI *et al*, 2004).

Os processos de escolha de rotas nos modelos de micro-simulação apresentam genericamente duas abordagens. Na primeira, a escolha de rotas pode ser realizada antes do início da simulação, baseados em dados referentes aos custos de viagem. A segunda abordagem avalia rotas ao longo do percurso, em função do estado momentâneo da rede e é baseada em outros modelos, desenvolvida particularmente para aplicações de ITS – (*Intelligent Transportation Systems*). Os algoritmos destes modelos não consideram a rota como uma unidade. O somatório de boas decisões instantâneas não leva necessariamente a um bom percurso total (ARIOTTI *et al*, 2004).

De acordo com MOREIRA (2005), os modelos de alocação de tráfego podem ser classificados segundo os critérios de: Nível de informação do usuário (determinístico ou estocástico); Classes de usuários (tipos de veículos); Simetria (simétricos e assimétricos); Separabilidade (fluxo do arco e dos interceptores) e Variabilidade do Fluxo (estáticos e dinâmicos).

A necessidade de integrar os processos de alocação e simulação de tráfego levou ao desenvolvimento de modelos de micro-simulação que incorporam rotinas de escolha de rotas, especificamente esta pesquisa utiliza-se desse artifício, fazendo a alocação de tráfego no próprio modelo de micro-simulação.

3.4 Simulação de Tráfego

A simulação de tráfego é uma ferramenta que ajuda os profissionais de transportes a alcançar as decisões principais sobre o planejamento e projeto das facilidades de uma via e de seu sistema de sinal de tráfego e particularmente, a engenharia de tráfego, mais do que outras disciplinas, fornece uma considerável amplitude no desenvolvimento de soluções (DITTBERNER e KNERS, 2002). Os autores ressaltam que a simulação de tráfego é tanto uma arte como uma ciência, dado que a invariabilidade de suposições por parte dos projetistas direciona a uma impressão única do produto final.

ALEXIADIS *et al* (2004) citam a iniciativa da agência nacional responsável pelo sistema viário norte-americano, a FHWA – *The Federal Highway Administration*, que está levando as diversas comunidades regionais de transportes dos EUA de uma era primária, focada nos sistemas construtivos, para uma era focada na melhoria dos sistemas de operações e de desempenho. Os autores ainda destacam que neste ambiente de mudança, os modelos de simulação de tráfego fornecem um significativo potencial para conduzir as pesquisas, analisar as melhorias das alternativas viárias, de tráfego e dos Sistemas Inteligentes de Transportes – ITS (*Intelligent Transportation System*); e ainda desenvolver e testar sistemas e estratégias de controles de tráfego.

SOUSA e RIBEIRO (2004) afirmam que a simulação tem sido utilizada na análise de sistemas complexos em que uma representação analítica não consegue alcançar resultados satisfatórios. Em uma subsequente tomada de decisão, a simulação permite uma avaliação comparativa de distintas políticas de controle, capturando o

comportamento empírico do fenômeno e a resposta do sistema controlado por determinada política.

3.4.1 Definição e Conceitos de Simulação

A simulação, dentre outros objetivos, é realizada para determinar pontos de congestionamento na atual rede viária e para propor soluções que melhorem a fluidez do tráfego fornecendo alternativas de utilização da rede existente assim como modificações em seus tempos semafóricos e mesmo mudanças de geometria das vias. Um modelo pode ser utilizado para simular o planejamento ou ainda propor mudanças em uma rede existente, assim como verificar mudanças naturais do comportamento do volume de tráfego que tenham acompanhado um crescimento populacional. O uso da simulação pode ser eficientemente utilizado no planejamento de um projeto e para avaliar alternativas potenciais.

Segundo SALIBY (1989) *apud* POYARES (2000), uma simulação pode ser classificada da seguinte forma: Determinística x Probabilística, Dinâmica x Estática ou ainda Discreta x Contínua.

Determinística ou probabilística: uma simulação é determinística quando todas as variáveis presentes são também determinísticas. Ao contrário, uma simulação estocástica baseia-se geralmente numa decisão mais próxima e também mais complexa da realidade. Neste caso, o modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias cujo papel, numa simulação, será representado através de amostras.

Estática ou dinâmica: uma simulação é estática para situações em que a dimensão do tempo não é relevante. Mas sem dúvida, a maioria das aplicações da simulação refere-se ao estudo de um sistema ao longo do tempo, caracterizando assim uma simulação dinâmica. Os modelos estáticos por basearem-se na hipótese de periodicidade dos principais fenômenos de tráfego (chegadas de veículos, formação e escoamento de filas) são utilizados para resolverem os problemas de planos de sinalização semafóricos.

Discreta ou contínua: numa simulação discreta, a passagem do tempo é feita aos pedaços, entre um evento e outro. Neste caso, supõe-se que o estado do sistema não se altera ao longo do intervalo compreendido entre dois eventos consecutivos. A maioria das simulações estocásticas são também discretas. Numa simulação contínua, a

passagem do tempo é vista como se fosse realmente contínua, muito embora ela seja feita a pequenos intervalos de tempo, por imposição do método empregado e do próprio computador.

3.4.2 Vantagens e Limitações

FREITAS (1999) aponta como principais vantagens dos modelos de simulação a possibilidade da comunicação interdisciplinar, o favorecimento da comparação de alternativas, a consideração de projeções temporais e a consideração de relações lineares e não lineares. Aponta ainda como limitações que as relações entre as variáveis são usualmente consideradas constantes e possibilidade de forte indução dos tomadores de decisão, ao serem considerados como mais confiáveis que as conclusões qualitativas obtidas por outros procedimentos.

LINDAU *et al* (2004) ao analisarem os motivos responsáveis pela difusão limitada da prática da modelagem, destacam algumas questões como os programas computacionais comerciais requererem um certo grau de familiaridade de seus usuários com técnicas de modelagem descritas em livros dedicados. Barreiras adicionais à utilização de técnicas computacionais derivam da dificuldade natural de utilizar programas cuja execução requer uma quantidade significativa de dados. Ainda, poucos são os programas computacionais que se classificariam na dimensão de ferramentas didáticas acessíveis àqueles que se dispõem à iniciação na prática da modelagem.

São muitos os fatores responsáveis pelas discrepâncias entre um modelo e o sistema real representado. A existência destas diferenças, denominadas erros, é intrínseca ao processo de modelagem não significando necessariamente, que tenha havido “enganos” por parte do utilizador. Em relação a isso, a tarefa do analista é dificultada por diversos fatores, pois por um lado, são exigidos determinados níveis de precisão das estimativas produzidas pelo modelo, mas não existem quaisquer referências que sugiram os níveis de precisão mais adequados na quantificação das variáveis independentes. Por outro lado, são mal conhecidas as próprias relações entre os erros cometidos ao nível dos *inputs* e os graus de imprecisão resultantes ao nível dos *outputs* dos modelos (SECO e VASCONCELOS, 2004).

A experiência da cidade de Bogotá com a utilização de simulação tem demonstrado que são múltiplas as aplicações possíveis, assim como pequenas as suas limitações. A

vantagem ao observar em operação o tráfego em intervalos de tempo é permitir prever com uma determinada precisão os possíveis conflitos de fluxos e vantagens e desvantagens comparativas entre as soluções factíveis que sem serem construídas podem ser avaliadas operacionalmente e permitem seleccionar a melhor alternativa (ARISTIZÁBAL e GARCIA, 2001).

A escolha de um simulador de tráfego deve ser dada em função da aplicação que se deseja e deve contemplar tanto as entradas requeridas devido à modelagem do *software* como as saídas disponibilizadas pelo mesmo, assim como demais aspectos de interesse.

3.4.3 Classificação de Simuladores

Modelos microscópicos de tráfego são ferramentas apropriadas para estudos que exigem um elevado nível de detalhamento na representação do tráfego viário. O uso de modelos microscópicos é adequado para avaliar situações onde os efeitos das interações individuais entre veículos são importantes. Modelos mesoscópicos apresentam características mistas, preservando níveis significativos de agregação e detalhamento, simultaneamente. Assim, caracterizam um nível intermediário de agregação. Os modelos macroscópicos descrevem o tráfego através de funções analíticas, cuja implementação computacional é substancialmente mais simplificada que a estrutura de simulação, tornando-se mais apropriados para avaliação de redes extensas.

As abordagens macroscópicas tradicionais são estáticas, avaliando um único estado da rede que representa condições médias ou agregadas no tempo. Já os modelos de micro-simulação são dinâmicos, pois rastreiam cada veículo ao longo da jornada. (ARIOTTI *et al.*, 2004).

a. Macro

Esta abordagem considera como hipótese principal o tráfego de alta densidade se comportando como um fluido contínuo.

i. EMME/2

É um programa para planejamento de transportes multi-modal, que oferece ao técnico um conjunto completo de ferramentas para modelagem da demanda, análise e avaliação da rede. Pode ser utilizado para analisar problemas de transportes, desde estudos viários

interurbanos até estudos de transporte público urbano e multi-modal, com o usuário estabelecendo os procedimentos que o programa deve executar. As características gerais do pacote EMME/2 são: flexibilidade na manipulação de matrizes, permitindo a distribuição, geração de viagens e modelos de repartição modal; sofisticada modelagem de redes multi-modais para processar informações viárias e de transporte público; algoritmo de alocação de vias com intuito de facilitar as alocações equilibradas, incluindo atrasos nas interseções e repartição modal; algoritmo de alocação de transporte coletivo com múltiplas rotas; capacidade de integrar as velocidades do transporte público e do automóvel particular para ser usada em procedimentos com alocação dupla; e alta resolução gráfica. (GALVÃO *et al.*, 1998, *apud* SOUSA, 2003).

ii. METANET

É um programa de simulação onde as redes viárias, de topologia real ou arbitrária, constituídas por *freeways*, são modeladas. Possibilita a análise de desenvolvimento e avaliação das medidas de controle do tráfego; Predição a curto prazo e monitoração do fluxo de tráfego em redes complexas; Avaliação dos impactos de novas construções, comparação de alternativas, etc.; e Avaliação dos impactos de eventos redutores de capacidade ou acréscimo de demanda, etc. (WANG, MESSMER e PAPAGEORGIOU, 2001, *apud* SOUSA, 2003). O programa opera com baixos esforços computacionais, os quais são independentes do carregamento da rede simulada, e permite o uso em tempo real. Os resultados da simulação, em termos de variáveis macroscópicas de tráfego, são densidade, fluxo e velocidade média em todos os arcos da rede, no intervalo de tempo determinado. São calculados, também, índices de avaliação global da rede, tais como: tempo total de viagem, distância total percorrida, consumo total de combustível e tempo total de espera.

iii. TRANSCAD

O TRANSCAD é um pacote que combina vários componentes em apenas um, ou seja; um completo sistema de informações geográficas que proporciona a análise dos sistemas de transportes nos bairros, cidades, estados, países, ou em escala mundial; uma coleção de capacidades para exibir, editar, e analisar seus próprios dados; um instrumento de ligação das informações inseridas com os seus próprios dados; um

sortimento de ferramentas que analisam, interpretam, constroem gráficos efetivos dos sistemas de transportes e utilizam mapas digitalizados para apresentações/visualizações.

iv. TRIPS

É um pacote de programas de planejamento de transportes que possui duas grandes áreas de atuação. A primeira realiza o planejamento estratégico viário em níveis regional e nacional. Na segunda, o enfoque é o planejamento do transporte urbano no que se refere ao tráfego e ao transporte público. O TRIPS é um conjunto de módulos inter-relacionados, onde cada módulo contém uma série de blocos, perfazendo-se a sua montagem até construir/atingir o modelo requerido. Os módulos disponíveis no pacote são: modelos de demanda, modelos de alocação baseados na rede, alocação de veículos de passeio, alocação do transporte público, estimativa de matrizes e manipulação de matrizes e rede gráfica.

v. SYNCHRO

É um modelo de tráfego macroscópico, que contém um modelo simplificado de simulação da quantidade de poluentes emitidos pelos veículos na rede (HUSCH, 1998). O SYNCHRO realiza o prognóstico da emissão dos veículos predizendo, primeiramente, o consumo de combustível, o atraso total em veículos-horas/horas e as paradas totais em paradas/hora. O consumo de combustível é ainda multiplicado pelos fatores de ajustes (os quais diferem dependendo do tipo de emissão), com o intuito de se estimar corretamente as emissões oriundas dos veículos (ROUPHAIL, *et al.* 2001).

vi. SATURN

O SATURN (*Simulation and Ass Assignment of Traffic to Urban Road Networks*) é um modelo macroscópico de alocação de tráfego, que incorpora uma estrutura de simulação de interseções viárias. Na estrutura de execução do SATURN, os módulos de alocação e simulação são independentes e operam alternadamente, num processo iterativo e convergente. A estrutura básica do SATURN exige dois conjuntos de dados: a descrição da rede viária e a quantificação da demanda na forma de matriz origem-destino. A rede viária é formada por um conjunto de nós e arcos representando, respectivamente, as interseções e os segmentos viários entre interseções adjacentes. Os dados envolvem: o controle de tráfego (relações de

prioridade ou programação semafórica), as restrições de conversões, fluxos de saturação nas conversões, número de faixas, e a velocidade de cruzeiro em cada arco.

b. Meso

Esta abordagem propõe uma representação da evolução da corrente de tráfego urbano, pondo em evidência a o conceito de pelotão de veículos.

i. TRANSYT

O TRANSYT é composto de um modelo mesoscópico determinístico de simulação de tráfego e de um algoritmo heurístico de minimização e cuja função objetivo utilizada é uma combinação linear do número de paradas e do atraso sofrido pelos veículos nas diversas aproximações da rede de interseções semaforizadas (OLIVEIRA, 1997).

MUNHOZ, 1978, dentro do contexto de uma metodologia proposta pela CET-SP (Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo), estuda e familiariza-se com os métodos de controle de tráfego desenvolvidos pelo TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*), pois este campo apresenta vantagens tais como:

- Aumento da capacidade das ruas e avenidas sinalizadas;
- Redução dos tempos de viagem para um dado nível de carregamento; da rede viária, aumentando a acessibilidade da região;
- Possibilidade de prioridade de tráfego para transportes coletivos, veículos especiais, pedestres e etc.
- Prover restrições seletivas de circulação de veículos.

Os semáforos em corredores arteriais operam normalmente coordenados, para permitir a progressão dos movimentos de tráfego. Muitos sistemas operam com programação semafórica de tempo fixo, ou off-line, com base em dados históricos de fluxos veiculares. Neste tipo de operação, a prioridade para o transporte público pode ser dada por meio de configurações nos tempos semafóricos (ciclo, tempos de verde e defasagem) que favoreçam os veículos do transporte público. A defasagem entre os semáforos pode ser ajustada em função da velocidade dos ônibus e dos tempos de embarque/desembarque nos pontos de parada (NETO e LOUREIRO, 2004).

As estratégias de coordenação semafórica são eficientes para promover a fluidez das correntes de tráfego e melhorar a qualidade operacional do sistema viário, reduzindo tempos de percurso, atrasos e paradas. Sendo assim, estabelecer adequadamente as defasagens entre interseções semaforizadas de corredores arteriais ou redes torna-se muitas vezes mais eficiente e menos oneroso do que algumas intervenções físicas (LINDAU *et al*, 2004).

O modelo utilizado pelo TRANSYT representa o comportamento do tráfego, para um ciclo médio, em uma rede onde a maioria das interseções são controladas por semáforos operando em tempo fixo. Para simular o comportamento em apenas um ciclo, todos os valores de fluxo fornecidos devem refletir condições médias para o período de demanda em estudo. A base do modelo de simulação é a representação dos padrões cíclicos de tráfego que representam as taxas médias de chegada em unidades de carro de passeio (UCP) para pequenos intervalos do ciclo para cada link. Esses intervalos são os passos (*steps*) que dividem o ciclo em períodos de igual duração e para os quais são determinados todos os valores utilizados no processo (VINCENT *et al*, 1980 *apud* OLIVEIRA, 1997).

Os padrões cíclicos de tráfego determinados pelo programa são *IN* – representa o padrão de tráfego que cruzaria a linha de parada caso o mesmo não fosse detido nesta linha pelo semáforo; *GO* – representa o comportamento do fluxo de tráfego quando liberado na linha de parada da interseção, calculado a partir do fluxo de saturação; e *OUT* – representa o comportamento do tráfego que deixa o *link*.

ii. SCOOT

É um sistema de controle de tráfego em redes urbanas semaforizadas, que tem sido implementado em várias cidades ao redor do mundo nas últimas décadas; requer detectores, implantados nas aproximações das interseções viárias com o intuito de estimar as chegadas dos veículos, controlar os sinais de trânsito e os *links* adjacentes, entre outras (JAYAKRISHNAN, MATTINGLY, MCNALLY, 2001, *apud* SOUSA, 2003).

Num sistema adaptativo, como o SCOOT, os semáforos em corredores arteriais podem operar coordenados com programação semafórica em tempo real com base em informações da demanda veicular detectada por laços indutivos localizados nas

aproximações semafóricas. Este tipo de operação é adequado em interseções que apresentam variação do fluxo de tráfego ao longo do dia, entre os dias da semana, ou até mesmo entre meses do ano. A filosofia do SCOOT é reagir às mudanças no tráfego por meio de freqüentes, porém pequenas, mudanças no ciclo, tempos de verde e defasagens de um determinado plano para um conjunto de semáforos que formam uma área de controle, visando à adequação deste plano às variações momentâneas no comportamento do tráfego (NETO e LOUREIRO, 2004).

c. Micro

Esta abordagem leva em conta os movimentos individuais de cada veículo que compõe o fluxo de tráfego.

i. INTEGRATION

É um modelo de simulação que permite a alocação de tráfego. Possibilita a simulação de interseções desde a do tipo “PARE” até redes semaforizadas coordenadas. Pode-se determinar diferentes classes de motoristas associadas a diferentes demandas. Fornece indicadores de tempo de viagem, atraso, consumo de combustível e emissão de poluentes para cada veículo individualmente, assim como para *links* isolados ou agregados. Também fornece indicadores de densidade, velocidade e nível de serviço por *link*. Apresenta uma interface gráfica, que permite a entrada de dados, a visualização da simulação do tráfego e a consulta dos dados de entrada e saída do programa (SOUSA, 2003).

Segundo RAKHA (2004), o programa INTEGRATION é um modelo microscópico de simulação do tráfego, pois representa individualmente a velocidade, a aceleração e os movimentos dos veículos ao longo das rotas a cada décimo de segundo, possibilitando avaliar sistemas complexos e cenários alternativos. São necessários cinco arquivos de entrada para calibração do INTEGRATION (nós, tramos, semáforos, matriz O-D e incidentes), além de alguns parâmetros opcionais.

ii. TRAFNETSIM

É um modelo de simulação estocástica e microscópica com capacidade de avaliar os efeitos do controle do tráfego. O modelo simula a operação dos ônibus, os efeitos de suas paradas nos pontos, manobras para estacionamento, bloqueio de interseções,

eventos de curta e longa durações ocorridas nas faixas de tráfego e ainda outras operações de tráfego com alto grau de detalhamento. Este programa é resultado da combinação de dois modelos: o TRAF (sistema de simulação de tráfego) e o NETSIM (programa de simulação de redes urbanas). Os veículos são representados individualmente e o desempenho operacional é determinado a cada segundo.

Cada veículo é identificado pela sua categoria, entre quatro possíveis (automóvel, ônibus, caminhão e *carpool*), e pelo seu tipo, existindo até nove diferentes tipos de veículos com diferentes características operacionais e de desempenho. O ambiente de simulação é representado por uma rede compreendendo nós e *links*, em que os primeiros representam as interseções e os segundos as vias urbanas. A movimentação do veículo na rede é realizada de acordo com a teoria da perseguição dos veículos, considerando-se a interferência do controle de tráfego, das atividades dos pedestres, da operação dos coletivos, do desempenho dos veículos, dentre outros. O modelo permite a alocação de tráfego. Como saída, o modelo apresenta medidas de eficiência (representadas por indicadores de desempenho tais como: velocidade, fluxo, densidade, atraso, fila, movimentos de giro, entre outros), consumo estimado de combustível, emissão de diversos poluentes.

Permite a utilização do TRAFVU (*TRAF Visualization Utility*), que é uma ferramenta gráfica, para visualizar os resultados da simulação. O TRAFVU exhibe redes de tráfego, anima a simulação do tráfego, o funcionamento dos semáforos, as Medidas de Efetividade (MOEs) e apresenta os atributos dos *links*, nós, rotas de ônibus, pontos de ônibus, áreas de estacionamentos e áreas de embarque e desembarque.

O programa considera a rede urbana e é utilizado para testar estratégias alternativas de controle de tráfego, considerando a movimentação dos veículos de acordo com as teorias de perseguição, o escoamento das filas, a mudança de faixa de rolamento e a associação da velocidade, aceleração e posição para cada veículo na rede. No TRAFNETSIM, cada vez que um veículo se desloca, sua posição no *link* e sua relação a outros veículos próximos são recalculados bem como sua velocidade e aceleração. Os controles atuados e a interação entre veículos e ônibus são modelados explicitamente.

ARAÚJO (2003) elucida que esse modelo faz uma análise microscópica do desempenho do tráfego, permite uma análise individual dos sistemas principal e local de uma rede

viária Ainda aponta a vantagem deste modelo de que ele permite realizar uma modelagem gráfica de qualquer rede viária através de nós e *links*, fornece medidas de desempenho por *link* e para todo sistema, permite uma análise do desempenho do transporte público e é compatível com o sistema *Windows*.

O modelo, na versão 5.0, apresenta as seguintes limitações:

- Nós : 500
- Links : 1.000
- Veículos : 20.000
- Ônibus : 2.000
- Paradas de ônibus : 99
- Rotas de ônibus : 625
- Controladores atuados : 1.000
- Detectores : 700
- Eventos : 200

O Modelo CORSIM é responsável pela parte microscópica dos modelos integrantes da família TRAF, sendo constituído pelos programas FRESIM (vias expressas) e NETSIM (redes urbanas), portanto, o **CORSIM faz parte do modelo TRAFNETSIM**.

O CORSIM (CORridor SIMulation) foi produzido pelo FHWA e é largamente utilizado nos EUA. Atualmente o CORSIM apresenta, em suas últimas versões 5.0 e 5.1, o TSIS (*Traffic Software Integrated System*), que é um pacote de programas para ambiente *Windows* que integra os vários componentes do modelo, quais sejam módulos para editoração gráfica das redes viárias e todas as suas características físicas e operacionais – TRAFED, codificador dos arquivos gráficos em arquivos de entrada no formato de cartão – TRANSLATOR, processamento da simulação – CORSIM, visualização do relatório com os resultados dos processamentos – TEXTEDITOR, e visualização gráfica (animação) da simulação – TRAFVU.

iii. DRACULA

O modelo DRACULA (*Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation*) é um simulador de tráfego microscópico e estocástico, que representa o movimento dos veículos através de rotas pré-especificadas. A evolução dos veículos ao longo da rede é estimada através de modelos de *car-following* (perseguição de

veículos) e *lane-changing*, (mudança de faixas) considerando o comportamento desejado dos motoristas, a sinalização e o controle nas interseções e arcos (ARAÚJO *et al.*, 2004). O DRACULA exige três conjuntos de dados de entrada: descrição da rede viária, demanda de tráfego e características dos veículos e moto motoristas. A formatação do arquivo de descrição de rede do DRACULA é compatível com o SATURN.

O modelo DRACULA representa diretamente o serviço de ônibus e a demanda de passageiros. Os serviços de ônibus são representados em termos das rotas e das frequências, das paradas de ônibus ao longo do percurso e das faixas exclusivas de ônibus, caso existam. A demanda de passageiros para os serviços de ônibus representa a taxa do fluxo de passageiros embarcando por hora em cada parada de ônibus. Também é possível especificar diferentes horários de embarques para as categorias de passageiros: aqueles que possuem um passe de ônibus ou *smart card*, passageiros pagando a passagem a bordo com a quantia exata ou não e etc. (SORRATINI, 2005).

iv. PARAMICS

O modelo PARAMICS (*Microscopic Simulation on Parallel Computers*) é um programa para simulação de redes de tráfego que considera as características individuais de cada veículo, permitindo uma modelagem microscópica. Considera o transporte público e suas interações com outras modalidades nas paradas, assim como medidas de prioridade para os ônibus. Uma das vantagens deste programa é a interface gráfica que facilita a entrada de dados e apresenta a animação da simulação em três dimensões. As informações sobre fluxos de tráfego, filas, densidade, velocidade, atraso, emissão de poluentes, entre outras, podem ser visualizadas graficamente, numericamente ou exportadas para arquivos no formato ASCII.

v. TRANSPLAN

O programa TRANSPLAN, constitui uma implementação do denominado modelo de transportes desenvolvida em linguagem Visual BASIC para rodar no sistema *Microsoft Windows*. As razões que embasam o desenvolvimento do programa são essencialmente didáticas, pois ele surgiu enquanto instrumento de apoio ao ensino da disciplina de Planejamento Regional e Urbano do Curso de Licenciatura em Engenharia Civil da Universidade de Coimbra. Como conseqüência das preocupações didáticas que estão na

sua origem, o programa não permite realizar a avaliação pormenorizada do impacto de intervenções urbanísticas sobre o desempenho do sistema de transportes na dimensão propiciada por programas comerciais. Em contrapartida, o TRANSPLAN apresenta uma maior facilidade de uso, por ser mais amigável no tocante à entrada de dados e saída de resultados e por ser menos exigente do que os programas comerciais em termos de necessidades de informação. O programa TRANSPLAN, além de aplicações de natureza acadêmica, foi utilizado para estimar o impacto da abertura de um grande complexo multi-uso – o complexo Euro Stadium – sobre o funcionamento da rede viária da cidade de Coimbra (LINDAU *et al.*, 2004).

3.4.4 Os modelos TRAFNETSIM e TRANSYT

O uso associado dos modelos TRAFNETSIM e TRANSYT presume a execução consecutiva de cada modelo, havendo transferência de informações. O objetivo desta utilização é aproveitar as vantagens de ambos os modelos, ampliando os elementos de análise. Os fluxos nas rotas são estimados pela fase de alocação de tráfego do TRAFNETSIM, e servem de dados de entrada para o modelo TRANSYT. Assim como, após processados, os dados de saída dos tempos semafóricos sincronizados do TRANSYT servem como os dados de entrada no TRAFNETSIM. Essa interface dos modelos não é direta como ocorre entre o SATURN e o DRACULA, onde bastam exportar os dados de um para outro. O uso associado das duas abordagens de modelagem potencializa as vantagens de cada modelo, ampliando a capacidade de investigação e economizando esforços e recursos de modelagem.

Já a versão norte-americana do TRANSYT, o chamado TRANSYT-7F, possui essa interface com o TRAFNETSIM, mais precisamente com o processador CORSIM. O CORSIM, conforme descrito anteriormente, é um programa que realiza a micro-simulação de tráfego de um modelo de rede viária, porém, não é capaz de otimizar os tempos semafóricos por conta própria. Justamente devido a essa limitação, recentemente as versões de TRANSYT-7 tem sido projetadas para trabalhar com uma correspondência direta com o CORSIM e suprir essa deficiência.

Os programas CORSIM e TRANSYT ambos contêm dados um tanto similares para suas interseções semaforizadas através de seus arquivos de entrada de dados. Quando um arquivo com a extensão *.TIN é gerada automaticamente pela abertura de um

arquivo *.TRF, somente os dados associados à coordenação e sinalização semafórica das interseções (nós) são importados. Ainda que o número de nós importados não reflita as interseções não semaforizadas, os atrasos dos veículos e suas viagens ainda podem ser tabulados pelo processador, reportados no arquivo de saída, e podem afetar o processo de otimização sempre que o mesmo for solicitado (HALE, 2006).

De acordo com WASHBURN e LARSON (2002), o programa TRANSYT-7F estima um atraso uniforme pela integração da quantidade de veículos que formaram uma fila durante o tempo de ciclo, sendo o veículo pertencente à fila determinado como aquele que não está se locomovendo na velocidade de cruzeiro. Explicitamente, este método leva em consideração os efeitos progressivos (através da simulação).

3.4.5 Definição do modelo de simulação

Quanto à seleção de um modelo, os seguintes critérios devem ser considerados pelo ponto de vista do TRB *apud* ARAÚJO (2003):

- Tamanho da rede: a maioria dos modelos tem limitações com relação ao número de nós e *links*, faixas e controles nas interseções;
- Representação da rede: refere-se à capacidade do modelo em apresentar a rede geometricamente e inclui vias urbanas, expressas e arteriais;
- Representação do tráfego: os modelos microscópicos têm a habilidade de simular movimentos sofisticados dos veículos permitindo uma análise complexa do tráfego sendo que os modelos macroscópicos e mesoscópicos não são tão indicados para avaliar condições complexas de tráfego;
- Operações de tráfego: o modelo deve ser capaz de simular as operações reais de tráfego como rampas, restrições e canalizações de tráfego, operações de transporte público, atividades de estacionamento;
- Controle de tráfego: para interseções urbanas e vias expressas, devem incluir sinais de PARE, sinais semafóricos, controle de velocidade;
- Saídas do modelo: existem dois tipos de *outputs*, na forma gráfica que incluem animação e na forma de MOE que fornece o resultado numérico;
- Disponibilidade de dados: em geral, os modelos microscópicos necessitam de dados mais detalhados, incluindo dados de entrada, calibração e validação;

- Facilidade de uso: devem ser considerados o processador, dispositivos gráficos e auxílio *on line*;
- Recursos necessários: devem ser considerados os custos relativos à preparação de dados, aquisição de *software* e *hardware*, utilização e manutenção do modelo e apoio técnico.

3.5 Procedimentos Atuais na Ocorrência de Incidentes – Rio de Janeiro

Alguns procedimentos utilizados pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-RIO) em situações que possam vir a causar problemas na fluidez do tráfego são mencionados nesta seção. A procura por tais procedimentos teve por objetivo saber como são realizadas as tomadas de decisão por parte da equipe da gerência de controle de tráfego (GCT), a fim de agregar valores ao procedimento proposto por essa pesquisa, expondo possíveis vantagens e limitações. GONÇALVES (1980), afirma que os procedimentos usados devem ser registrados para permitir sua transmissão aos novos técnicos da Engenharia de Tráfego e para que possam ser aperfeiçoados. A experiência que diariamente tem sido vivida em campo vai se transformando em conhecimento por parte dos técnicos e as providências tomadas diante das mais variadas situações representam importante pesquisa de soluções para os problemas de tráfego urbano.

Foram realizadas visitas ao Centro de controle de Tráfego por Área (CTA) da CET-RIO (figura 3. 2), onde foi possível observar alguns procedimentos, situações de incidentes e conversar com técnicos e especialistas responsáveis pelas soluções em tais situações. Não foi elaborado um questionário formal, apenas foram realizadas conversas com a equipe e diversas observações de imagens das câmeras. No entanto, para fins didáticos, os procedimentos realizados no centro da cidade do Rio de Janeiro e descritos abaixo são classificados de acordo com os tipos de operação de trânsitos determinados pelo boletim técnico da CET-SP (Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo).



Figura 3.2. Sala do Centro de Controle de Tráfego por Área.

Fonte: CET-RIO, 2006.

- Operações Rotineiras
 - Exemplo: manutenção de semáforos.

São executados durante a madrugada, não há qualquer alteração operacional de mudança de rotas de veículos ou de elaboração de novos planos semaforicos. São implementados os planos semaforicos que já estão programados para aquele horário. Faz-se justamente no horário em que há um volume de veículos baixo para que não seja necessário intervir diretamente no tráfego. Baliza-se o local, coloca-se a sinalização adequada em campo e o operador do centro de controle de tráfego devidamente avisado acompanha a operação através das câmeras de CFTV (Circuito Fechado de TV). Na ocorrência de algum problema nessa situação, o operador do CTA aciona a polícia ou os bombeiros. Não há registros de incidentes nesse tipo de operação rotineira.

- Operações Programadas
 - Exemplo: procissões de São Sebastião, de Corpus Christi.

Há uma programação prévia de fechamento de vias e desvio do tráfego, no entanto, é uma programação feita pela engenharia na Coordenadoria Regional de Tráfego (CRT) responsável pela área em questão, o CTA é avisado para que fiquem sob alerta naquela região, acompanhando com as câmeras o decorrer do evento, mas não há qualquer alteração por parte do CTA. Quando há necessidade de reprogramar algum semáforo devido a esse tipo de manifestação, os planos já vêm prontos da engenharia para o CTA e são executados de acordo com a programação do evento.

- Exemplo: eventos de fim de semana, feriados (fechamento de trechos de vias).

São os menos problemáticos, pois já são realizados em dias com menor volume de tráfego, mas a programação vem pronta da engenharia na CRT, o CTA é avisado para que fiquem sob alerta naquela região, acompanhando com as câmeras o decorrer do evento, mas não há qualquer alteração de operação semafórica, a não ser que a extensão do evento seja tal que a própria CRT resolva mudar a programação semafórica e nesse caso o CTA a executa. Caso a programação feita especificamente para o evento não dê bons resultados e haja um reflexo no tráfego em outro local, um gargalo não programado decorrente do mesmo, cabe ao CTA, através do operador no momento, tomar a decisão de alterar os tempos semafóricos, de acordo com a sua sensibilidade e experiência. Cada erro serve como uma futura consulta em eventos e situações similares.

Mais precisamente na área de estudo, quando eram programados shows no Píer Mauá, na Praça Mauá, duas faixas de tráfego da Avenida Rodrigues Alves eram fechadas, o volume de tráfego aumentava, tanto de veículos particulares como de coletivos, gerava um movimento na Avenida Rio Branco que não era o habitual de fim de semana. Era necessário então colocar planos semafóricos de acordo com o volume que estava sendo visto em campo, na tentativa de minimizar as retenções de tráfego. O problema de muitos veículos pararem para o embarque/desembarque no local causa retenções, mas o operador do BPTrans (Polícia Militar) está no local para gerenciar e evitar essas paradas repentinas. Nesse caso especificamente, por abranger a Avenida Presidente Kubitschek (perimetral), pode-se contar com a ajuda dos operadores de campo da CVE (Coordenadoria de Vias Especiais). Em um desses eventos, ocorreu um atropelamento, porque os pedestres ficavam parados no viaduto da Avenida Presidente Kubitschek para “assistir” ao show, com isso, houve necessidade de intervenção e no evento seguinte foi fechada uma faixa de tráfego do mesmo.

- Operações Emergenciais

- Exemplo: queima de um semáforo durante o dia.

O operador verifica através da câmera a ocorrência de um problema e tendo detectado a causa, manda um carro de manutenção para o local. O veículo é da própria CET, de pequeno porte para evitar maiores problemas de gargalo com um veículo parado na via.

Baliza-se o local, coloca-se a sinalização adequada em campo e o operador do centro de controle de tráfego acompanha o local monitorando pelas câmeras até que o problema seja solucionado. Haverá um gargalo, possivelmente uma retenção do tráfego, um congestionamento, mas que não pode ser resolvido de outra forma. Conserta-se o semáforo e espera-se a normalização da fluidez. Caso seja necessário, o operador pode “impor um tempo de verde maior” para aquela interseção facilitando a dissolução das filas. Mas é uma resolução do momento, do próprio centro de controle, decidindo de acordo com as imagens do local se há necessidade de mudar o tempo de semáforo.

Maiores causas de congestionamentos no centro do Rio de Janeiro, área de estudo em questão:

- Táxis parando tanto na faixa da esquerda quanto na da direita, sobretudo na Avenida Rio Branco → causam retenção em algum ponto, diminuem a velocidade média da via, atrapalham os ônibus (quando na faixa da direita). O CTA através de suas câmeras acompanha, mas não há intervenção.
- Estacionamento nas vias, em certos locais com “paradas rápidas” em fila dupla → causa uma redução na capacidade das vias e por vezes gera conflitos no tráfego, principalmente nos movimentos de manobra.
- Quantidade excessiva de ônibus → gera uma fila de ônibus desde o início da Avenida Rio Branco até após a interseção com a Rua do Ouvidor, o que causa uma tentativa de ultrapassagem de uns pelos outros, utilizando por vezes três faixas de circulação de tráfego, além de pararem em determinados locais antes ou depois de seus pontos de paradas.
- Ônibus enguiçado em semáforo → através da câmera do CTA, o problema é detectado e avisa-se ao responsável por aquela determinada linha de ônibus. No caso de ser um local crítico, manda-se um reboque próprio para remover o ônibus daquele trecho, colocando-o em um trecho menos sobrecarregado para esperar o reboque do operador.
- Ônibus pirata já não é mais um problema, ao menos no que se refere a parar o tráfego em locais inadequados, pois os mesmos somente “aparecem” quando a fila de passageiros aguardando o ônibus já está formada e ficam parados o tempo exato para o embarque destes usuários cativos.
- Vans se interpondo com os ônibus para garantir sua demanda.

- Áreas de Estacionamento Privativo de veículos na Avenida Presidente Vargas causam fila de veículos na entrada/ saída dos mesmos, retendo uma faixa de tráfego.
- Manobras de estacionamento – causam gargalos.

Em relação às intervenções do CTA, ao detectar através do acompanhamento pelas câmeras um congestionamento causado por acidentes, o corpo de bombeiros é acionado.

Os acidentes não são o grande problema da região do centro do Rio de Janeiro, na sua maioria não há necessidade de intervenção da gerência de tráfego, pois são resolvidos no local pela Polícia Militar e logo dissolvido o problema. Entretanto, quando ocorrem acidentes com um maior grau de relevância, o impacto causado é progressivo, como por exemplo, o caso de um capotamento na curva de descida da Avenida Presidente Kubitschek, que gera reflexos no tráfego até o viaduto do gasômetro.

No entanto, das análises dos acidentes com vítimas na região compreendida pela CRT 1 (região do centro do RJ) são apresentadas as interseções críticas relativas ao grau de severidade do acidente e as interseções críticas relativas considerando a quantidade de acidentes. Pode-se observar que das quinze principais interseções críticas listadas, de acordo com o grau de severidade, sete pertencem à área de estudo (destacadas na tabela 3.1); e de acordo com a quantidade de acidentes, de quinze interseções, seis são listadas como interseções críticas na área de estudo (tabela 3.2), ou seja, há de se considerar a ocorrência desses acidentes como incidentes frequentes e manter planos alternativos atualizados para as possíveis situações mais recorrentes. Os dados, recolhidos no CBMERJ (Corpo de Bombeiros), foram georeferenciados e analisados com suporte do banco de dados georeferenciado da prefeitura CAVIAR (cadastro viário).

Tabela 3.1. – Dados de acidentes CRT AP 1 – Período: ano de 2000

Interseções críticas pelo critério do grau de severidade.

IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS - AP 1									
interseção/locais		n°	severida	VDT	n°	VDT	exposição	taxa critica	taxa real
		acidentes	de (ups)	(veic/dia)	dias	* n° dias	do veículo	(n°acidentes/milhão de veículos)	(n°acidentes/milhão de veículos)
1	AV VENEZUELA X RUA SOUZA E SILVA	20	36	10272	365	3749280	3,75	1,44	9,60
2	RUA SENADOR ALENCAR X RUA GAL BRUCE	9	17	5856	365	2137440	2,14	1,59	7,95
3	RUA VISC DE DUPRAT X RUA JULIO DO CARMO	15	23	11880	365	4336200	4,34	1,41	5,30
4	PÇA DA REPUBLICA X AV PRES VARGAS X CPO DE SANTANA	89	145	115670	365	42219550	42,22	1,03	3,43
5	RUA VISC DE INHAUMA X AV RIO BRANCO	18	22	13080	365	4774200	4,77	1,38	4,61
6	AV PASSOS X AV PRES VARGAS	64	80	61970	365	22619050	22,62	1,10	3,54
7	RUA EQUADOR X RUA CORDEIRO DA GRACA	6	10	5472	365	1997280	2,00	1,61	5,01
8	RUA SENAD DANTAS X RUA EVARISTO DA VEIGA	11	23	17200	365	6278000	6,28	1,32	3,66
9	RUA ARAUJO PORTO ALEGRE X AV PRES ANTONIO CARLOS	10	14	9480	365	3460200	3,46	1,46	4,05
10	RUA SANTOS LIMA X RUA ESCOBAR	6	14	9700	365	3540500	3,54	1,46	3,95
11	RUA SENAD DANTAS X RUA DO PASSEIO	9	21	17240	365	6292600	6,29	1,32	3,34
12	RUA DO SENADO X RUA DOS INVALIDOS	3	11	7920	365	2890800	2,89	1,51	3,81
13	AV SALVADOR DE SA X RUA CARMO NETO	13	29	25600	365	9344000	9,34	1,24	3,10
14	AV RIO BRANCO X RUA DOM GERARDO	16	16	12640	365	4613600	4,61	1,39	3,47
15	AV MAL FLORIANO X RUA CAMERINO X AV PASSOS	20	36	34470	365	12581550	12,58	1,19	2,86

Fonte: CET-RIO.

Tabela 3.2. – Dados de acidentes CRT AP 1 – Período: ano de 2000

Interseções críticas pelo critério da quantidade de acidentes.

IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS - AP 1								
	interseção/locais	n° acidentes	VDT (veic/dia)	n° dias	exposição do veículo	taxa crítica (n°acidentes/mil hão de veículos)	taxa real (n°acidentes/mil hão de veículos)	índice de determinação
1	AV VENEZUELA X RUA SOUZA E SILVA	20	10272	365	3,75	1,09	5,33	387,21
2	RUA VISC DE INHAUMA X AV RIO BRANCO	18	13080	365	4,77	1,05	3,77	259,19
3	RUA SENADOR ALENCAR X RUA GAL BRUCE	9	5856	365	2,14	1,20	4,21	249,50
4	AV PASSOS X AV PRES VARGAS	64	61970	365	22,62	0,82	2,83	244,41
5	AV RIO BRANCO X RUA DOM GERARDO	16	12640	365	4,61	1,06	3,47	228,43
6	RUA VISC DE DUPRAT X RUA JULIO DO CARMO	15	11880	365	4,34	1,07	3,46	224,07
7	PÇA DA REPUBLICA X AV PRES VARGAS X CPO DE SANTANA	89	115670	365	42,22	0,76	2,11	177,01
8	PÇA MAL HERMES X AV CIDADE LIMA X R. EQ. X R.GAL L. M. MO	27	29520	365	10,77	0,92	2,51	173,63
9	RUA ARAUJO PORTO ALEGRE X AV PRES ANTONIO CARLOS	10	9480	365	3,46	1,11	2,89	160,29
10	RUA DA QUITANDA X RUA BUENOS AIRES	3	2400	365	0,88	1,35	3,42	153,53
11	RUA EQUADOR X RUA CORDEIRO DA GRACA	6	5472	365	2,00	1,22	3,00	146,64
12	RUA MELO E SOUZA X RUA IDALINA SENRA	2	1632	365	0,60	1,37	3,36	145,50
13	RUA JULIO DO CARMO X RUA CORREIA VASQUES	2	1776	365	0,65	1,37	3,09	125,48
14	AV RODRIGUES ALVES X RUA PROF PEREIRA REIS	36	55890	365	20,40	0,83	1,76	111,82
15	AV RIO BRANCO X AV PRES VARGAS	51	90040	365	32,86	0,78	1,55	98,08

Fonte: CET-RIO

Não há esquemas operacionais elaborados pela gerência controle de tráfego para congestionamentos recorrentes – que ocorrem usualmente nos horários de pico e para os congestionamentos ocasionais – acontecem por fatores repentinos: mau tempo, retenção de veículos em local inadequado, acidentes de tráfego que impliquem na redução da capacidade de um trecho. A estratégia operacional depende do especialista responsável pelo CTA no dia/hora e das operações do BPTrans.

Alguns incidentes ocorridos nos últimos anos foram observados nas imagens gravadas nos arquivos de dados do CTA da CET-RIO e as soluções ou situações descritas por técnicos são relatadas na seqüência. Vale ressaltar que a Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro possui um procedimento para a interdição de vias (cujas especificações encontram-se no anexo), no entanto, a aplicação do mesmo não pode tratar incidentes imprevisíveis, tais como os descritos abaixo:

- Incêndio prédio da Eletrobrás – fechamento da interseção Avenida Rio Branco x Avenida Presidente Vargas em um primeiro instante, e conseqüente bloqueio das vias. Devido à sua gravidade, o local permaneceu isolado com riscos de desabamentos e com isso as áreas adjacentes tiveram a fluidez e o comportamento dos seus tráfegos substancialmente alterados.
- Enchente – há ocorrência de determinados bolsões de água, vistos nas imagens gravadas de câmeras do CTA, como por exemplo, na Rua Camerino. Mas usualmente decorrem de “pancadas de chuvas” e as vias escoam naturalmente a água. Há interrupção temporária do tráfego naquele local, nessas situações somente os ônibus prosseguem viagem.
- Manifestação Pública – podem ser desde as mais simples, em que não há interrupção contínua de nenhuma faixa de tráfego, como observadas em imagens gravadas e que um patrulhamento da polícia militar com veículos de pequeno porte contém a população e desvia temporariamente o tráfego, até as que ocorrem o fechamento total de vias.

Alguns exemplos de possibilidade de utilização de conceitos básicos de Engenharia de Tráfego para solucionar congestionamentos são listados na seqüência.

- Inversão da mão da via – em uma primeira visita ao CTA, foi informado que não se utilizava este tipo de medida, pois há muitos problemas em avisar a população e os operadores de campo por si não gerenciam o problema. No caso do incêndio da Eletrobrás houve um atropelamento envolvendo um veículo dos bombeiros que trafegava na via em sentido oposto. No entanto, em uma posterior visita ao mesmo CTA, constatou-se essa inversão da mão de via no caso do fechamento total de uma via paralela. Fica claro que não há critério para a escolha das alternativas e depende quase que exclusivamente do técnico responsável.
- Colocação de faixa segregada de ônibus – há a realização de faixas exclusivas para ônibus somente no pico da tarde, mas apesar de serem segregadas fisicamente por cones, estes não representam barreiras intransponíveis, sendo necessário o auxílio de um efetivo de operadores na via.

Há intenção, por parte de várias gerências da CET-RIO, de aprimoramento e implantação de Planejamento e Projetos com: Utilização de dispositivos de detecção de incidentes, Painéis de Mensagem Variáveis e Carros de emergência.

As normas para conceder autorização de interdição do tráfego na cidade do Rio de Janeiro encontram-se no anexo II. No entanto, tal resolução prevê apenas procedimentos para incidentes esperados ou planejados.

Em linhas gerais, o **gerenciamento do tráfego** do centro do Rio de Janeiro é feito através da observação das câmeras nos pontos pré-determinados; quando necessário faz-se uma imposição do tempo semafórico, baseado na experiência do operador ou responsável do local, que aumenta o tempo de verde do semáforo, analisa se a solução foi ideal, e muda todos os tempos semafóricos subsequentes.

Não há esquemas para dias em que haja incidente na via com redução de capacidade da mesma. Em relação ao **controle do fluxo de tráfego**, não há esquemas de fechamento temporário dos acessos.

Em relação ao **desvio do fluxo de tráfego**, não há esquemas de rotas alternativas, nem informação das mesmas assim como não há painéis que alertem para a ocorrência de incidente.

4 CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTO PROPOSTO

A orientação do planejamento quanto ao futuro pode ser visto através de relações determinísticas, sendo o futuro consequência do passado; pode ser visto como resultado de situações desejadas, com valores e aspirações definidos e ainda como uma incerteza que depende das decisões do presente e da ocorrência de eventos futuros alternativos. Sendo assim, deve-se ter uma noção exata da orientação do planejamento que se pretende definir, assim como a estrutura de tal processo de planejamento de transportes deve estar bem fundamentada.

Este capítulo apresenta um procedimento que possa atuar em diversas situações de incidentes e deve ser executado a fim de se obter regras de como agir em determinadas situações. Sendo assim, esse procedimento faz parte de um processo de planejamento de transportes onde se devem adquirir informações sobre os sistemas de transportes, os sistemas de atividades e os sistemas institucionais do local. Cada localização deve ter seu modelo, daí a necessidade do conhecimento de seus sistemas. Já devidamente contextualizado pode-se traçar um diagnóstico do impacto que tal incidente causa e avaliar sua amplitude, a fim de estabelecer as alternativas e soluções.

O procedimento pode ser aplicado para diversos incidentes distintos em uma mesma região, causando impactos diferentes e ainda tendo soluções adversas. Ou seja, cada vez que o procedimento é realizado, obtém-se um conjunto de possibilidades, podendo as mesmas serem listadas transformando-os as em regras.

É importante que haja uma monitoração da aplicação de cada uma dessas soluções, enriquecendo o cadastro de regras viáveis. Além disso, um determinado incidente “x” ocorrido em um trecho de uma via pode servir de solução inicial para um incidente “y” no mesmo trecho de via. Parte-se do pressuposto que se ambos tiverem a mesma extensão e gravidade, a análise das alternativas no procedimento proposto será reduzida.

Este tipo de solução de um procedimento único para gerenciar o tráfego e fornecer alternativas operacionais é cada vez mais utilizado nos EUA, onde diversas agências de transportes em cada estado norte-americano fizeram suas adaptações ao procedimento, de acordo com a disponibilidade de equipamentos de detecção de incidentes, equipes de

apoio de resgate e de serviços de patrulha e ainda considerando a sua legislação vigente. Um dos mais conhecidos procedimentos é o de São Francisco – CA, que funciona desde 1992 com suas regras para utilização de alternativas operacionais em situações de incidentes. Em Denver – CO, com a utilização de regras geradas por um procedimento, a cidade reduziu os custos decorrentes de atraso nas vias no pico da manhã, gerados pelo tráfego adicional conseqüente de incidentes em torno de US\$0,80 a US\$1,0 milhão (JOHNSON e THOMAS, 2000).

O procedimento proposto nesse trabalho não é um sistema especialista, mas fundamenta-se em alguns de seus conceitos a medida que depende do conhecimento humano para resolução de alternativas e ao mesmo tempo utiliza-se de técnicas computacionais para sua elaboração. E principalmente, pode melhorar o processo de tomada de decisão e reduzir a subjetividade dos gestores, planejadores e tomadores de decisão do setor de transportes.

O procedimento proposto para alternativas de esquemas operacionais de gerenciamento do tráfego em situações de incidentes através da micro-simulação é dividido nos dezesseis passos listados abaixo, e o fluxograma representativo do procedimento é apresentado ao final deste capítulo, possibilitando um melhor entendimento de cada etapa. Na seqüência algumas dessas etapas serão detalhadas para uma melhor compreensão do funcionamento do procedimento.

- ✚ Identificação e Definição do Problema
- ✚ Definição da abrangência da área a ser estudada
- ✚ Identificação dos dados necessários
- ✚ Coleta e Seleção de Dados
- ✚ Desenho da configuração viária no TRAFNETSIM – criação do modelo
- ✚ Entrada de dados no modelo
- ✚ Escolha das Medidas de Efetividade
- ✚ Processo de Validação do Modelo
- ✚ Diagnóstico – seleção da situação de incidente
- ✚ Desenho da configuração viária do incidente no TRAFNETSIM

- ✚ Alternativas geradas para a situação de incidente
- ✚ Alocação do Tráfego
- ✚ Novos Tempos Semafóricos (TRANSYT)
- ✚ Processamento das Alternativas com o tráfego alocado e novos tempos semafóricos
- ✚ Comparação das Medidas de Efetividade - Avaliação dos indicadores de desempenho
- ✚ Escolha da Melhor Alternativa

- **Identificação e Definição do problema**

Esta etapa inicial visa identificar, nos centros urbanos das cidades de grande e médio porte, os locais com problemas de congestionamentos causados pela ocorrência de incidentes. Normalmente os centros urbanos não são apenas os centros comerciais, mas são também onde se localizam os centros econômico-financeiros das cidades e conseqüentemente são um alvo de manifestações políticas. Qualquer incidente que ocorra nessa área, portanto, afeta diversos setores econômicos, sendo assim, esta etapa focaliza o estudo em relação a seus objetivos e suas limitações. Nesta etapa devem ser coletadas as primeiras manifestações de todos os grupos a serem envolvidos no processo.

Ao identificar o problema na fluidez do tráfego a ser estudado, deve-se estabelecer o tipo de incidente ocorrido e a via ou trecho de via em que se localiza. Consulta a estudos realizados anteriormente no local, contato com autoridades locais e com representantes de classe completam o histórico necessário do trecho em estudo, ou seja, informações sobre infra-estrutura e sobre participação e organização comunitária no local também são importantes. Além disso, recorrer a índices de acidentes e quantidade de multas também ajudam a perfazer o perfil do local selecionado. Na verdade, não apenas índices numéricos, mas evidências de baixa mobilidade, atrasos veiculares e formação de filas excessivas em determinado local justificam a necessidade de realização de estudos detalhados visando apresentar alternativas para que esses transtornos sejam minimizados. Essa identificação do problema deve utilizar informações já existentes de

fontes confiáveis, sobretudo porque deve ser uma parte do estudo que requer poucos recursos.

- **Definição da abrangência da área a ser estudada**

A ocorrência de um incidente gera uma interferência na fluidez do tráfego não apenas no local em que ocorreu, mas em uma área diretamente afetada pelo impacto causado. A definição dessa área diretamente impactada deve levar em consideração os caminhos alternativos que poderiam ser criados para chegar a determinados locais sem que fosse necessário passar por aquele ponto de incidente. Ou seja, as principais vias (de maior fluxo de tráfego), assim como as suas respectivas transversais e paralelas principais devem fazer parte do estudo. Devem-se visualizar pontos de entrada e saída da via afetada e a partir daí selecionar as demais vias do modelo vislumbrando até aonde poderão ocorrer reflexos devido aos incidentes e posteriores mudanças propostas ou sugeridas.

É uma etapa que requer um bom conhecimento do local, do motivo de viagem (trabalho, compras, lazer, etc.), das opções de rotas alternativas, dos pólos geradores de viagens, das rotas dos ônibus, dentre outras características específicas. A área de estudo deve apresentar características uniformes sempre que possível, a fim de evitar uma heterogeneidade na coleta de dados. Nesta definição da área a ser modelada, ocorre não apenas a seleção das vias, mas também há a seleção das interseções semaforizadas.

FREITAS (1999) propõe que a área de delimitação do estudo seria aquela cuja repercussão de determinada solução pode disseminar-se ao longo da malha viária implicando em um maior ou menor carregamento do sistema viário alternativo. Sendo assim, a rede viária compreende, basicamente, a rede de projeto, além do sistema viário principal indiretamente atingido pelas mudanças no tráfego.

Muitas vezes essa delimitação da área de estudo é feita intuitivamente, baseada no conhecimento do local, no entanto, diversos autores propõem critérios para essa escolha. PORTUGAL (1980) define a área de estudo através de uma linha limite, em que devem ser considerados também os limites políticos, administrativos e censitários, assim como as barreiras naturais e artificiais. Sugere ainda que para a delimitação da área de estudo, deve-se caracterizar as atividades desenvolvidas na área para que em uma fase I sejam

isolados os problemas gerados pela atividade em estudo; na fase II sejam incluídos os locais que, embora sem problemas presentemente, podem antecipar o surgimento de problemas futuros e ainda a fase III, em que há a inclusão de áreas com potenciais de aproveitamento para a resolução do problema.

Este tópico do procedimento da definição da abrangência da área a ser estudada não apresenta um critério único como o supracitado, mas sendo realizada uma sistematização do que foi exposto em relação aos incidentes, esta definição torna-se viável. Alguns critérios como de cordão externo e internos da área foram estudados, mas nenhum deles foi capaz de identificar a área exata, pois por exemplo não há uma forma geométrica definida para tal e depende de diversos fatores que variam de região pra região.

Sendo assim, escolhe-se um “eixo principal” da área a ser estudada, ou seja, uma via de caráter relevante (tanto pelas atividades nela realizadas como pelo fluxo de tráfego – composição e volume) em que a alternativa para gerenciar o tráfego, caso ocorresse algum incidente, fosse mais difícil naquela via em virtude da mesma possuir pontos bem demarcados de entrada e saída. Tal via preferencialmente deve ser a que possua um histórico dos eventos a serem estudados, e também que possua as transversais que irão compor a área de estudo. Essa área diretamente afetada deve estar com seus limites demarcados através desse eixo principal, seus pontos de entrada e saída, suas transversais principais e as vias que tornariam-se possibilidades de rotas.

SOUSA (2003) afirma que a exclusão, no estudo de viabilidade, de alguma localidade da área impactada pode provocar sérios danos à sociedade, pois a transferência do problema é algo que pode acontecer e que geralmente só é notado ou sentido após toda a alteração viária ter sido implementada, resumindo-se em um grande prejuízo tanto para a sociedade como para o órgão executor do serviço, já que alguma reparação terá que ser realizada.

- **Identificação dos Dados Necessários**

Esta etapa consiste em identificar todos os dados necessários, uma vez que a área a ser estudada foi identificada, para que seja possível providenciá-los, assim como averiguar a necessidade de realização de pesquisa de campo, contato com órgãos competentes e

pesquisa complementar pela internet. As características físicas e operacionais devem ser resgatadas dos dados disponíveis e das visitas *in loco*. Caso seja identificada a necessidade de pesquisa de campo, a mesma deve ser previamente elaborada, em vista de otimizar os recursos e minimizar os erros. As operações semaforizadas, os movimentos permitidos, o número de faixas de tráfego, as rotas de ônibus e a localização dos pontos de parada, são algumas das características das vias requeridas como dados de entrada do micro-simulador. A partir dos dados identificados, já deve ser estudado a possibilidade de coleta dos mesmos. Tal identificação faz-se necessária para otimizar a etapa seguinte, a coleta de dados propriamente dita. Essa otimização reduz os custos e tempos empregados nas pesquisas, e, portanto, é importante levantar de modo compatível aos objetivos do estudo, apenas os dados realmente necessários, em quantidades adequadas e através dos procedimentos mais eficientes.

- **Coleta e Seleção de Dados**

A qualidade do estudo está condicionada à eficiência da coleta de dados, cujos objetivos principais são: fornecer as informações necessárias e suficientes para constatar as condições existentes e estimar as futuras; identificar as deficiências e respectivas causas; escolher as opções de melhorias; avaliá-las e, finalmente, justificar as recomendações selecionadas (PORTUGAL, 1980).

Esta etapa lista os dados necessários para a configuração da rede viária no modelo do TRAFNETSIM, dentre os quais serão utilizados os que foram identificados como necessários, coletados e utilizados com um dos objetivos descritos acima.

O conhecimento e a localização, pelo técnico, dos equipamentos que auxiliam os órgãos gestores do trânsito a monitorar e gerenciar o tráfego das cidades passa a ser importante a medida que com a utilização dessas ferramentas pode-se otimizar o tempo requerido para a realização das pesquisas (levantamento dos dados), assim como evitar a coleta de dados em campo que seriam facilmente obtidos de forma eletrônica.

Há três maneiras principais de se realizar essa coleta de dados: através de pesquisa de campo, com o auxílio dos órgãos competentes fornecendo os dados existentes ou ainda através da internet (seja por *site* dos próprios órgãos ou ainda com informações complementares). A interface com os órgãos gestores é muito utilizada, pois ainda que

não possuem os dados necessários referentes ao período de tempo delimitado no estudo, possuem os meios e tecnologia para adquiri-los. Da mesma forma, a pesquisa de campo, ainda que desnecessária para a obtenção de dados, sempre é útil para o reconhecimento do local estudado e verificação de dados obtidos. Abaixo, segue a listagem dos dados requeridos.

- Comprimento das vias.
- Largura das vias.
- Número de faixas de tráfego.
- Movimentos permitidos por faixas de tráfego.
- Volumes de entrada na rede (nós de entrada).
- Volume de veículos que realizam seus movimentos em todos os nós internos da rede.
- Comprimento das faixas segregadas de tráfego para as conversões à esquerda.
- Comprimento das faixas segregadas de tráfego para as conversões à direita.
- Velocidade de fluxo livre.
- Velocidade de saturação das vias.
- Fluxo de pedestres (nulo, leve, moderado, e pesado).
- Porcentagens de caminhões e *carpools*.
- Itinerários/rotas dos ônibus.
- *Headways* das linhas operadoras.
- Localização dos pontos de parada de ônibus.
- Tempo destinado ao embarque e desembarque (sobe e desce) dos passageiros nos pontos de paradas.
- Tipo de sinalização ou controle semafórico.
- Seqüência e número de fases dos semáforos.
- Tempo de ciclo de cada controle semafórico.
- Tempo máximo de verde.
- Tempo mínimo de verde.
- Tempo de amarelo.
- Vermelho total.
- Tempo máximo de extensão de fase.
- Comprimento dos veículos.

- *Gap* aceitável.
- Quantidade e Localização dos Pontos de Táxis
- Quantidade e Localização de Estacionamentos.
- Faixa de tráfego onde o detector está posicionado.
- Distância da linha de parada ao detector.
- Tamanho do sensor.
- Tempo de atraso.
- Tipo de grupo detector.

- **Desenho do modelo da rede no TRAFNETSIM – Configuração Viária:**

Cada interseção é representada por um nó, assim como cada via por um *link*. Utiliza-se uma imagem, seja uma planta, mapa ou qualquer referência para servir de base e auxílio no desenho da configuração da rede no simulador. Em cima desta imagem vão sendo adicionados os nós e *links* necessários já selecionados. Esta etapa é possível a partir da versão 5.0 do *software* TRAFNETSIM, onde o ambiente de entrada de dados é direto em telas em um ambiente de *Windows*, em vez de entrada de preenchimento de cartões.

- **Entrada de dados**

Trata-se da entrada de dados para cada nó e *link* do modelo. Dentre os dados coletados, são utilizados nesta etapa:

- Volume classificado das interseções.
- Percentuais de movimentos de giros de cada faixa das vias.
- Planos semafóricos das interseções.
- Linhas de ônibus, com seus trajetos, *headways* e tempo de embarque de passageiros.
- Localização das paradas de ônibus de cada trajeto.

- **Nomear cenário inicial**

Esta etapa refere-se à elaboração um cenário inicial, necessário devido a uma posterior comparação com os demais cenários. Este cenário será chamado de cenário 0 (zero), que representa o cenário com o modelo completo, já devidamente carregado com seus dados, sem que haja qualquer incidente ou modificação em sua configuração viária.

Com esse modelo pronto, poderá ser feito o primeiro processamento dos aplicativos TRAFED e TRAFVU do CORSIM 5.0, referentes ao micro-simulador TRAFNETSIM.

- **Selecionar índice de desempenho e realizar contagem visual do modelo**

As medidas de efetividade (MOE's) são baseadas em índices de desempenho operacionais do sistema. Em diversas situações nos sistemas de transportes é necessário especificar os níveis de desempenho que serão alcançados, considerando restrições técnicas e não técnicas do nível do sistema que influenciam seu desenvolvimento. De acordo com ALBORNOZ (2005) metas estabelecidas claramente podem levar ao alcance do nível de desempenho desejado e esse nível de desempenho é especificado para o desenvolvimento de uma arquitetura de ITS (Sistemas Inteligentes de Transportes), no entanto, algumas dessas metas podem ser abrangentes e empregadas ao universo dessa pesquisa, como aumentar a eficiência operacional e a capacidade do sistema de transporte; aperfeiçoar a mobilidade pessoal e a conveniência e conforto do sistema de transporte e aperfeiçoar a produtividade econômica presente e futura dos indivíduos, das organizações, e da economia como um todo.

Nesta etapa, essas MOE's não necessitam ser colocadas no TRAFVU, pois a obtenção do resultado é a contagem baseada em análise visual. A variável que será examinada será o tamanho da fila em um *link* pré-determinado.

Esse *link* pré-determinado foi escolhido em função de sua localização no modelo da rede. Devem ser vias onde haja um fluxo intenso, sem que estejam saturadas nem tampouco com as interseções bloqueadas, pois dificultaria a contagem do tamanho da fila. O fator preponderante na escolha dessas vias e conseqüentemente seu correspondente *link* no modelo é a possibilidade da coleta de dados para posterior comparação (Tamanho da Fila Contado na animação do TRAFVU x Tamanho da Fila Contado no Levantamento de Campo).

- **Exportar Dados do TRAFVU para EXCEL**

O resultado fornecido pela tabela do TRAFVU deve ser exportado para um editor de gráficos, sendo aqui utilizado o *software* EXCEL da *Microsoft*, devido a sua interface

conhecida e de fácil compreensão. Esta operação é feita de forma manual, uma vez que o TRAFVU, na versão 5.0, não permite que seus dados sejam lidos por outro programa.

Na etapa de coleta de dados, deve-se obter dados do tamanho de fila em uma determinada interseção, no horário previsto e durante o tempo da simulação. Esses dados podem ser obtidos diretamente em campo, através de contadores manuais, ou ainda com o auxílio dos órgãos competentes, realizando a filmagem da interseção pré-determinada. A escolha dessa interseção deverá estar de acordo com a localização das câmeras dos circuitos de monitoração de TV existentes.

De posse da filmagem, faz-se a contagem do tamanho da fila através das imagens gravadas e reproduzidas nos computadores em laboratório, com a vantagem de poder acelerar ou desacelerar e ainda conferir os dados. Independente do meio de elaboração da contagem, os dados práticos coletados resultam no comprimento das filas – fila máxima por faixa de tráfego, e estes resultados são compilados em forma de planilha do EXCEL com o intuito de compará-las com os resultados obtidos na etapa anterior, na visualização do modelo de micro-simulação. A figura 4.1 exemplifica a compilação dos dados referentes a apenas uma das faixas da via, sendo que todas as faixas da interseção semaforizada selecionada devem ter seus tamanhos de fila computados.

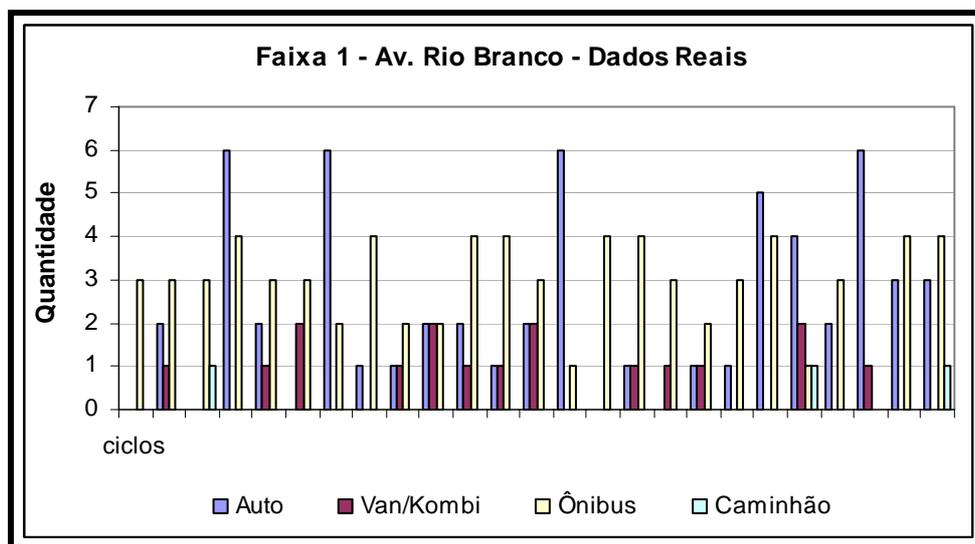


Figura 4.1. – Exemplo da contagem classificada relativa à filmagem da interseção da Avenida Rio Branco x Avenida Presidente Vargas.

Fonte: Elaborado no EXCEL.

Deve-se comparar os resultados de tamanho da fila do modelo simulado (Cenário 0) com a mediação do tamanho real dos dados práticos. Essa comparação requer uma adaptação e conferência de resultados, e é esta etapa que é admitida como sendo o Processo de Calibração do Modelo. Para que haja esta análise, deve-se estabelecer um coeficiente de variação ou erro a ser utilizado.

$$(\mathbf{TF}_{\text{REAL}} - \mathbf{TF}_{\text{MODELO}}) \leq \text{coeficiente de variação}$$

Esta análise pode ser uma análise estatística feita com um teste de hipóteses com os dados obtidos por medição em campo e por simulação, como descreve MELO (1981). Já SOUSA (2003), escolheu aleatoriamente um coeficiente de variação, ajustando o modelo de tal maneira que quatro *links* selecionados estivessem simultaneamente, com seus valores simulados mais próximos possíveis aos reais; enquanto que MOREIRA (2005) utiliza um coeficiente de 5% e faz a comparação qualitativa para a calibração e validação comparando em uma tabela as diferenças entre os fluxos medidos e simulados no modelo para os principais *links* da rede e também a média das diferenças.

Este procedimento estipula tal coeficiente de variação através do tamanho da amostra para estimar a média de uma distribuição normal com intervalo de confiança de 95%. De acordo com RIBEIRO (2003), a média da amostra é aproximadamente normal se a amostra é grande ($n \geq 30$) para qualquer distribuição original X (teorema do limite central); e com isso estima-se o desvio padrão σ a partir do desvio da amostra S e é

possível calcular o tamanho mínimo da amostra pela fórmula: $n = \frac{(Z_{\alpha/2} * S)^2}{e}$.

Se após a comparação das medições de tamanho de fila simulado e real ficar constatado algum tipo de incompatibilidade nos resultados, deve-se proceder a uma revisão de todos os dados de entrada utilizados no modelo. Não tendo sido constatada nenhuma falha na entrada de dados, parte-se para a calibração feita pela modificação de alguns parâmetros.

Os pesquisadores que se dispuseram a discutir métodos de calibração para modelos de simulação em geral são unânimes na constatação de que não há procedimento capaz de calibrar todo e qualquer tipo de modelo. SILVA e TYLER, (2001) *apud* SOUSA e RIBEIRO (2004) admitem a inaplicabilidade de métodos estatísticos como a análise de

regressão e utilizam apenas a comparação visual entre os comportamentos de veículos na simulação e no sistema real para validar modelos no nível microscópico.

- **Calibração do Modelo**

A modificação de parâmetros do micro-simulador para que o modelo esteja adequado à realidade, pode ser apenas uma questão de calibrá-lo de acordo com a realidade brasileira, visto que o *software* leva em consideração padrões e hábitos norte-americanos. Alguns dos parâmetros que podem ser modificados encontram-se listados abaixo:

- Tempo de reação do motorista.
- Percentual de motoristas que cooperam na mudança de faixa.
- *Gap* (brecha) aceitável para a mudança de faixa.
- Tempo de duração da manobra de mudança de faixa.
- Fator de agressividade do motorista.
- Taxa de aceleração e desaceleração dos veículos.
- Nível de familiaridade dos motoristas com a malha viária em estudo.

Após esse ajuste de parâmetros, haverá uma nova comparação dos resultados do tamanho da fila do modelo (Cenário 0 com as modificações de parâmetros) com o tamanho real. Repete-se esse processo até que os resultados fornecidos pela micro-simulação estejam de acordo com os dados levantados em campo, aproximando-se com isso, à retratação da rede viária existente. Esta calibração fará com que o modelo seja capaz de analisar quaisquer modificações previstas ou propostas para a rede em estudo.

- **Seleção de situação de incidente**

Exemplos de algumas situações de incidentes:

- Manifestação pública (passeata).
- Manifestação de vans (carreata).
- Procissão religiosa.
- Estouro de tubulação.
- Incêndio.
- Enchente.

- Veículo avariado ou quebrado.
- Carga e descarga de mercadorias.
- Surgimento de novos pólos geradores de tráfego.
- Obras viárias / nova pavimentação / pintura de faixas.
- Passeio ciclístico / maratona.
- Semáforo quebrado.
- Blecaute.
- Estacionamento irregular.
- Bombas (terrorismo).
- Filmagens.
- Show.

- **Listar as conseqüências do incidente selecionado no modelo**

O incidente pode acarretar problemas cuja melhor solução está relacionada ao desvio da demanda do fluxo de tráfego (por exemplo, painéis alertando ocorrência de incidentes e informação de rotas alternativas), ou ainda relacionada ao controle da demanda do fluxo de tráfego (por exemplo, fechamento temporário dos acessos e controle semafórico dos acessos). Nesta etapa devem-se listar as conseqüências na rede viária devido ao incidente, assim como a verificação do trecho atingido a fim de posteriormente configurá-los no modelo.

Cada conseqüência deve ser analisada e verificada a possibilidade de configurações de acordo com a extensão do incidente. As conseqüências dos incidentes podem ser, por exemplo:

- Fechamento de 1 faixa de circulação ao longo da via.
- Fechamento de 2 faixas de circulação ao longo da via.
- Fechamento de "n" faixas de circulação ao longo da via.
- Fechamento total de trecho da via.
- Fechamento de trechos em vias perpendiculares.
- Fechamento de trechos distintos na mesma via.

- **Para cada INCIDENTE**

Desenho da consequência da configuração viária no TRAFNETSIM. Representa-se, no modelo inicial, a possibilidade de consequência do incidente selecionado, criando-se um novo modelo nomeado Cenário 0A (representa o cenário 0 com a devida consequência do incidente mas sem qualquer modificação da configuração viária nem operacional).

Este Cenário 0A é importante ao vislumbrar que em qualquer processo de planejamento de transportes, deve ser considerada a possibilidade de a melhor solução ser a de “*não fazer nada*”.

Realiza-se o processamento dos programas CORSIM e TRAFVU no cenário 0A.

- **Seleção das Medidas de Efetividade e dos Indicadores de Desempenho**

Com base nas informações inseridas, o micro-simulador pode representar a operação do tráfego na rede em estudo para cada incidente e com isso obter as Medidas de Efetividade (MOEs). Essas Medidas de Efetividade (MOEs) dispõem de duas opções de saída:

- Visualização gráfica da rede viária em estudo (como uma espécie de mapa temático), com os intervalos inseridos no programa, referentes aos níveis de serviço das vias, sendo representados por cores que são alteradas conforme o desempenho da variável de tráfego em análise.
- Em forma de relatório, onde constam todos os dados de entrada, explicações quanto aos parâmetros utilizados pelo programa e as saídas do programa referentes à rede e também individualizados por *link*, por veículo e por movimento.

POYARES (2000) sugere que na análise de desempenho seja relacionado o carregamento da via com o atraso médio por veículo, para verificar situações em que ocorrem valores excessivos para os atrasos. Estes indicadores de desempenho estão relacionados com os níveis de serviço das vias apresentados pelo HCM (*Highway Capacity Manual*), e a mesma autora apresenta os valores do HCM para determinar o nível de serviço de interseções semaforizadas segundo atrasos. A tabela 4. 1 mostra esses intervalos conforme a última versão do manual do HCM, publicado no ano 2000.

Tabela 4.1. – Níveis de serviço relacionados ao atraso por veículo.

Nível de Serviço	Atraso por veículo em segundos
A	≤ 10
B	> 10 e ≤ 20
C	> 20 e ≤ 35
D	> 35 e ≤ 55
E	> 55 e ≤ 20
F	> 80

Fonte: TRB (2000).

SOUSA (2003), também baseou-se em níveis de serviço para os indicadores de desempenho, utilizando-os nas suas MOE's para a posterior visualização do parâmetro de tráfego requerido para a análise. A Figura 4. 2 apresenta a janela onde são inseridos os níveis de serviço, para a posterior visualização do parâmetro de tráfego solicitado para a análise.

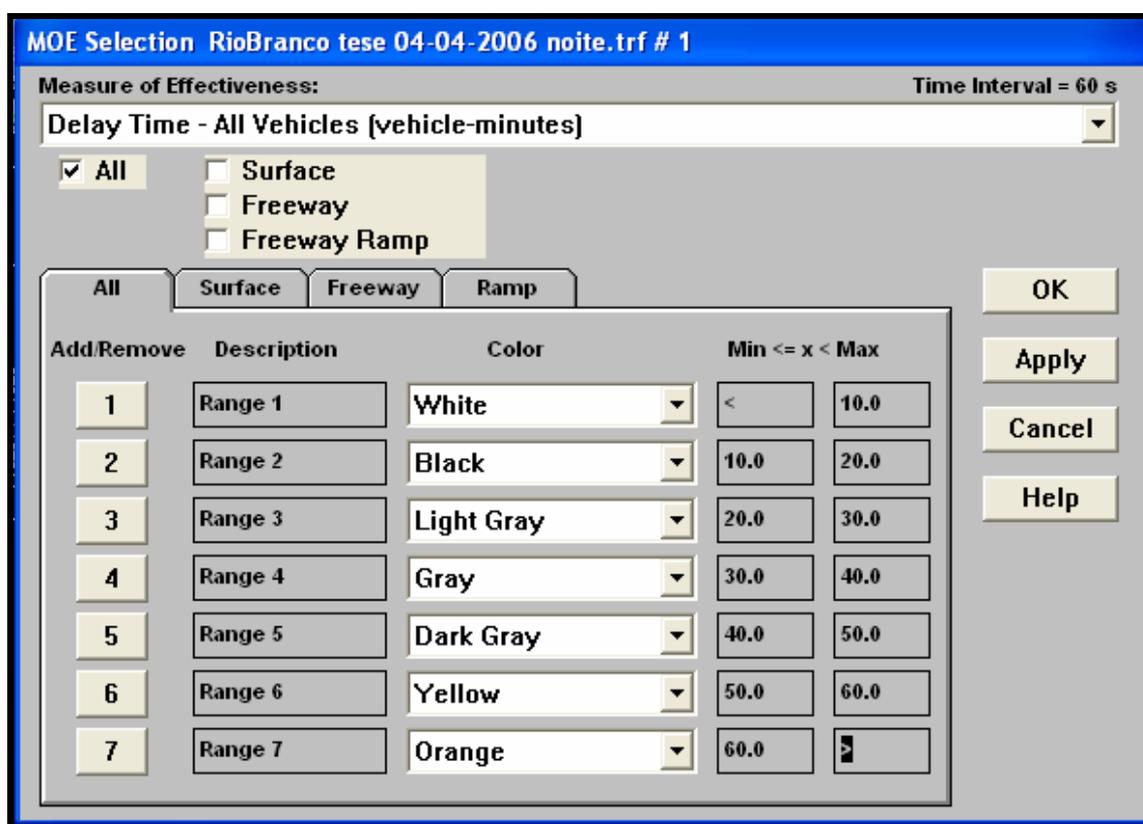


Figura 4.2. – Janela de introdução dos níveis de serviço requeridos para a análise

Fonte: Tela de animação do TRAFVU.

Dentre os diversos indicadores de desempenho disponíveis no programa, este procedimento utiliza os mesmos escolhidos por SOUSA (2003). Sendo assim, os resultados do TRAFVU que serão analisados serão os seguintes indicadores de desempenho:

- Tempo de atraso.
- Velocidade média.
- Tempo de percurso.

O resultado fornecido pela tabela do TRAFVU para cada uma das variáveis deve ser exportado para o *software* EXCEL

Serão gerados “ *i* ” cenários de acordo com cada proposição de alternativa para a consequência do incidente configurado no cenário 0A.

Cada consequência gera uma série de alternativas (coletadas com os especialistas da área) e essas soluções serão processadas uma a uma.

O processamento dos programas CORSIM e TRAFVU será realizado para cada cenário “ *i* ”. Assim como a transposição de seus resultados para o EXCEL.

- **Possibilidades de Cenários (alternativas de engenharia de tráfego)**

Esta etapa é a aplicação direta do conhecimento dos especialistas da área, tendo sido feito um levantamento com suas experiências e idéias. Este procedimento tem uma característica voltada ao sistema de gerenciamento de tráfego em função de incidentes na via, no entanto, foi elaborado de uma maneira genérica que nada impede, por exemplo, de um administrador de empresas utilizá-lo para resolução de um incidente com uma mercadoria em um centro de distribuição, guardadas as devidas restrições. Enfim, inúmeras são as suposições que podem ser feitas a fim de se obter motivos para a aplicação do procedimento.

No entanto, caso o procedimento não seja elaborado diretamente por conhecedores da área ou ainda por aqueles que tem acesso à esses peritos, deve-se preceder uma seleção de especialistas para esta etapa de desenvolvimento de cenários.

Esta escolha de especialistas é definida por FREITAS (1999) como sendo uma etapa com a finalidade de selecionar os participantes que irão fornecer as informações para a construção do modelo de avaliação proposto. Os aspectos que interferem para escolha são: definir o problema a ser estudado de forma clara e objetiva; selecionar os especialistas que possuam experiência em casos semelhantes; selecionar especialistas que demonstrem empenho, pois cooperação e interesse passam a ser fundamentais na medida em que as soluções podem ser exaustivas, e deve haver disposição dos especialistas selecionados e, ainda, assegurar os interesses de todos os agentes envolvidos no problema analisado.

Vale ressaltar que os especialistas que participarem do processo deverão selecionar as alternativas tendo a preocupação de que o conjunto final das alternativas seja suficientemente representativo de forma a conter soluções consistentes com as situações a serem analisadas, e, ainda, que não seja muito extenso para não comprometer a versatilidade do procedimento em termos de disponibilidade de tempo. Esta busca de informações dos especialistas também pode ser feita através de publicações e registros de situações ocorridas. Uma listagem de algumas dessas soluções já estudadas e vividas por especialistas é apresentada, destacando primeiramente algumas referências relativas às mesmas.

Segundo LINDAU (1992) *apud* FREITAS (1999), existem vários exemplos de sistemas prioritários para ônibus operando ao longo de faixas exclusivas em diversos países e no Brasil, principalmente nas cidades de Curitiba, São Paulo, Porto Alegre e Goiânia.

Como algumas medidas típicas de engenharia de tráfego para priorizar a circulação de transporte coletivo podem ser adotadas situações de faixas, pistas ou ainda vias exclusivas. Em relação às faixas exclusivas podem ser diretamente no fluxo – são faixas de tráfego onde os ônibus continuam a operar no mesmo sentido do tráfego em geral; faixas exclusivas no fluxo junto ao canteiro central (possui a vantagem da possibilidade de manutenção das áreas de manobras de carga e descarga e de estacionamento de veículos ao longo das vias) e ainda faixas exclusivas no contrafluxo. Nas pistas exclusivas a circulação dos ônibus fica longitudinalmente separada dos demais veículos, nas os cruzamentos são em nível e por fim as vias exclusivas que correspondem a segregação total dos ônibus com outros veículos.

PORTUGAL (1980) afirma que as restrições de carga e descarga em certos períodos de tempo, apesar de poderem encontrar alguma resistência por parte das empresas de transporte e dos proprietários de estabelecimentos comerciais e industriais, são um importante instrumento para minimizar os conflitos com outros interesses da comunidade (reduzir congestionamentos e acidentes de trânsito, proporcionar mais vagas para o estacionamento, diminuir a interferência com o movimento dos pedestres e do transporte coletivo e facilitar a fiscalização).

O mesmo autor indica medidas apropriadas para atenuar as perturbações causadas por obras nas vias públicas, tais como reduzir a frequência de obras na via, através de uma melhor compatibilização e coordenação desses serviços; dentro do possível executar as obras fora dos períodos críticos; assegurar a necessária proteção ao tráfego de veículos nas áreas adjacentes, através de desvios, dispositivos de canalização (balizadores, tambores, cones, cavaletes), sinalização, dentre outros.

Em relação aos táxis, o embarque e desembarque de passageiros é normalmente feito na própria via. Os motoristas e os passageiros realizam essas operações como lhes convêm, de acordo com seus próprios interesses, os quais são em sua maioria conflitantes com os outros usos da via. Segundo PORTUGAL (1980), a localização dos pontos de táxis deve ser adequada ao esquema geral de circulação da área, dando ênfase especial ao atendimento de pedestres oriundos de suas áreas exclusivas, de modo a otimizar a prestação do serviço. Os pontos devem ser em locais próximos dos grandes geradores de passageiros e onde sua interferência com os outros usos da via seja mínima. Trechos de via com condições satisfatórias de visibilidade e onde os pedestres encontram facilidades de acesso são recomendados.

No que diz respeito às restrições de estacionamentos, há certos limites, dentro dos quais determinados motoristas continuarão a viajar de carro para a área, provocando situações indesejáveis. Nesse caso, alguns levam um tempo considerável para encontrar a vaga, causando uma maior degradação do ambiente, enquanto outros estacionam ilegalmente.

Foram apresentadas apenas algumas aplicações de engenharia de tráfego embasadas por referências e citações de razões pela qual deveriam ser utilizadas. Abaixo são listadas algumas, dentre muitas, das medidas de engenharia de tráfego que podem ser usadas no auxílio ao gerenciamento do tráfego.

- Inversão da mão da rua.
- Bloqueio de faixas de circulação.
- Prioridades para ônibus.
- Faixas exclusivas para ônibus.
- Circulação de vans / táxis somente à esquerda.
- Mudança de localização de paradas de ônibus (colocação de paradas seletivas).
- Localização dos pontos de táxis (extinção e/ou mudança).
- Canalização do tráfego.
- Restrição do tráfego de caminhões / vans / táxis / ônibus.
- Restrição de giros em determinadas interseções.
- Implantação de faixas de alta ocupação (HOV – *high occupancy vehicles*).
- Estacionamento rotativo obrigatório (com controle eletrônico).
- Redução dos itinerários de ônibus.

- **Alocação do tráfego e novos planos semafóricos para cada cenário**

Alocar o tráfego no TRAFNETSIM de cada cenário *i* (*traffic assignment*).

Ao executar uma alocação de tráfego, o *software* estima inicialmente a capacidade das vias em 1440 veículos/faixa/hora e a partir deste valor estima os percentuais de tráfego de cada rota, utilizando a função de tempo de viagem escolhida. Há opção de utilizar a função de impedância do FHWA ou de Davidson, conforme ilustrado na figura 4. 3 abaixo.

Para cada alocação de tráfego devem-se ajustar algumas variáveis da rede, tais como planos semafóricos, canalizações de trechos de vias que deixaram de ser requisitadas ou passaram a ser utilizadas, alteração de alguns movimentos permitidos em função de modificações operacionais das vias, assim com alterações nas rotas de ônibus.

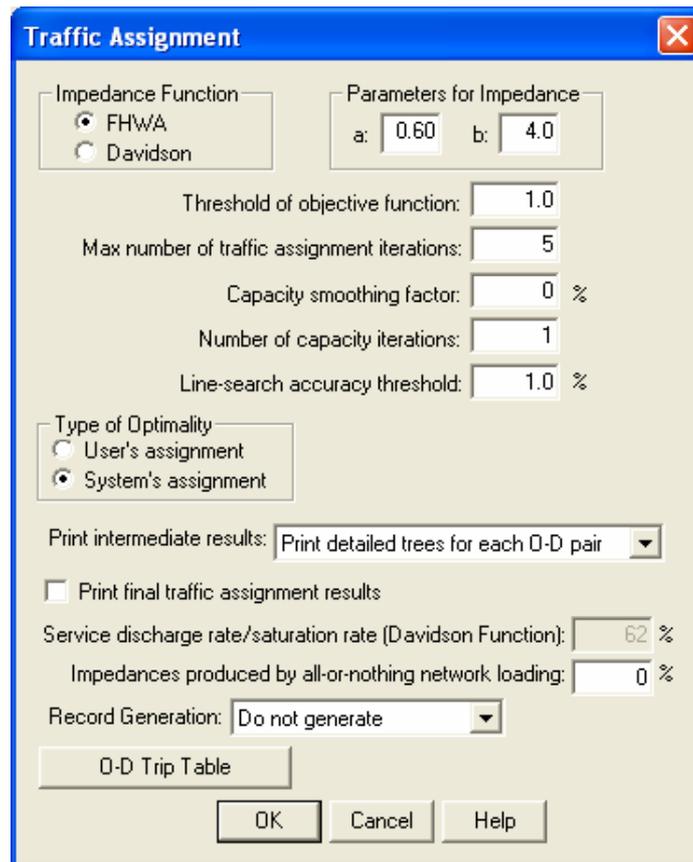


Figura 4.3. – Janela de alocação de tráfego.

Fonte: Tela de configuração do TRAFED.

Destes ajustes, destacam-se os planos semaforicos, que devem ser calculados de forma a permitir uma coordenação semaforica da rede como um todo. Para o cálculo de novos planos semaforicos coordenados, necessários devido às alterações na via o TRANSYT é o *software* mais recomendado, pois segundo VINCENT *et al* (1980), o TRANSYT encontra e estuda o melhor plano de tempo fixo coordenado com os semaforos em qualquer rede viária cujos fluxos de tráfego médio são conhecidos.

A sincronização semaforica é freqüentemente utilizada em controladores de tempo fixo, pois, com o seu advento, se permite que um pelotão de veículos consiga prosseguir no sistema viário sem a interrupção dos seus movimentos, mantendo uma velocidade constante e compatível com a via (KHATIB e JUDD, 2001).

Sendo assim, os resultados de fluxo decorrentes da alocação serão os dados de entrada de fluxo para o processamento do programa de coordenação semaforica TRANSYT. Deve-se montar o modelo no TRANSYT e além dos dados de fluxo provenientes do

processamento de cada cenário i , são necessários alguns dados de entrada dos nós e dos *links*, tais como:

- Tempos de ciclo.
- Tempo de verde efetivo.
- Fluxo de saturação das vias.
- Velocidade.

Os resultados provenientes do TRANSYT geram novos tempos semafóricos, os quais devem ser colocados como dados de entrada dos tempos semafóricos em cada cenário i do TRAFNETSIM.

Cada cenário i (cenário 0A com alternativa) gera no TRAFVU um conjunto de resultados para as três variáveis selecionadas como indicadores de desempenho, as quais devem ser exportadas para o EXCEL (mesmo procedimento explicado anteriormente) para fins comparativos. A comparação dos resultados de cada cenário i com cenário 0A é realizada plotando os gráficos, como pode ser observado no exemplo da figura 4.4.

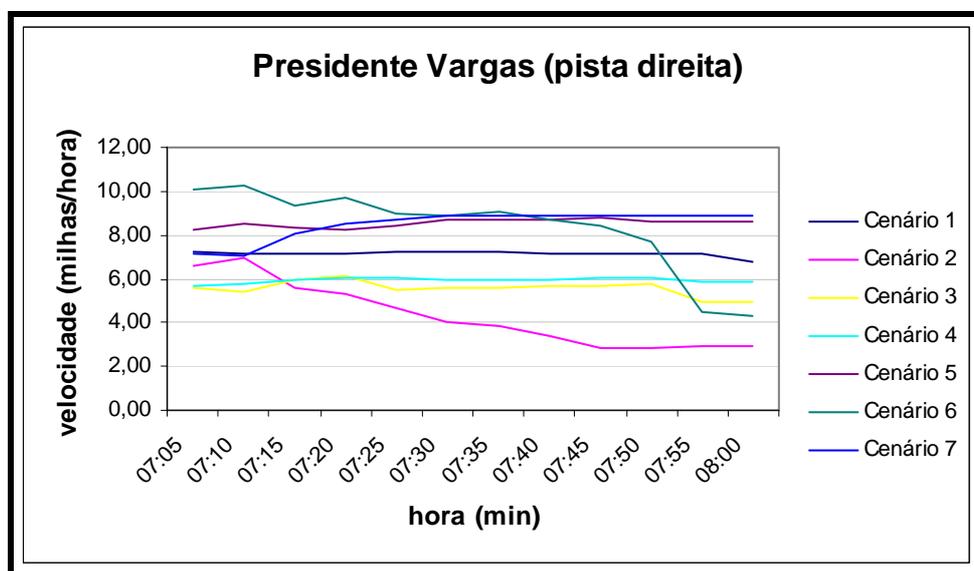
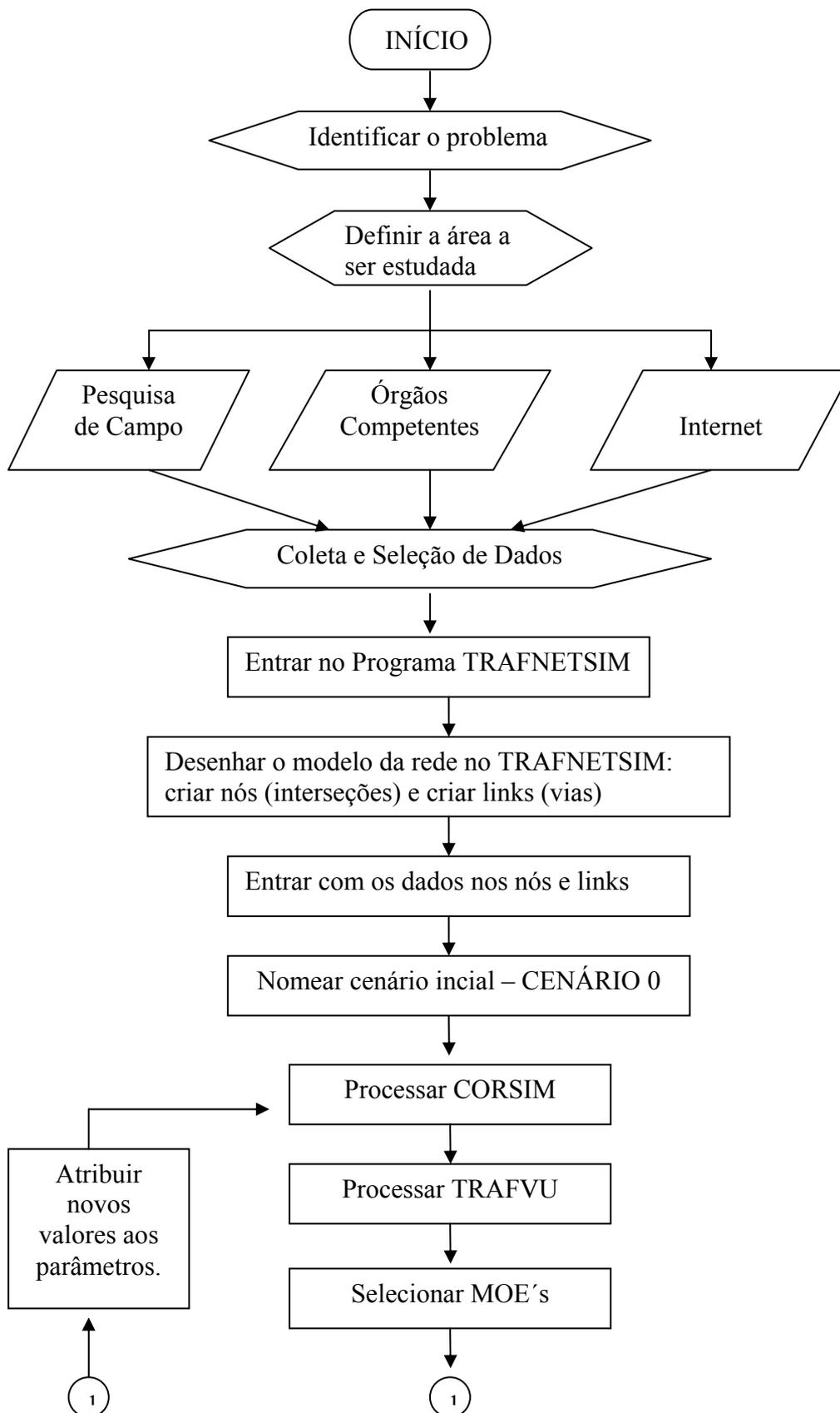


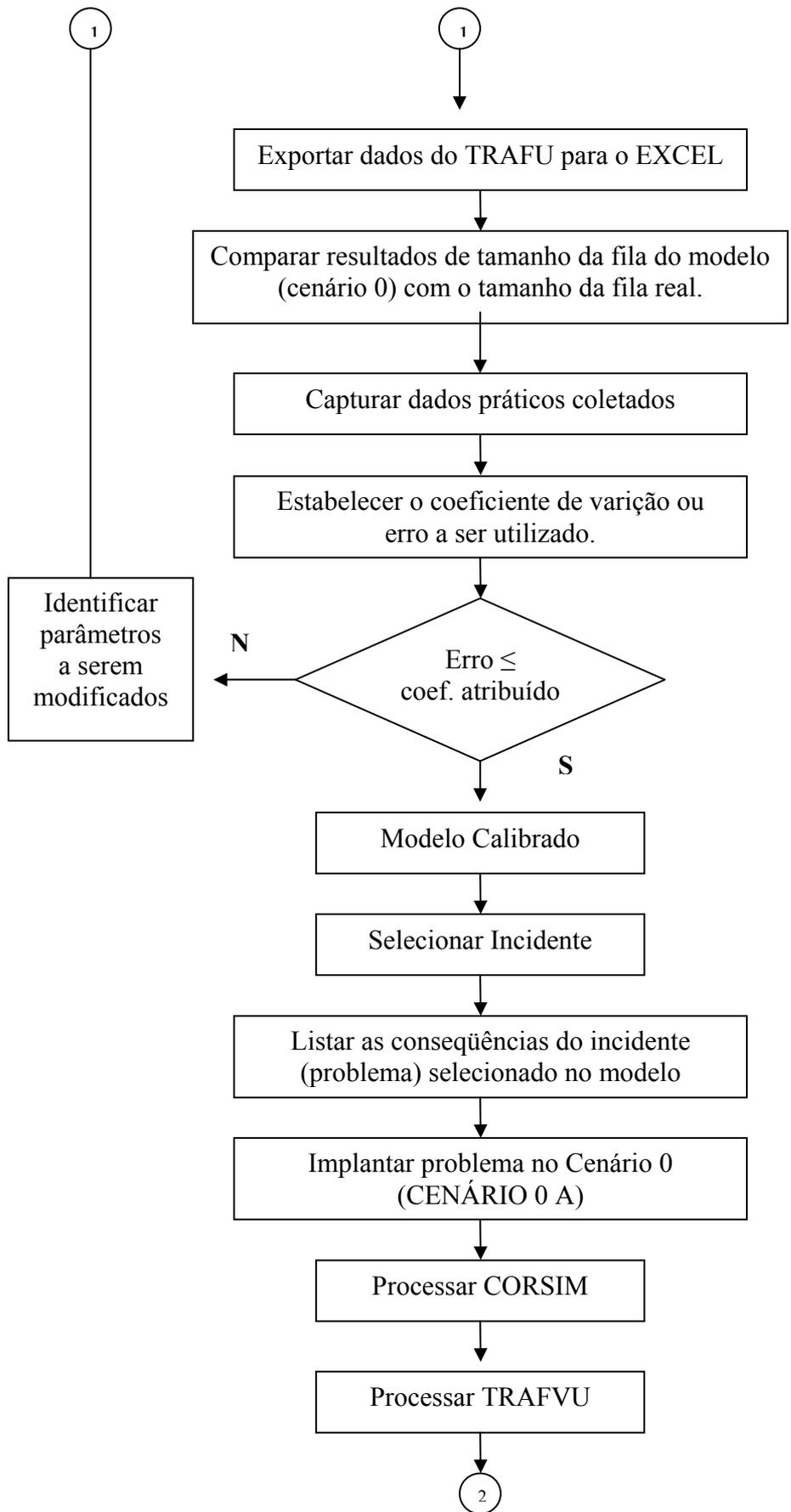
Figura 4.4. – Comparação dos diversos cenários – resultado de uma das variáveis (velocidade) em uma determinada via do modelo.

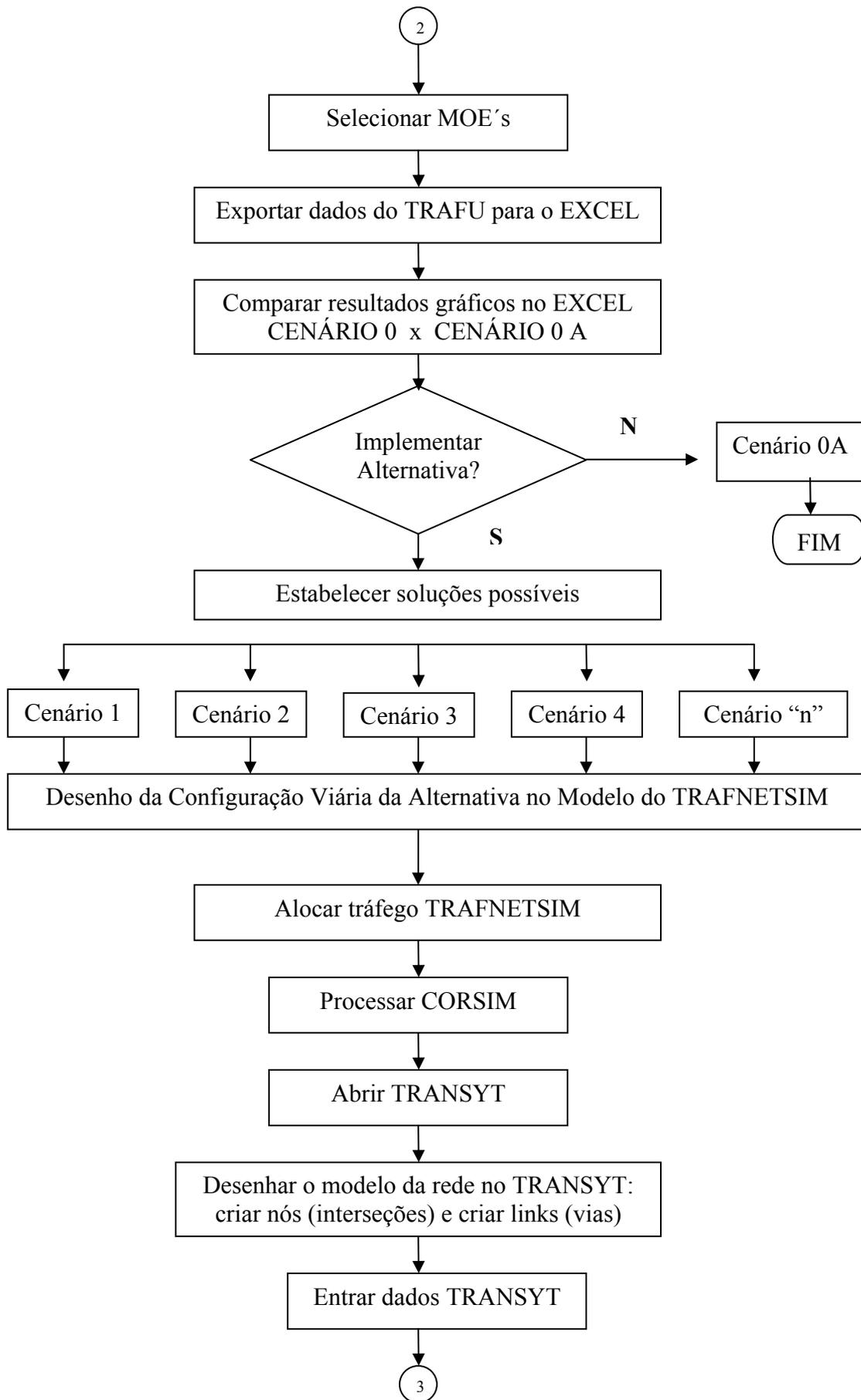
Fonte: Elaborado no EXCEL.

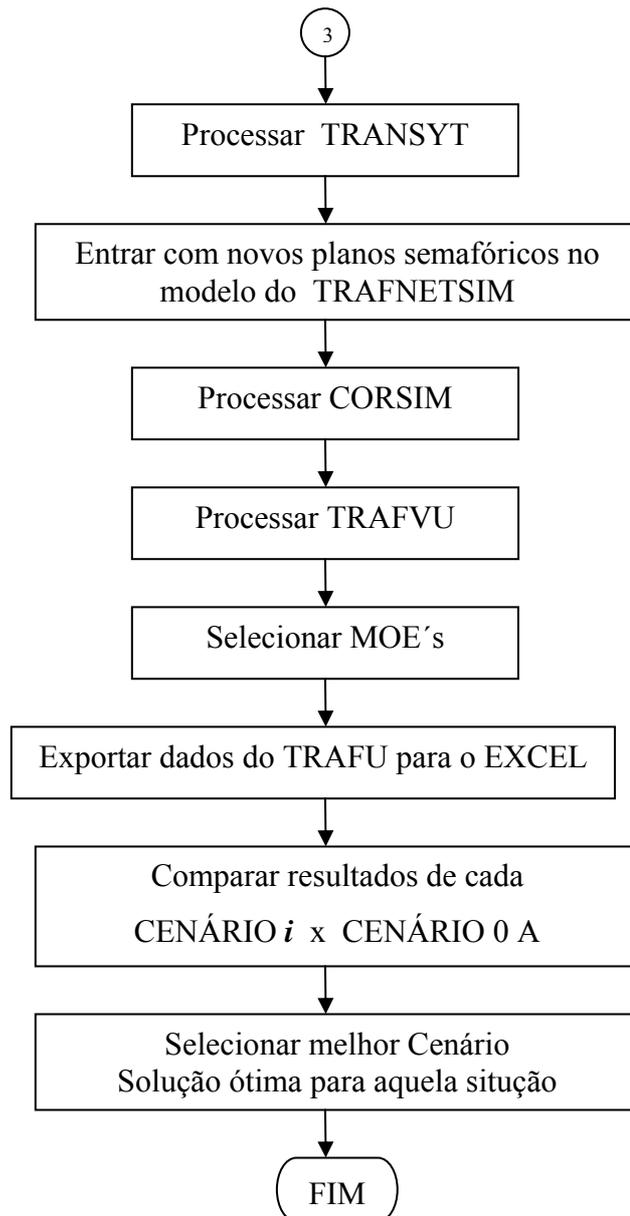
Os passos explicados nesse procedimento para elaborar alternativas operacionais de gerenciamento do tráfego são apresentados na forma do fluxograma (figura 4.5) apresentado a seguir.

Figura 4.5. – Fluxograma do procedimento para desenvolver alternativas de tráfego em centros urbanos devido à incidentes.









5 CAPÍTULO 5 – ESTUDO DE CASO – CENTRO DO RIO DE JANEIRO

Este capítulo mostra a aplicação do procedimento desenvolvido nesta pesquisa e proposto no capítulo anterior através da elaboração de um estudo de caso no centro do Rio de Janeiro. Após a conceituação e detalhamento das etapas que compõem o procedimento para alternativas de esquemas operacionais de gerenciamento do tráfego em situações de incidentes através da micro-simulação foi realizada a aplicação do mesmo e para que seja de fácil compreensão, os tópicos e a ordenação definidos no procedimento serão mantidos na modelagem do estudo de caso.

- **Identificação e Definição do Problema**

As figuras 5.1 e 5.2 abaixo, apresentam dois exemplos de interrupção do tráfego em vias do Centro da Cidade do Rio de Janeiro, sendo a primeira um exemplo de interrupção total do tráfego da Avenida Rio Branco devido a uma manifestação pública e a segunda a interrupção total de uma das pistas da Avenida Presidente Vargas devido a uma manifestação de vans; identificando assim o centro da cidade do Rio de Janeiro, em pontos distintos, como um local de ocorrências de incidentes que alteram o fluxo de tráfego.



Figura 5.1. Passeata pela Avenida Rio Branco.

Fonte: Jornal O Globo, 1992.



Figura 5.2. – Manifestação de Vans na Avenida Presidente Vargas

Fonte: Fotografia tirada em campo, 2006.

- **Definição da abrangência da área a ser estudada**

A Avenida Rio Branco foi o local selecionado por ser o eixo principal da área do centro do Rio de Janeiro (figura 5.3) e alvo das principais manifestações públicas e incidentes que ocorrem na cidade do Rio de Janeiro.

A área de influência foi determinada levando-se em consideração as principais transversais à Avenida Rio Branco, pois a área diretamente afetada é aquela que fica congestionada caso a Avenida Rio Branco feche total ou parcialmente, uma vez que as interseções semaforizadas poderiam vir a causar filas. Fez-se necessário configurar as principais transversais e paralelas à Avenida Rio Branco, considerando as vias do entorno que possuíssem interseções semaforizadas e um volume de tráfego considerável. Além disso, foi necessário acrescentar vias que possibilitem novas rotas para testar várias alternativas e escolher a mais adequada, pois há a necessidade de se garantir a movimentação dos veículos que normalmente usam a Avenida Rio Branco. A figura 5.4 localiza através de uma foto de satélite da área de estudo e destaca as principais vias do modelo (coloridas em azul) e o eixo principal (na cor vermelha).

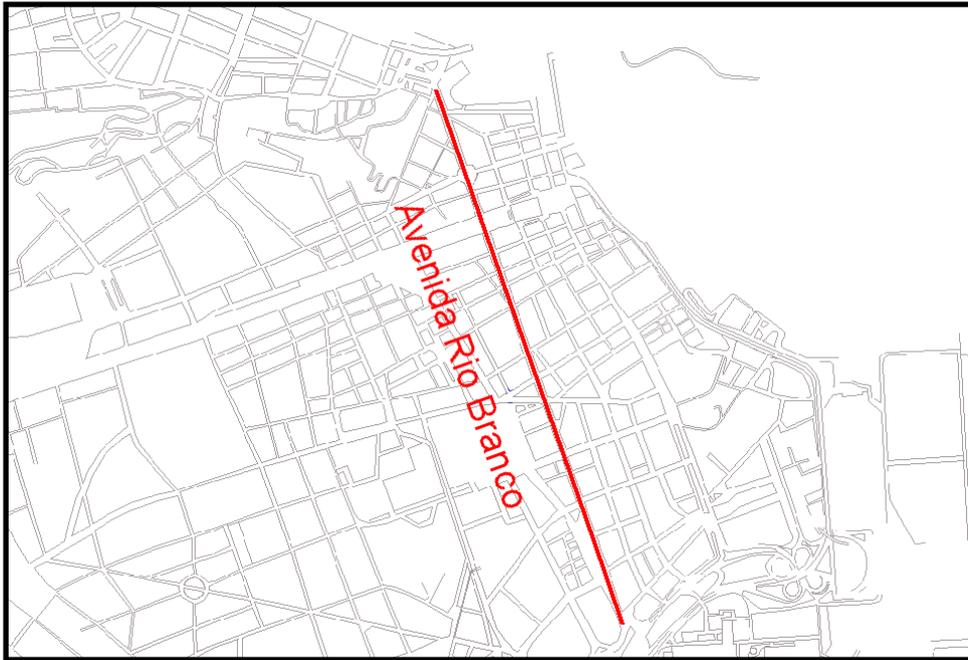


Figura 5.3. – Localização da Avenida Rio Branco, base digitalizada do município RJ.

Fonte: Projeto Rio Bus, 2000.



Figura 5.4. – Localização das principais vias do modelo – região centro do RJ.

Fonte: Fotografia tirada de satélite – Google, 2006.

- **Identificação dos dados necessários**

Os dados necessários são os caracterizados como sendo os dados de entrada nos programas TRAFNETSIM e TRANSYT. Fez-se um levantamento de quais características físicas e operacionais estariam disponibilizadas pela CET-RIO (Companhia de Engenharia de Tráfego da cidade do Rio de Janeiro). Foi detectado que ainda que houvesse laços indutivos em trechos da área de estudo, estes não seriam suficientes para fornecer os dados referentes aos fluxos de tráfego nas interseções, sendo assim, identificada a necessidade de utilização do dado, foi necessário elaborar uma pesquisa de campo. Observações feitas através das câmeras da CET-RIO disponíveis na área de estudo permitiram a conferência de dados, situações e detalhes que poderiam estar despercebidos na pesquisa de campo.

- **Coleta e Seleção de Dados**

Os dados referentes aos planos semaforicos (figura 5. 8) foram fornecidos pelo Gerência de Tráfego da CET-RIO, no entanto, os croquis referentes aos mesmos não estavam com boa visualização, sendo assim, foram utilizados os croquis (figura 5.7) referentes aos grupos semaforicos das interseções do modelo utilizados no projeto de Implementação de sinalização semaforica do Rio de Janeiro (CTA-RIO), disponibilizados pela COPPE.

Dados adicionais tais como o número de faixas de circulação de cada via, localização das paradas de ônibus e pontos de táxis, áreas de estacionamento e sinalização horizontal foram levantados diretamente em campo.

- **Pesquisa de Campo**

Foi realizada uma pesquisa de campo em novembro de 2004 que teve como principal foco coletar os dados de volume de tráfego das interseções definidas na área de estudo. A pesquisa teve como base os dados das interseções referentes características físico-operacionais do projeto de implementação do CTA-Rio - Controle de Tráfego por Área da cidade do Rio de Janeiro, realizado em 1995 e disponibilizado pela COPPE.

O objetivo da pesquisa de fluxo de tráfego (contagem) foi determinar a quantidade, a direção e a composição do fluxo de veículos ou pedestres que utilizam uma seção ou interseção do sistema viário numa unidade de tempo (CET-SP).

Os dados sobre os fluxos de tráfego coletados são de grande utilidade, pois independentemente de processá-los em um programa de simulação, algumas características importantes da área em estudo pode ser observada a partir dos mesmos. Dentre outras utilizações, pode-se verificar a demanda solicitada em determinada via, assim como a sua composição (automóveis, ônibus, caminhões, táxis e vans); comparar a demanda com a capacidade da via; e analisar se os dispositivos de controle estão adequados à sua localização, assim como averiguar a necessidade de implantação de um controle semafórico em algum trecho de via.

A pesquisa foi realizada em duas faixas de horário: no pico da manhã (entre 08:00 e 10:00h) e no entre-pico da manhã (entre 10:00 e 12:00h). As contagens foram realizadas empregando contadores industriais manuais, acionados pelos pesquisadores. Os contadores foram afixados a pranchetas e os dados transcritos em planilhas. A realização efetiva dos levantamentos dos volumes de tráfego foi precedida de um estudo de escritório, preparando as planilhas relativas a cada interseção, assim como selecionando as vias pertencentes à área de estudo e que fizeram parte da pesquisa, sendo as mesmas listadas abaixo.

- Avenida Rio Branco
- Avenida Presidente Vargas
- Rua México
- Avenida Erasmo Braga / Avenida Graça Aranha / Avenida Calógeras
- Avenida Pres. Antonio Carlos / Rua 1º de Março
- Rua Marechal Floriano / Rua Visconde Inhaúma
- Rua Uruguaiana
- Avenida Passos / Rua Senhor dos Passos
- Praça Tiradentes
- Avenida Republica do Paraguai
- Rua da Carioca
- Rua Sete de Setembro
- Avenida Beira Mar

- Avenida Presidente Wilson / Avenida Churchil
- Avenida Franklin Roosevelt
- Rua Buenos Aires
- Rua da Assembléia
- Avenida Nilo Peçanha
- Rua Santa Luzia
- Rua Evaristo da Veiga
- Rua do Passeio
- Rua Araújo Porto Alegre
- Rua do Acre
- Avenida Almirante Barroso
- Rua Dom Gerardo

Uma vez delimitada a área, foram listadas e catalogadas as interseções semaforizadas a serem pesquisadas, cuja relação completa encontra-se no anexo I. Em seguida, foram estabelecidas prioridades e dimensionadas as equipes de contagens para cada interseção. O número de pesquisadores é função do número de movimentos. Foi alocado um pesquisador para cada dois movimentos. A premissa adotada é que os movimentos em questão não fossem simultâneos. Nas interseções em que se foi verificada uma maior ocorrência de ônibus, foi designado um pesquisador exclusivo para esse tipo de veículo. A limitação de recursos humanos e materiais, normalmente levam a redução do estudo ao mínimo necessário para a avaliação do local.

Foram também revistos os croquis, pois a partir de levantamento de campo observou-se alterações nas características geométricas em algumas das interseções, como por exemplo na Avenida Presidente Wilson, Avenida Presidente Antônio Carlos e Rua São Bento. Estas alterações de geometria eram verificadas, pois acarretava também em alterações operacionais, as quais deviam ser consideradas na pesquisa, como é mostrado na figura 5.5 em que houve inversão da mão da Rua São Bento do croqui base de 1995.



Figura 5.5. – Avenida Rio Branco x Rua São Bento

Fonte: Fotografia tirada em campo, 2005.

As contagens foram realizadas no período de 25 de novembro a 09 de dezembro de 2004, nas cinquenta e duas interseções que constam no anexo I e que estão marcadas na figura 5.6. Os trabalhos foram executados por uma equipe de doze pesquisadores, dois supervisores de campo e um supervisor geral. Os pesquisadores foram recrutados entre estudantes universitários da UFRJ e da PUC.

As contagens foram programadas de maneira a otimizar a utilização da mão-de-obra disponível, isto é, reduzindo tempos ociosos nos períodos de pesquisa. Por esse motivo as contagens foram realizadas sempre com pares de interseções. Com esse procedimento cada equipe pôde efetuar as contagens em dois pontos por dia, sendo por período de uma hora no pico da manhã e uma hora no entre-pico. Foram também minimizados os deslocamentos a pé entre os pontos de pesquisa, procurando evitar ociosidade das equipes.

O formulário de contagem elaborado para a pesquisa encontra-se na figura 5.7, e pode-se observar o croqui indicando o movimento que seria contado, assim como a posição do pesquisador e a padronização da anotação dos dados a fim de minimizar os erros de campo. A planilha utilizada na pesquisa deve ser preparada com antecedência e disposta

conforme as necessidades locais de reconhecimento, a fim de facilitar ao máximo o pesquisador.



Figura 5.6. – Localização dos pontos de contagem do fluxo de tráfego.

Fonte: Fotografia tirada de satélite – Google, 2006.

Interseção: 116

Data: ___/___/___

Pesquisador

Número: 10

Nome: _____

Tempo:

Bom

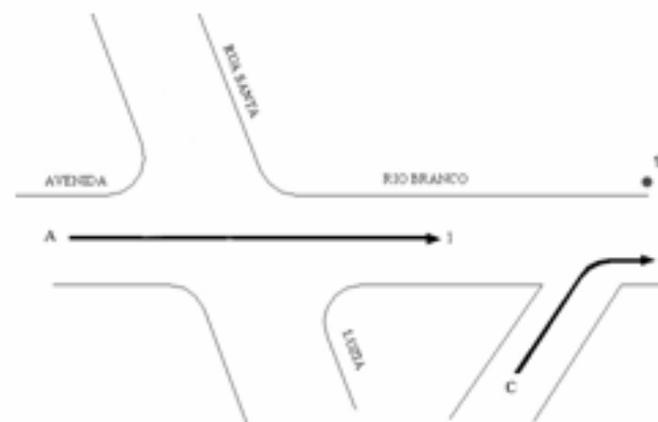
Chuvoso

Está usando contador para o caminhão?

Sim

Não

Obs:



Fluxo: A1

Horário	Automóvel	Ônibus	Van	Táxi	Caminhão
09:00 - 09:15					
09:15 - 09:30					
09:30 - 09:45					
09:45 - 10:00					

10:00 - 10:15					
10:15 - 10:30					
10:30 - 10:45					
10:45 - 11:00					

Fluxo: C4

Horário	Automóvel	Ônibus	Van	Táxi	Caminhão
09:00 - 09:15					
09:15 - 09:30					
09:30 - 09:45					
09:45 - 10:00					

10:00 - 10:15					
10:15 - 10:30					
10:30 - 10:45					
10:45 - 11:00					

Figura 5.7. – Localização dos pontos de contagem do fluxo de tráfego.

Os dados coletados em campo devem ser tabulados e disponibilizados no prosseguimento do estudo conforme o exemplo de codificação da tabela 5.1 abaixo.

Tabela 5.1. Exemplo de tabulação de dados da pesquisa de campo.

Interseção 116

Pico da manhã (08:00 às 10:00)

Fluxo	Automóvel	Ônibus	Van	Táxi	Caminhão	Total	Volume (UCP)
1	433	255	232	725	29	1674	1966,7
2	108	69	23	114	13	327	412,9
3	109	33	245	102	7	496	538,1
4	172	13	22	96	8	311	334,4
A	542	288	477	827	36	2170	2504,8
B	108	69	23	114	13	327	412,9
C	172	13	22	96	8	311	334,4

Entre-Pico da manhã (10:00 às 12:00)

Fluxo	Automóvel	Ônibus	Van	Táxi	Caminhão	Total	Volume (UCP)
1	472	274	153	730	14	1643	1935,2
2	104	61	31	149	9	354	426,7
3	99	34	182	108	5	428	468,5
4	187	13	17	120	12	349	377,6
A	571	308	335	838	19	2071	2403,7
B	104	61	31	149	9	354	426,7
C	187	13	17	120	12	349	377,6

• Exemplo de Formato de Dados Coletados

Interseção no. 116 Módulo: 1 Bairro: Centro controlador no. 3/24
Localização: Av. Rio Branco x R. Santa Luzia

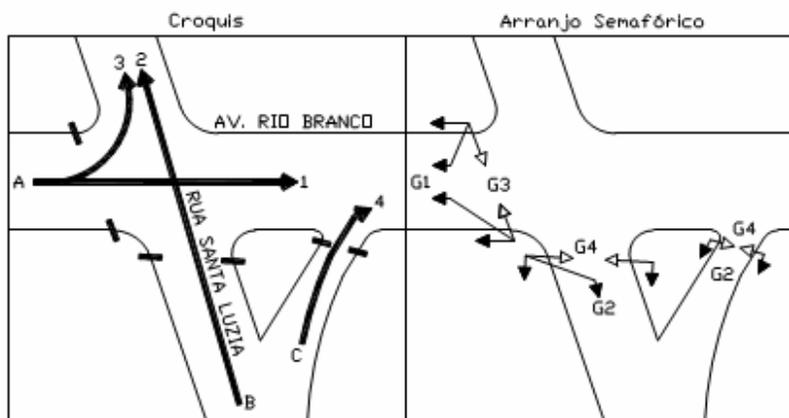


Figura 5.8. – Croqui referente aos grupos semafóricos de uma interseção do modelo.

Fonte: Implementação do projeto de sinalização semafórica do RJ – COPPE, 1995.

INTERSECÇÃO : Av. Rio Branco - Santa Luzia
 No. INTERSECÇÃO : 0334
 PLANO NO SUBCON : 1
 CET - RIO
 No. CONTROLADOR : 0334
 No. SUBCONTROLADORES : 1
 CONTROLADOR : EMT
 TENSÃO : 220
 CULETRA :
 ARMÁRIO :
 P. DE ABRIR :
 VERSÃO 1.1
 MODO FUNG. :

ESTRUTURA	3	No. SUBCONTROLADOR		0
ESTÁGIOS	1	15	2	15
PERÍODO		17		17
TEMPO	14	17	14	17
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32		
1				
2				
3				
4				
5				
F A S E S				

32 / 110

Apag. Verde Amarelo Vermelho Branco Vermelho


Figura 5.9. – Exemplo de formato de plano semafórico.
Fonte: CET-RIO (2005).

- **Desenho da configuração viária no TRAFNETSIM – criação do modelo**

O modelo foi elaborado através da rede com todos estes componentes, sendo a mesma dividida em *links* e nós. Cada *link* representa um segmento de via entre duas interseções e as interseções são representadas pelos nós.

A imagem utilizada para desenhar os nós e *links* do modelo foi importada para o formato (*.bmp) da utilização de uma base digitalizada no formato (*.dwg), arquivo o qual é compatível com o *software* AutoCAD, fornecida pelo Projeto RioBus (Reorganização do Sistema de Transportes Coletivos por Ônibus na Cidade do Rio de Janeiro) da COPPETEC e disponibilizada na escala de 1:2000 – Ano do Vôo: 1990/1997.



Figura 5.10. – Trecho da configuração viária montada sobre imagem da área de estudo.

Fonte: Tela de animação do TRAFED.

- **Artifícios de modelagem utilizados no processo de criação do modelo**

- **Sempre Verde**

Para que fosse possível criar o modelo utilizando-se a ferramenta de micro-simulação, alguns artifícios foram criados, como por exemplo o que se convencionou chamar nesta pesquisa de “sempre verde”.

Trata-se de uma interseção em que uma via (a de maior fluxo veicular) é semaforizada e a outra não; entretanto o programa entende a interseção como um todo e obriga a colocar os tempos semaforicos para todos os possíveis movimentos da mesma. O “sempre verde” passa a ser um semáforo que está em todas as fases com o ciclo verde, ou seja, inexistente uma finalidade de parar o tráfego – é como se não houvesse um semáforo e resulta no que acontece em campo.

Na visualização, linhas de retenção são lançadas assim como o semáforo, mas o mesmo perde sua finalidade; assim, no exemplo da interseção da figura 5.11, em todas as fases os veículos podem seguir à direita na Avenida Rio Branco em direção à Praça Mauá ou fazer a conversão à esquerda na Avenida Rio Branco em direção oposta. Este é o trecho em que a Avenida Rio Branco deixa de ser mão dupla e, por tratar-se a Rua São Bento de uma rua secundária, não há semáforo e os veículos aproveitam-se dos tempos de vermelhos tanto da Avenida Rio Branco quanto da Rua Dom Gerardo para seguirem sem maiores problemas. O modelo não permite que não haja este semáforo, então se utilizou deste artifício. O mesmo ocorreu em outros locais ao longo da modelagem, a medida que situações como esta foram aparecendo.

Foi necessário comparar os diagramas de fase das duas interseções e elaborar um terceiro, juntando os tempos de verde e com a precaução de manter as defasagens relativas. Nota-se pela figura 5.11 que, em fases semaforicas distintas, o semáforo que controla os veículos provenientes da Rua São Bento (semáforo à direita) permanece verde.



Figura 5.11. – Interseções Avenida Rio Branco x Rua Dom Gerardo, Avenida Rio Branco x Rua São Bento e Rua São Bento x Rua Dom Gerardo em fases semaforicas distintas.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU.

➤ Separação de Interseções e Planos Semafóricos

De acordo com os dados coletados, uma única interseção foi dividida em diversas interseções para que fosse possível colocá-la no modelo. Isto ocorre devido à quantidade de movimentos naquela interseção ser superior ao permitido por cada nó. Com isto, o que deveria ser um nó (cada um representa uma interseção), passou a ser uma composição de nós, conforme mostrado na figura 5.12. Da mesma forma, os planos semafóricos destas interseções, com até 5 (cinco) grupos focais foram desmembrados e colocados no modelo em semáforos separados.

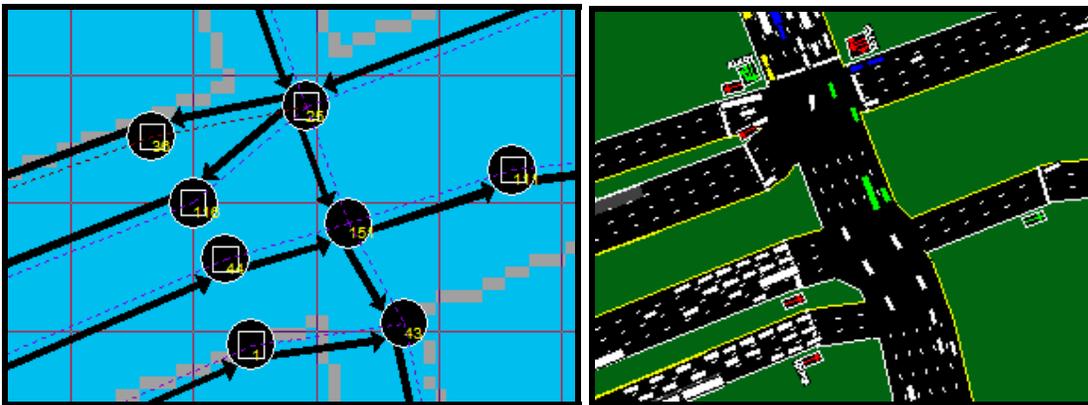


Figura 5.12. Composição de nós de uma interseção: Av. Rio Branco x Av. Pres. Vargas

Fonte: Tela de configuração do TRAFED e respectiva tela de animação do TRAFVU.

➤ Giro Retido

A cada interseção que possuía giro retido, destacaram-se os tempos semafóricos do plano semafórico da interseção e foi necessário criar um nó em separado no *link* onde seria realizado o giro para que o giro fosse controlado por um semáforo em separado, e não como uma fase da interseção.

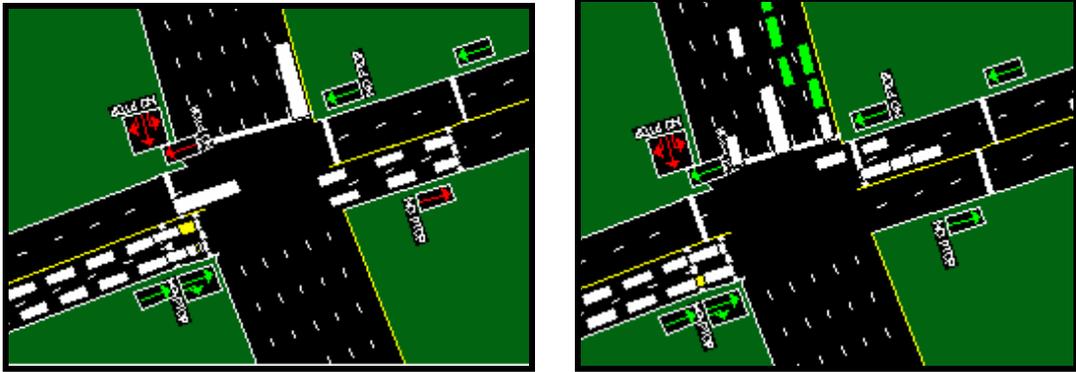


Figura 5.13. Interseção que possui semáforo com giro retido: Avenida Rio Branco x Avenida Almirante Barroso.

Fonte: Tela de configuração do TRAFED e respectiva tela de animação do TRAFVU.

➤ **Colocação de Pontos de Táxis**

Outro artifício de modelagem foi a colocação de pontos de táxis nas vias como se fossem áreas de estacionamento (uso da ferramenta *parking*), pois são pontos legalizados e que causam uma redução na seção da via, não podendo ser excluídos do modelo. A localização dos pontos de táxis foi retirada do *site* da Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro na consulta a pontos de táxis regulamentados no bairro do Centro. O tempo de permanência dos veículos em seus pontos foi adquirido em visita a campo.

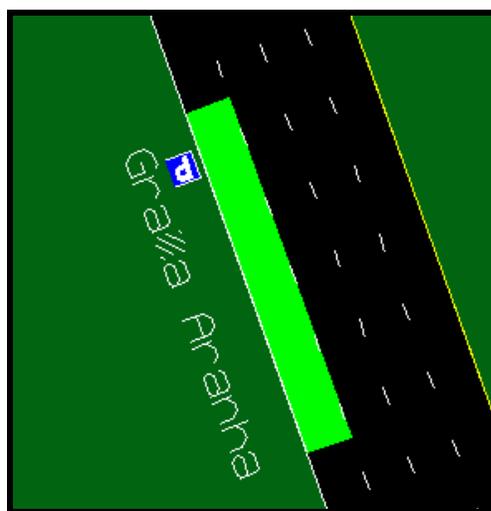


Figura 5.14. – Área destinada aos pontos de táxis.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU.

- **Entrada de dados no modelo**

Simplificando, para cada *link* é necessário seu comprimento, greide, número de faixas e capacidade das faixas segregadas para giro. E para a operação da rede é preciso a velocidade de fluxo livre, intervalo médio de descarga entre veículos, disciplina de movimentos nas interseções, tempo perdido no início do verde, programação dos sinais e defasagem entre eles.

O micro-simulador considera uma faixa bloqueada por menos de 60 segundos como um evento de curto prazo e, um bloqueio de 60 segundos ou mais, como um evento de longo prazo. Pode-se especificar a frequência, a duração e o *link* em que está ocorrendo um evento a curto prazo. Da mesma forma, pode-se especificar o tempo de início, a duração, a faixa de tráfego, e o *link* em que está ocorrendo um evento de longo prazo.

Cada evento resulta em uma faixa de tráfego obstruída. Um mesmo *link* ou faixa de tráfego pode conter diferentes eventos, tais como: a curto prazo e a longo prazo. Se dois ou mais eventos ocorrem em uma mesma faixa de tráfego com durações sobrepostas, a maior duração é assumida.

É através da entrada do nó (figura 5.15) que é possível saber quais são os movimentos permitidos no *link*, pois o mesmo indica de qual nó está chegando um determinado fluxo e para onde o mesmo está sendo direcionado, já com os percentuais de cada *link*.

O estudo de movimentos conflitantes deve ser feito para que seja possível direcionar as faixas de tráfego da via. É na entrada dos *links* (figura 5.16) que se colocam os pontos de ônibus. A ferramenta *parking* também é utilizada através dessa mesma janela.

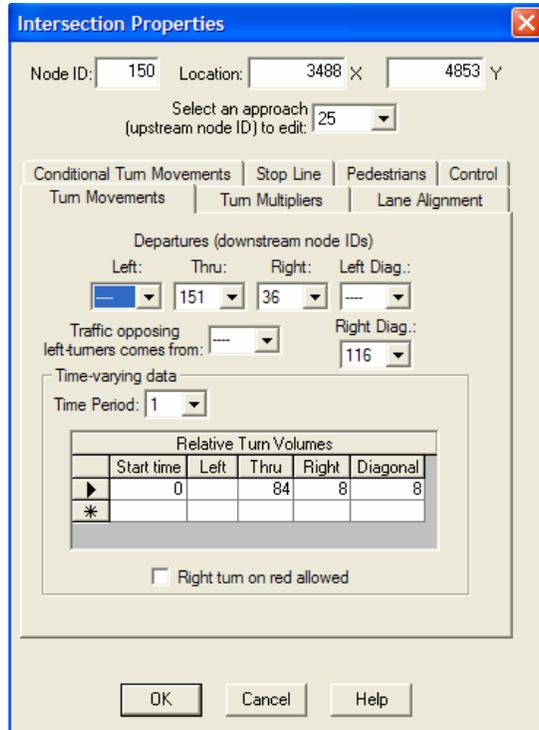


Figura 5.15. – Janela de entrada dos dados dos nós.

Fonte: Tela de configuração do TRAFED.

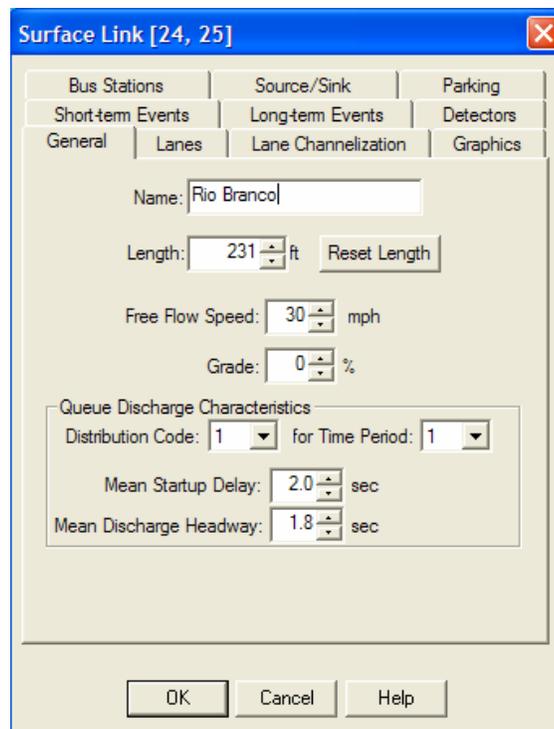


Figura 5.16. – Janela de entrada dos dados dos links.

Fonte: Tela de configuração do TRAFED.

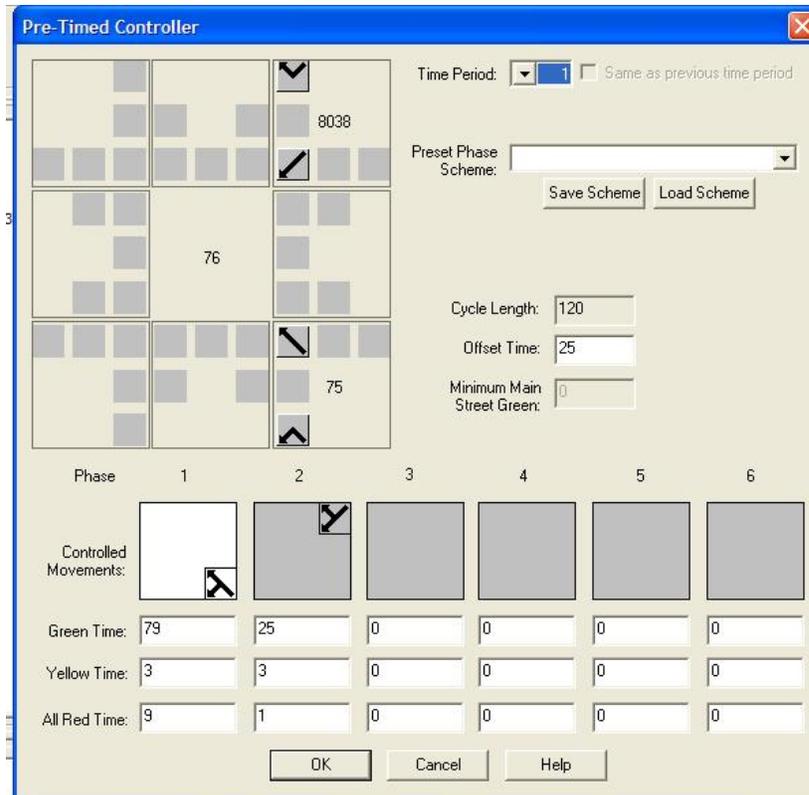


Figura 5.17. – Janela de entrada dos dados dos semáforos.

Fonte: Tela de configuração do TRAFED.

Nos semáforos de tempo fixo, a mudança (ciclos, fases) ocorre de acordo com os dados de entrada especificados no micro-simulador, com os veículos obedecendo às indicações dos semáforos. Os semáforos do modelo são todos de tempo fixo e sua codificação foi elaborada de acordo com os planos semaforicos e obedecendo aos grupos focais e defasagens e sua entrada de dados pode ser vista na figura 5.17 acima.

O sistema de rotas dos ônibus que operam no Município do Rio de Janeiro, na área de estudo foi minuciosamente estudado, uma vez que há uma considerável sobreposição das linhas de ônibus neste local. Com o auxílio do Guia de Ruas do Rio de Janeiro 2000 – Quatro Rodas, e através do *site* da Secretaria Municipal de Transportes que oferece a possibilidade de localização de itinerários de linhas de ônibus foram conferidos todos os itinerários-base dos ônibus que circulam na área requerida. Fez-se então uma análise das linhas coincidentes e juntaram-nas em uma mesma rota para entrada de dados no micro-simulador; estas rotas podem ser identificadas na figura 5.18.

Sendo assim, foram determinadas 46 (quarenta e seis) trajetórias de ônibus e destas foram determinadas 15 (quinze) rotas representativas listadas abaixo, considerando não apenas as que passam pela Avenida Rio Branco, mas também as que influenciam o seu fluxo de tráfego indiretamente. Tais rotas estão exemplificadas com algumas de suas linhas de ônibus.

- Rota 1 – 220, 241 (ida), 222 - Praça Mauá, Avenida Rio Branco, Avenida Presidente Vargas.
- Rota 2 – 123, 127, 128, 177 - Praça Mauá, Avenida Rio Branco, Avenida Infante Dom Henrique.
- Rota 3 – 261(volta), 2011(ida) - Praça Mauá, Avenida Rio Branco, Avenida Beira-Mar, Avenida Presidente Antônio Carlos, terminal Alfredo Agache.
- Rota 4 – 240 (volta), 268 (volta) – Avenida Presidente Vargas, Avenida Passos, Praça Tiradentes, Avenida República do Paraguai, Rua Evaristo da Veiga, Rua Araújo Porto Alegre, Avenida Presidente Antônio Carlos, Terminal Misericórdia.
- Rota 5 – 241 (volta) - Avenida Presidente Vargas, Praça Pio X, Rua Primeiro de Março, Rua Dom Gerardo, Avenida Rio Branco, Praça Mauá.
- Rota 6 – 232 (volta) - Avenida Presidente Vargas, Avenida Rio Branco, Rua Araújo Porto Alegre, Avenida Presidente Antônio Carlos, Terminal Alfredo Agache.
- Rota 7 – 226 - Av. Presidente Vargas, Av. Rio Branco, Av. Nilo Peçanha, R. da Carioca.
- Rota 8 – 225 (volta) - Avenida Presidente Vargas, Praça Pio X, passagem subterrânea.
- Rota 9 – 132, 179 – Av. Marechal Floriano, R. Visconde de Inhaúma, Av. Rio Branco, Av. Beira-Mar, praia do Flamengo.
- Rota 10 – 320 - Avenida Presidente Vargas, Avenida Passos, Praça Tiradentes, Avenida República do Paraguai, Rua Evaristo da Veiga, Rua Senador Dantas, Praça Mahatma Gandhi, Rua Santa Luzia, Avenida Presidente Antônio Carlos, Avenida Nilo Peçanha, Avenida Graça Aranha, Avenida Beira-Mar.
- Rota 11 – Avenida Alfredo Agache, Praça Pio X, Avenida Presidente Vargas (pista centro).

- Rota 12 – Rua da Constituição, Praça Tiradentes, Avenida República do Paraguai, Rua dos Arcos.
- Rota 13 – 2018 – Avenida Marechal Câmara, Avenida Franklin Roosevelt, Avenida Presidente Wilson
- Rota 14 – 498, 422, 401 - Avenida Marechal Câmara, Avenida Franklin Roosevelt, Avenida Presidente Wilson, Avenida Beira Mar (pista interna).
- Rota 15 – 214, 206A – Avenida República do Chile, Avenida Almirante Barroso, Avenida Presidente Antônio Carlos, Avenida Nilo Peçanha, Rua da Carioca, Praça Tiradentes.

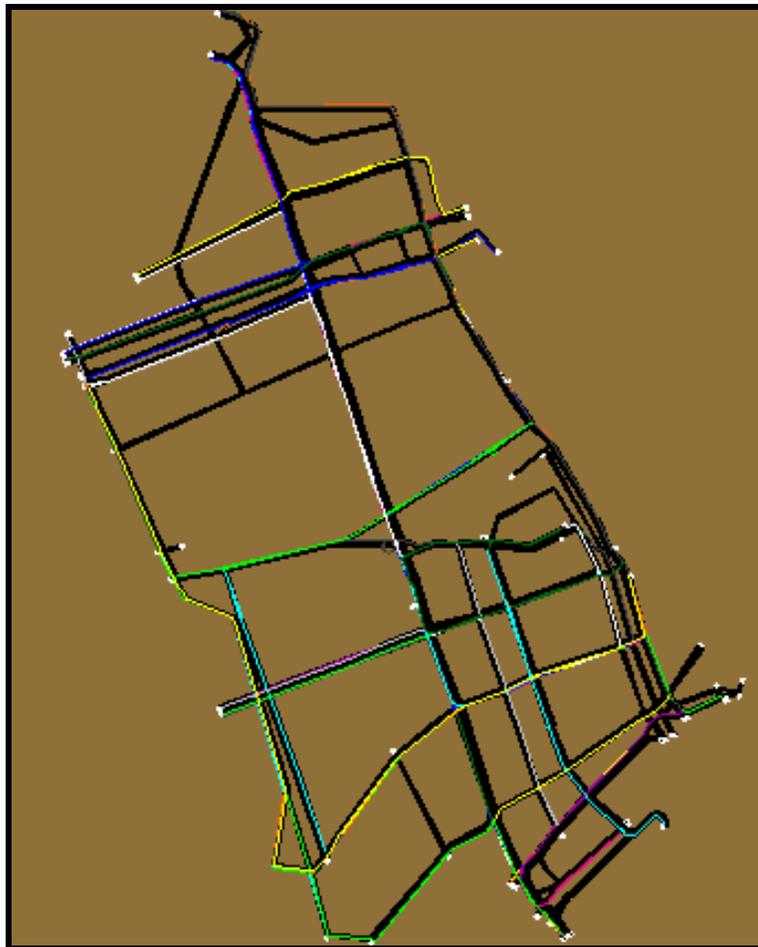


Figura 5.18.– Visualização das rotas de ônibus

Fonte: Tela de animação do TRAFVU.

- **Escolha das Medidas de Efetividade**

Para que se possam avaliar as alternativas a serem simuladas, algumas variáveis de tráfego foram estabelecidas como parâmetros de análise, com o propósito de indicar o desempenho da rede viária e demonstrar a melhor alternativa simulada. Podem-se considerar como efeitos de congestionamento o aumento dos atrasos, dos tempos de viagem e a diminuição da velocidade média da viagem. O tempo de viagem tem sido o fundamento de muitos métodos de avaliação de congestionamentos, pois quanto maior for o congestionamento, maior será o tempo de viagem.

Para esta análise são utilizadas as indicadas por SOUSA (2003), que foram estabelecidas devido, principalmente, à sua representatividade global do desempenho da rede, avaliando/analizando toda a operacionalidade da malha viária de uma forma bastante ampla/abrangente. As variáveis são: velocidade média (*Speed – Average Values – All Vehicles*); atraso (*Stop Delay – Average Values – All Vehicles*) e tempo de viagem (*Travel Time – Average Values – All Vehicles*).

- **Processo de Calibração do Modelo**

Considerando-se a fila máxima de veículos por faixa de tráfego, estabeleceram-se quatro aproximações de interseções semaforizadas da rede em questão, onde a formação excessiva de veículos em fila pode ser evidenciada facilmente nos horário de pico da manhã. Estas aproximações foram selecionadas por representarem significativamente as vias com fluxo de tráfego intenso na área de estudo. Dessas quatro aproximações foram verificadas duas, pois eram as que estavam com melhor resolução no vídeo. As interseções são: Avenida Rio Branco x Avenida Presidente Vargas e Avenida Rio Branco x Avenida Presidente Wilson.

A filmagem foi elaborada pela CET-RIO, a partir de suas câmeras localizadas na área de estudo. O mapeamento de tais câmeras encontra-se na figura 5.19 abaixo, tendo sido destacadas as que forneceram as imagens para a calibração. Foram selecionados os mesmos dias e interseções em que haviam sido realizadas as contagens de campo para que fosse realizada a filmagem, e com isso, a mesma obtivesse apenas a sazonalidade anual, corrigidas com a aplicação de uma taxa percentual, de um volume em relação ao outro.



Figura 5.19.– Mapeamento das câmeras de vídeo do centro do Rio de Janeiro.

Fonte: CET-RIO (2006).



Figura 5.20.– Detalhe das câmeras utilizadas na calibração – câmera da Avenida Presidente Wilson e câmera da Avenida Rio Branco.

Fonte: CET-RIO (2006).

A figura 5.20 destaca o local do posicionamento da câmera e o croqui (figura 5.21) detalha as vias referentes à interseção analisada e indica a numeração estipulada para cada faixa de tráfego da via, de tal forma que os dados referentes à contagem em campo (através da imagem da câmera) correspondam aos dados referentes à simulação.

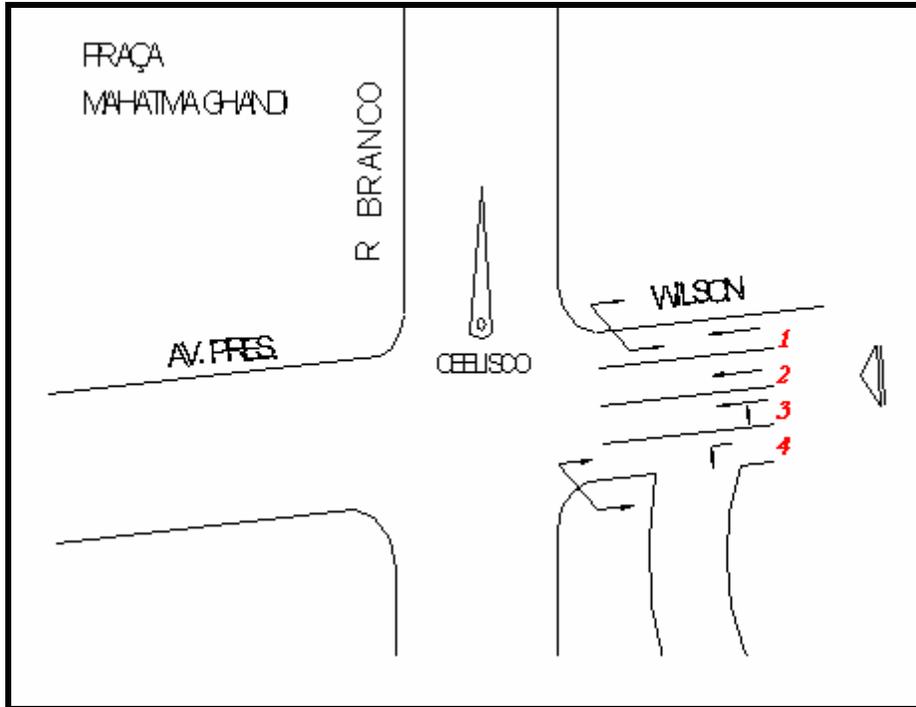


Figura 5.21 – Croqui da interseção da coleta de dados

Fonte: Elaborado no AUTOCAD

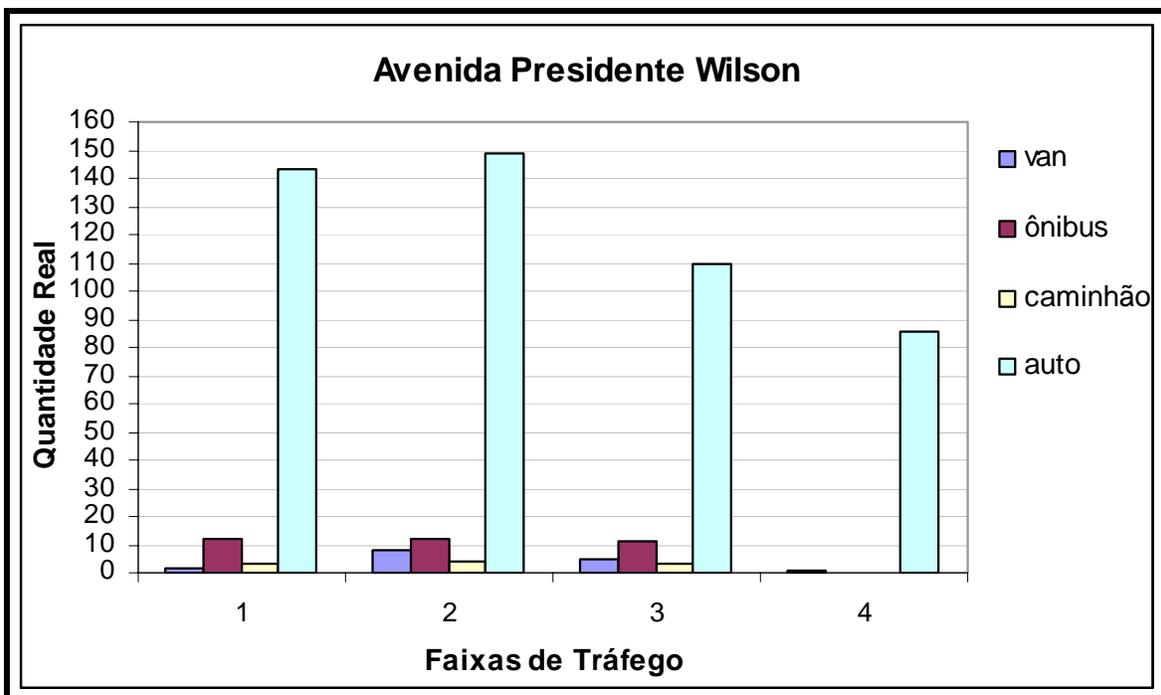


Figura 5.22 – Contagem de campo classificada – tamanho da fila real

Fonte: Elaborado no EXCEL

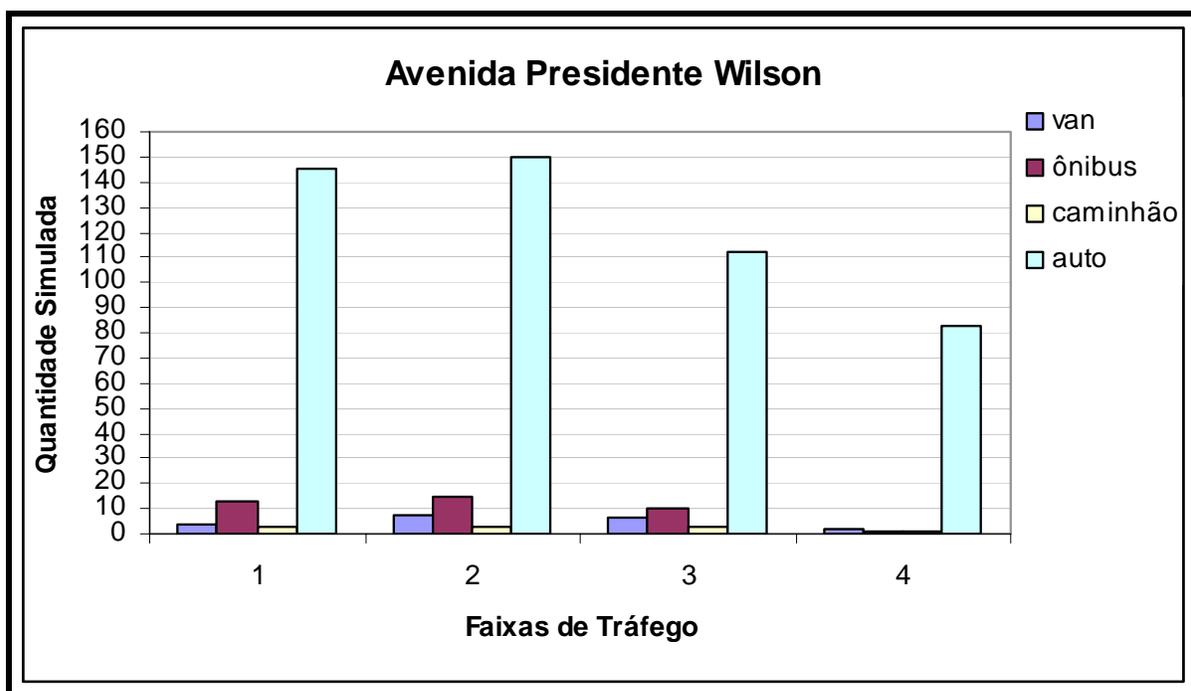


Figura 5.23 – Contagem de campo classificada – tamanho da fila simulada

Fonte: Elaborado no EXCEL

Calibração do Modelo

Foi necessário modificar alguns parâmetros, para que o tamanho da fila simulada (figura 5.22) correspondesse ao tamanho da fila real (figura V.23) nas vias descritas, dentre eles, o nível de familiaridade dos motoristas com a rede do modelo em questão. Outro parâmetro modificado foi o percentual de ônibus que não param em seus pontos (*bypass*).

O fato dos ônibus pararem diversas vezes ao longo de suas viagens é por si só um fator que interfere no comportamento de outros motoristas. Estudos como os relatados por GIBSON e FERNÁNDEZ (1989), ADONIS *et al.* (1996), BARTEL *et al.* (1997), GIBSON *et al.* (1997) *apud* SILVA e TYLER (1999), produzem evidências de que motoristas mantêm maiores distâncias de ônibus do que de qualquer outro veículo, incluindo veículos pesados. Conseqüentemente, a implantação de paradas de ônibus tende a gerar resistências por parte de usuários dos automóveis, que na maioria dos casos constituem os setores formadores de opinião e com maior poder de influenciar decisões relacionadas ao uso do sistema viário.

- **Seleção da situação de incidente**

Dentre as diversas situações de incidentes, escolheu-se para o estudo de caso, uma manifestação de vans na Avenida Presidente Vargas. A proporção de tal incidente pode variar, tendo uma consequência do fechamento da via total ou parcialmente. Será analisado o caso do fechamento total.

- **Desenho da configuração viária do incidente no TRAFNETSIM**

De acordo com o incidente, analisam-se as possibilidades de consequência do mesmo, e a partir de cada uma delas é gerada uma regra diferente no procedimento.

Para o caso da manifestação de vans na Avenida Presidente Vargas serão analisadas duas consequências: o fechamento total, em que não haverá qualquer categoria de veículo circulando na via, sendo configurado um percentual de giro de 0% para o movimento que leva àquela via; e o fechamento parcial, em que duas faixas de tráfego serão bloqueadas na via, sendo configurado o bloqueio de acordo com o número da faixa correspondente na entrada de dados da via (janela do *link – Lane Channelization – Closed*).

São apresentados os gráficos do TRAFVU resultantes da simulação da configuração viária existente, das 07:00 h às 08:00 h da manhã, referentes aos trechos das vias que estão relacionadas na tabela 5.2 abaixo.

Tabela 5.2. Resumo das vias selecionadas

<i>link</i>	Trecho da via
230145	Avenida Rio Branco entre Rua Acre e Avenida Visconde de Inhaúma
240025	Avenida Rio Branco entre Avenida Visconde de Inhaúma e Avenida Presidente Vargas
280044	Avenida Presidente Vargas, entre Rua Uruguaiana e Avenida Rio Branco, pista direita - sentido zona norte/centro
390001	Avenida Presidente Vargas, entre Rua Uruguaiana e Avenida Rio Branco, pista central - sentido zona norte/centro
410206	Avenida Passos entre Avenida Presidente Vargas e Rua da Alfândega

Seguindo o procedimento descrito no fluxograma, são elaborados os cenários 0 e 0A que correspondem às situações de vias no modelo sem quaisquer incidentes (situação 1) e com o incidente já configurado mas sem que haja alteração operacional (situação 2). A partir da situação de incidente que se pretende estudar são elaborados os cenários, especificamente será configurada uma manifestação de vans na Avenida Presidente Vargas, pista central, sentido zona norte-candelária com as conseqüências de interrupção total (situação 3) e ainda com a utilização de medidas tradicionais de engenharia de tráfego – inversão da mão da via da pista paralela e colocação de faixa exclusiva para ônibus. A geração das alternativas de gerenciamento do tráfego, com as descrições e alterações de operação viária e semaforica estão relacionadas na tabela 5.3. Tais cenários são apenas alguns dos possíveis a serem testados no modelo, apenas **uma** das conseqüências do incidente selecionado é mostrada. No entanto, seria possível configurar mais conseqüências e respectivas soluções.

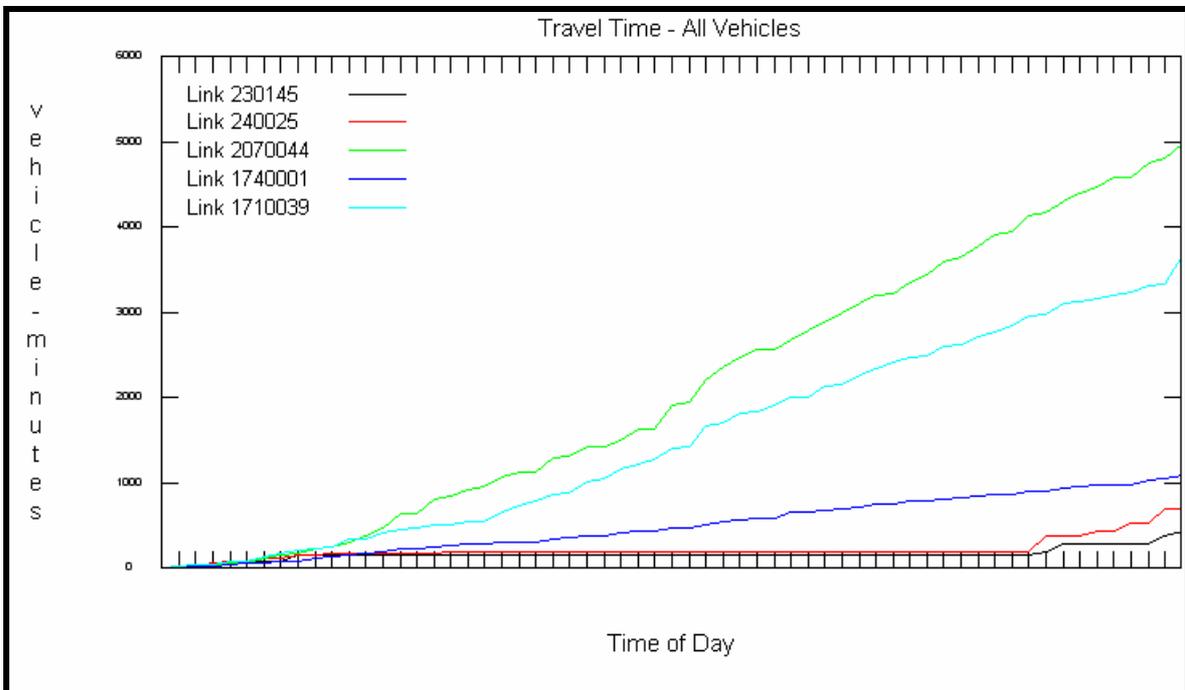
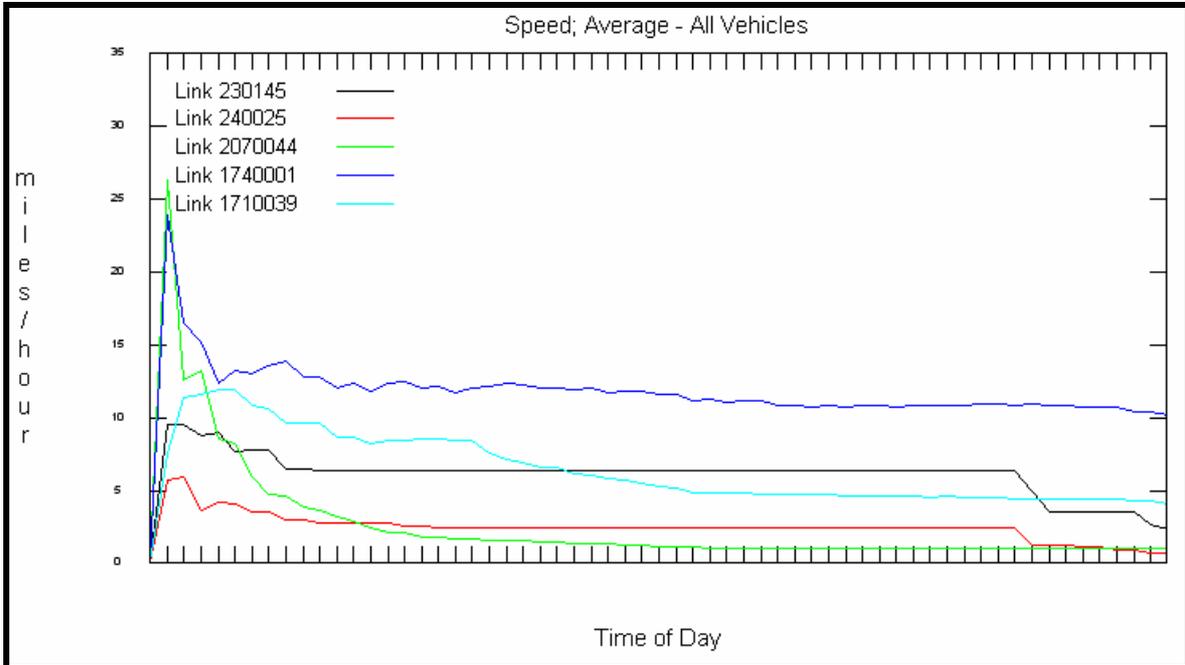
Os resultados do cenário 0 são apresentados em forma gráfica apenas para mostrar um resultado de saída da visualização. Os demais cenários estão com seus resultados já plotados em EXCEL para posterior comparação.

Tabela 5.3.: Resumo dos cenários configurados no modelo.

Situação	Cenário	Descrição	Alterações	
1	0	Não há ocorrência de incidentes	Não há alterações	
		Fluxo de veículos seguindo suas rotas, todas as vias liberadas.		
2	0A	Ocorrência de incidente: manifestação de vans na Av. Pres. Vargas	Não há alterações	
		Consequência: Av. Presidente Vargas com todas as 4. faixas de circulação de fluxo de tráfego interditadas		
3	1	Ocorrência de incidente: manifestação de vans na Av. Pres. Vargas	Alocação de tráfego decorrente do impedimento de trafegar na Av. Pres. Vargas e alteração semafórica de acordo com novos fluxos.	
		Consequência: Av. Presidente Vargas com todas as 4. faixas de circulação de fluxo de tráfego interditadas		
	2	Ocorrência de incidente: manifestação de vans na Av. Pres. Vargas		Alocação de tráfego decorrente do impedimento de trafegar na Av. Pres. Vargas e alteração semafórica de acordo com novos fluxos – INVERSÃO DA MÃO DA VIA PARALELA
		Consequência: Av. Presidente Vargas com todas as 4. faixas de circulação de fluxo de tráfego interditadas		
	3	Ocorrência de incidente: manifestação de vans na Av. Pres. Vargas		Alocação de tráfego decorrente do impedimento de trafegar na Av. Pres. Vargas e alteração semafórica de acordo com novos fluxos – IMPLANTAÇÃO DE FAIXA EXCLUSIVA PARA ÔNIBUS
		Consequência: Av. Presidente Vargas com todas as 4. faixas de circulação de fluxo de tráfego interditadas		

Cenário 0

Tráfego em dia comum – sem incidentes nas vias.



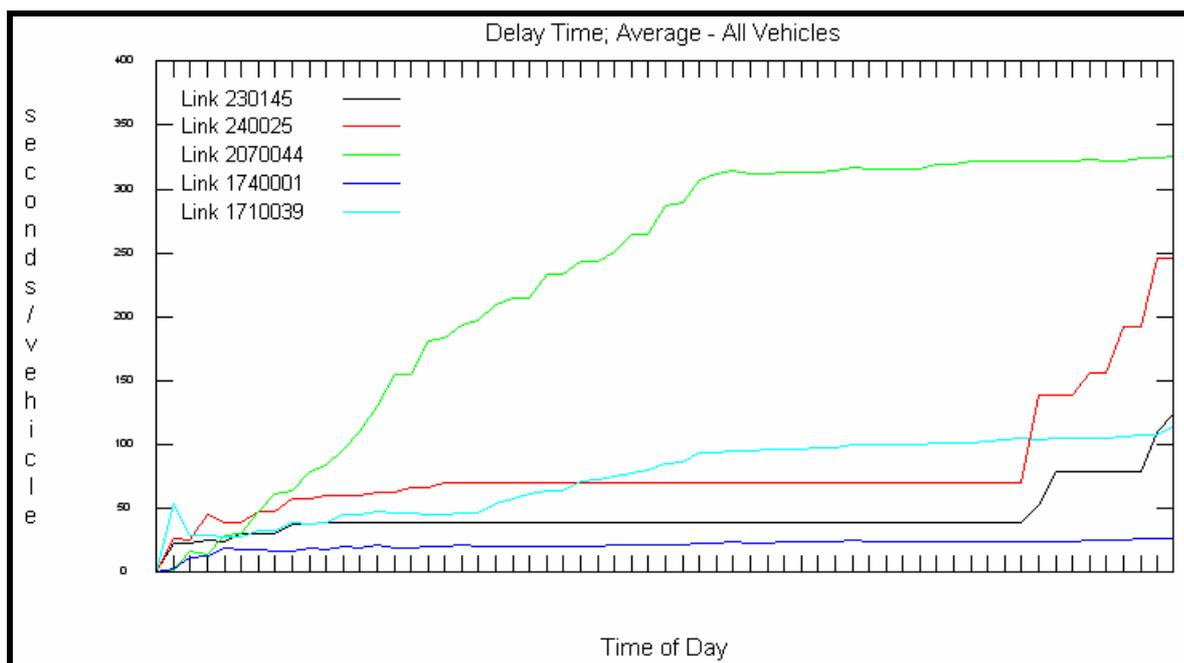


Figura 5.24 – Exemplo de resultados de saída.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU.

Tabela 5.4. – Quadro resumo da velocidade média de todos os veículos nos *links* selecionados em cada um dos cenários propostos.

Velocidade Média (milhas/hora)					
<i>link</i>	Cenário 0	Cenário 0A	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
230145	2,48	6,35	3,06	10,51	9,80
240025	1,40	1,85	1,42	3,35	3,23
280044	2,49	3,15	2,56	4,46	3,66
390001	6,76	2,93	4,92	5,86	5,11
410206	3,91	4,36	7,19	4,04	3,93

Tabela 5.5. – Quadro resumo do atraso parado médio de todos os veículos nos *links* selecionados em cada um dos cenários propostos.

Atraso Parado (veículo/minutos)					
<i>link</i>	Cenário 0	Cenário 0A	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
230145	2319,35	933,08	2359,80	433,67	643,78
240025	2890,78	2554,53	2800,17	1543,20	1695,00
280044	4289,85	2708,90	4496,20	1935,55	3095,27
390001	845,12	2597,03	118,50	152,47	1848,35
410206	271,57	219,17	172,28	509,53	471,82

Tabela 5.6. – Quadro resumo do tempo de viagem médio de todos os veículos nos *links* selecionados em cada um dos cenários propostos.

Tempo de Viagem (veículo/minutos)					
<i>link</i>	Cenário 0	Cenário 0A	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
230145	2614,40	1232,90	2320,90	811,18	789,72
240025	3267,12	3086,05	2807,40	2052,75	1956,55
280044	5560,12	3446,08	4289,92	1835,28	2147,68
390001	1359,07	3244,23	183,28	204,38	844,93
410206	396,22	333,17	384,67	859,48	773,47

Estas análises foram feitas de cada variável separadamente nos trechos de via avaliados ao fim do período de simulação, para que seja escolhida a melhor solução. No entanto, apresentam-se apenas as tabelas resumos, com os resultados das variáveis às 8:00h, após uma hora de simulação.

Para o caso de um incidente ocorrendo na via determinada (Presidente Vargas), com os resultados obtidos pode-se fazer uma análise da prioridade; se a preferência é por diminuir o tempo de viagem; aumentar a velocidade média; produzir menores atrasos em um maior número de vias e etc. Enfim, a combinação dessas respostas leva a uma melhor solução. O objetivo dessa pesquisa não é escolher a solução ótima, mas proporcionar meios de obtê-la, utilizando-se o procedimento proposto.

É importante ressaltar que a visualização da simulação é decisiva na escolha da solução, pois por muitas vezes pode ocorrer de um parâmetro indicar, por exemplo, uma velocidade média alta em um trecho da via e isto ocorrer devido a algum problema anterior que impeça dos veículos chegarem ali, então passam poucos com velocidade elevada, mas isto não significa que o desempenho da rede esteja satisfatório (TEIXEIRA e RIBEIRO, 2005).

Este Capítulo mostrou, a partir de um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro, a aplicabilidade do procedimento proposto nesta pesquisa, para o gerenciamento do tráfego em situações de incidentes utilizando a micro-simulação como ferramenta de análise. Mostrou, também, que o processo de calibração do modelo de micro-simulação utilizado tem um papel fundamental no desenvolvimento de toda a pesquisa, já que o *software* em que foi elaborado o modelo não está calibrado para realidade brasileira.

6 CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Considerações Finais

Diversos estudos estão sendo realizados em todo o mundo no que diz respeito à utilização e desenvolvimento de *softwares* de simulação. O uso destes está cada vez mais difundido e, aqui no Brasil, verificam-se níveis avançados de pesquisas aplicando os simuladores de tráfego nas mais variadas formas de análise de rede.

A utilização desta ferramenta de micro-simulação aliada aos procedimentos de sistemas especialistas deve ser mais difundida, a fim de que seja possível diminuir a subjetividade nos processos de tomada de decisão do gerenciamento do tráfego. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um procedimento baseando-se em algumas premissas de um sistema especialista. Visto que não se elabora um programa computacional, não pode ser considerado um sistema especialista, no entanto, é um procedimento que permite a geração de diversas regras que contribuem e servem de apoio à tomada de decisão. Os resultados obtidos no estudo de caso permitiram concluir que o procedimento proposto é capaz de responder adequadamente a essas situações.

A utilização do *software* foi uma das etapas que demandou mais tempo, uma vez que na elaboração do modelo houve necessidade de transpor as dificuldades com os recursos disponíveis pelo mesmo, sendo assim, surgiram os artifícios de modelagem.

Quanto ao modelo de micro-simulação especificamente, a sua calibração deve ser cada vez mais estudada para que se torne mais objetiva, com as modificações nos parâmetros sendo mais precisas. A calibração de um modelo de simulação de tráfego é um essencial processo na pretensão de verificar que as condições de tráfego no mundo real são suficientemente bem reproduzidas pela simulação. Tirar conclusões de um modelo não-calibrado é um convite ao desastre.

A incerteza existe sempre que houver possibilidade de engano na representação de um fenômeno (modelo) a partir da utilização de um método e sempre que o futuro for previsto, visto que a incerteza não é erro, erro é imprecisão. Incerteza indica

representação subjetiva e enganos de especificação, mas diminuir essa incerteza pode e deve ser realizado, daí a necessidade de uma calibração elaborada.

6.2 Conclusões

É necessário um pensamento uníssono quanto à necessidade de relacionamento entre os diversos órgãos capazes de gerenciar uma situação de incidente. A interoperabilidade entre os gestores do sistema deve ser desenvolvida e apoiada para assegurar uma operação efetiva no local do incidente. A tecnologia pode melhorar o tempo de resposta ao incidente, a dissolução do local e a leveza de comunicação entre as diversas agências, mas a tecnologia não pode garantir que os parceiros estarão aptos a trabalhar juntos de uma forma adequada e eficiente enquanto houver diferenças ideológicas significativas e na aproximação existente entre eles.

Em relação ao modelo, houve uma limitação ao representar as categorias de veículos, pois o programa aceita apenas veículos, ônibus, caminhões e *carpools*. E a pesquisa de campo foi realizada incluindo as categorias táxis e vans/kombis. Para que esses percentuais fossem representados foram necessários artifícios de modelagem. Assim como foram desenvolvidos argumentos para colocação das linhas de ônibus, considerando que a área de estudo apresenta uma superposição de linhas de ônibus, tendo que considerar assim, as suas trajetórias.

Para delimitar a área de estudo não foi encontrada nenhuma teoria que fosse capaz de representar a área necessária. Chegou a pesquisar-se as teorias de cordão externo e interno, dentre outras, mas nenhuma delas considerava a área do estudo de caso da maneira como estava sendo pensado o procedimento. Com isso, partiu-se para a escolha de um eixo principal, suas entradas e saídas e o que fundamentou o limite desta área de estudo foi a disponibilidade de recursos financeiros e humanos para realizar a pesquisa de campo. Sendo assim, as interseções principais tiveram prioridade na coleta de dados.

Os resultados obtidos no estudo de caso permitiram concluir que o procedimento proposto é passível de aplicação a essas situações de incidentes em vias urbanas.

Nota-se, entretanto, que para um perfeito uso de tal procedimento, a utilização de ferramentas e sistemas ITS para detecção e monitoração de incidentes deve ser implementada. Assim como a cooperação entre os diversos órgãos gestores de

transportes, de segurança e de meio-ambiente e para que tais regras provenientes desse procedimento sejam aplicadas e delegadas as funções de cada órgão, recomenda-se que normas/leis específicas para tais procedimentos sejam elaboradas.

6.3 Recomendações

Ainda que tenha sido atingido o objetivo do trabalho, apresentando um procedimento que possibilite utilizar alternativas de gerenciamento do tráfego para situações em que ocorram incidentes nas vias e tendo-o aplicado em um estudo de caso, o trabalho pode ser continuado pois é necessário que esse tipo de pesquisa continue para melhorar cada vez mais o sistema de transportes dos centros urbanos e conseqüentemente, o nível de serviços dos mesmos e a qualidade de vida da população.

Com o desenvolvimento do procedimento apresentado no trabalho e a elaboração do modelo do estudo de caso, surgiram outras idéias de como poderia ser utilizado o modelo que não foram contempladas, principalmente devido à limitação do tempo, tais como:

- Comparação dos parâmetros estabelecidos – variáveis de tráfego, uma vez que o *software* proporciona diversas possibilidades de resultados e foram selecionados e utilizados três desses parâmetros. Além disso, pode-se ter como referência outros pontos críticos da cidade do Rio de Janeiro.
- Utilização do modelo para fazer uma análise do meio-ambiente, verificar a viabilidade de relacionar a utilização de políticas de gerenciamento do tráfego em dias de incidentes com a redução da emissão de poluentes.
- O *software* TRAFNETSIM possibilita a colocação de fluxo de pedestres, podendo com isso haver uma variação nos tempos semafóricos. Com a utilização desse recurso, assim como outros, como a colocação de eventos de curta duração, o modelo pode ser detalhado. Sendo assim, recomenda-se a utilização das diversas ferramentas disponíveis para adequar o modelo ao mais próximo da realidade, independentemente da calibração, utilizando esses recursos para criar mais artificios de modelagem.
- A análise de outros cenários no mesmo modelo, sobretudo utilizando os dados já pesquisados de volume de tráfego no entre-pico e compará-los com os resultados deste trabalho do horário de pico. Dentre os cenários que podem ser simulados,

pode-se aproveitar o modelo e testar situações que não estejam relacionadas à incidentes, mas que podem resultar em um aumento da fluidez e um melhor gerenciamento do tráfego, como por exemplo, retirar os táxis de circulação, as vans possuírem faixas exclusivas à esquerda, dentre outras.

Em relação ao procedimento, sugere-se a implementação de um programa de gerenciamento de incidentes juntamente ao de gerenciamento do tráfego proposto, pois assim, haverá não apenas a alternativa ao congestionamento causado para o usuário, mas também uma maior rapidez na liberação das vias e dissolução dos incidentes (como por exemplo no caso de remoção de feridos de um acidente).

Sugere-se para trabalhos futuros, por fim, a realização de outros estudos utilizando o TRAFNETSIM em diversos centros urbanos de cidades de médio e grande porte do país, visando não apenas aprimorar os sistemas de gerenciamento de tráfego e alcançar uma maior adequação às cidades brasileiras, como também propagar esse procedimentos e o uso da micro-simulação em realidades distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORNOZ, M. A. P., 2005. *Contribuição para um Estudo Integrado de Gerenciamento de Transporte: Uma Visão Sistêmica*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ALEXIADIS, V., COLYAR, J., HALKIAS, J. *et al*, 2004, “The Next Generation Simulation Program”. *Institute of Transportation Engineers – ITE Journal*, v. 74, n.8 (aug), pp. 22-26.
- ANNER, R., 2000, “More mobility, less traffic?”. *Traffic Technology International – The 2000 International Review of Advanced Traffic Management*, pp. 90-93.
- ARAÚJO, L. A., 2003. *Um procedimento para análise do desempenho de redes viárias urbanas enfocando a qualidade de vida da comunidade e a qualidade de serviço do tráfego veicular*. Tese de D.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ARIOTTI, P., ARAÚJO, D. R. C., MOSCARELLI, F. C. e CYBIS. H. B. B., 2004, “Associação de modelos macroscópicos e microscópicos de tráfego para estudo de circulação”. *Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, ANPET*, v. I, pp. 478-489, Florianópolis.
- ARISTIZÁBAL, C. A. M., GARCÍA, W. C., 2001, “Modelación en el Programa TSISNETSIM para la Simulación Microscópica de Redes de Tráfico en Bogotá”. *Anais do XI Congreso Latinoamericano de Transporte Público*, La Habana.
- BANKS, J., 1998. *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. EMP, New York, USA.
- BELL, M. G. H e CASSIR, C., 2000. *Reliability of Transport Network*. Research Studies Press LTD.
- BERMAN, W., SMITH M. C. e SEPLOW, J., 2004, “Regional Transportation Operations Collaboration and Coordination: Working Together for Safety, Reliability and Security”. *Institute of Transportation Engineers – ITE Journal*, v. 74, n.5 (may), pp. 24-28.

- BHTRANS. CIT – Controle Inteligente de Tráfego. 2005. Disponível em: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/bhtrans/cit.asp>>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- CABRAL, S. D., 2004. *Análise dos impactos de medidas de engenharia de tráfego no padrão de emissões veiculares de poluentes atmosféricos - uma abordagem microscópica*. Tese de D.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CAMSYS, 2004. Traffic Congestion and Reliability: Linking Solutions to Problems – Final Report. July 19, 2004. Desenvolvido por FHWA, Cambridge Systematics, Inc. e Texas Transportation Institute.
- CYBIS, H. B. B., LINDAU, L. A., ARAÚJO, D. R. C., 2002, “Implantação de um Modelo de Simulação e Alocação do Tráfego em Porto Alegre”, *Revista dos Transportes Públicos ANTP*, ano 24, n. 95, pp. 41-54.
- CORSIM User’s Guide, Versão 5.0, 2001. Federal Highway Administration, Office of Operations Research, Development and Technology, Virginia, EUA.
- CNT/COPPEAD, 2002, “Diagnóstico e Plano de Ação – O caminho para o transporte no Brasil”.
- DEFLORIO, F. P., 2003, “Evaluation of a reactive dynamic route guidance strategy.” *Transportation Research Part C*, n. 11, pp. 375-388.
- DITTBERNER, R.A. e KNERS, R. T., 2002, “Past President’s Award Paper: Traffic Simulation in Congested Urban Networks: Pennsylvania Avenue Case Study”. *Institute of Transportation Engineers – ITE Journal*, v.72, n. 10 (outubro), pp.36-41.
- EXPERT SYSTEM TRAFFIC – Catalogue – Computerized assessment of fitness for driving – 2nd extended edition
- FHWA, 2004. A Review of Pedestrian Safety Research in the United States and Abroad, 2004 – publication no. RD-03-042.
- FHWA, 2005. Integrated Incident Management System. Disponível em: <http://ops.fhwa.dot.gov/Incidentmgmt/integrated_comm/integrated_incmgmt.htm>. Acesso em: 22 jun. 2005.

- FHWA, 2002. Intelligent Transportation Systems. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/legsregs/directives/fapg/cfr0940.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2005.
- FARIA, E. O., 1994. *Sistema Especialista para Tratamento de Travessias de Pedestres*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- FREITAS, I. M. D. P., 1999. *Metodologia de Avaliação Multicriterial para Seleção de Alternativas Tecnológicas e de Tratamento Preferencial na Circulação do Tráfego para o Transporte de Média Capacidade*. Tese de D.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- GONÇALVES, 1980. –Companhia de Engenharia de Tráfego – série Boletim Técnico da CET nº 29, São Paulo, .
- GUIA QUATRO RODAS, 2000, Ruas do Rio de Janeiro. Ed. Abril S.A., São Paulo.
- GST, 2005. Global System For Telematics. Disponível em:<<http://www.gstforum.org>>. Acesso em: 22jun. 2005.
- GST RESCUE, 2005. About GST RESCUE. Disponível em: <http://www.gstforum.org/en/subprojects/rescue/about_gst_rescue/about_gst_rescue.htm>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- HALE, D.K., 2006. Traffic Network Study Tool – TRANSYT-7F – UNITED STATES VERSION. McTrans Center, University of Florida.
- HENDRIKS, P.H.J., 1998, “Information Strategies for Geographical Information Systems”. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 12, n. 6, pp. 621-639.
- HENSON, C., 2000, “Levels of service for pedestrians”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v.70, n. 9, pp. 26-31.
- HOFFMAN, R. E., 2006. Verification, Validation and Evaluation of Expert System – Handbook. Turner-Fairbank Highway Research Center. Disponível em: <http://www.tfhr.gov/advanc/vve/toc.htm>, Acesso em: 26 de março de 2006.

- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003. Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas. Brasília.
- ITS AMERICA, 2005. Houston TranStar Featured Nationally in Broadcast and Print Media. Disponível em: <http://www.itsa.org/itsnews.nsf/> Acesso em: 22 jun. 2005.
- ITS AMERICA, 2004. Modelling the Impacts of Intelligent Transport Systems using Microscopic Traffic Simulation. Disponível em: <http://www.itsa.org/ITSNEWS.NSF/>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- ITS CANADA, 2004. An Intelligent Transportation Systems Plan for Canada: en route to Intelligent Mobility. Disponível em: <<http://www.its-sti.gc.ca> >. Acesso em: 25 jun. 2005.
- JOHNSON, M. C. e THOMAS, E. L., 2000, “Incident Management Successful Practices – a cross-cutting study”. Improving Mobility and Saving Lives. FHWA.
- KHATIB, Z. K., e G. A. JUDD, 2001, “Control Strategy for Oversaturated Signalized Intersections”. In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper Nº 01-2288, Washington, D. C., Janeiro.
- LINDHOLM, R. D., 2005. Rescue – Part of GST. Dissemination and Use Plan. Version 1.3. ERTICO – ITS EUROPE.
- LINK Inland Surface Transport (IST): Project summaries. Disponível em: <<http://www.dft.gov.uk>>
- LINDAU, L.A.; CYBIS, H. B. B.; NODARI, C. T.; ARAÚJO, D. R. C., 1999, “Calibração e verificação do ajuste do modelo de alocação Saturn à rede de Porto Alegre”. *Anais do XIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, São Carlos.
- LINDAU, L.A.; ANTUNES, A., SANTOS B. e SECO, A, 2004, “Transplan: um programa computacional para a avaliação do impacto de intervenções urbanísticas para o desempenho de um sistema de transportes”. *Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, v. I, pp 585-598, Florianópolis.

- LOCKWOOD, S., 2002, “Description of Transportation Systems Operations and Management”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v. 72, n. 9, pp. 46.
- LUH, J.Z., 2001, “Case Studies for Simulation of Roadway and Traffic Operations Using CORSIM”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v. 71, n. 7, pp. 34-40.
- MAIOLINO, C. E. G., 1992. *Sistema Especialista para Implantação de Semáforos*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MAIOLINO, C. E. G. e PORTUGAL, L. S., 2001, “Simuladores de tráfego para análise do desempenho de corredores de ônibus e de sua área de influência”. *Anais do XV Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, ANPET*, pp. 257- 264.
- MEIRELLES, A. A. C., 1999. *Sistemas de Transportes Inteligentes: aplicação da telemática na gestão do trânsito urbano. Projeto CTA - Sistema de Controle Centralizado de Tráfego por Área de Belo Horizonte*.
- MELO, A. R. F. L., 1981. *Um Modelo de Simulação Microscópica do Tráfego Urbano*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MUNHOZ, E. A. M. – *Sistemas de Controle de Tráfego: aplicação do programa TRANSYT*. Companhia de Engenharia de Tráfego – série Boletim Técnico da CET n° 10, São Paulo, 1978.
- MOREIRA, R. B., 2005. *Uma contribuição para avaliação do modelo CORSIM em simulações de tráfego urbano no Rio de Janeiro*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- NAM, D., MANNERING, F., 2000, “An Exploratory Hazard-based Analysis of Highway Incident Duration”. *Transportation Research Part A*, v. 34, pp. 85-102.
- NETO, F. M. O e LOUREIRO, C. F. G., 2005, “Priorização ativa no controle em tempo real para ônibus em corredores arteriais com tráfego misto”. *Anais do XIX Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, ANPET*, v. I, pp. 829-843, Recife.

- NHTSA, 2000. The Economic Impact Of Motor Vehicle Crashes. Disponível em: <<http://www.nhtsa.dot.gov/people/economic/EconImpact2000/summary.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2005.
- NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2005. IIMS Project Description. Disponível em: <http://www.dot.state.ny.us/reg/r11/iims/proj_desc.html>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- OLIVEIRA, M. G. S., 1997. *Produção e Análise de Planos Semafóricos de Tempo Fixo Usando Sistemas de Informação Geográficas*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- OLIVEIRA, S. R. M e ARAGÃO, J. J. G., 2004, “Metodologia de apoio à decisão para determinar necessidades de informação em projetos de parcerias público-privadas utilizando métodos multicriteriais e escalagem psicométricas: estudo de caso das concessões de rodovias no Brasil”. *Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, v. II, pp. 1417-1428, Florianópolis.
- PANIATI, J. F. , 2004, “ A New Age Approach to Transportation System Management and Operation ”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, pp 74-81.
- PEREIRA, L.F., CAMPOS, V. B. G. e FERREIRA FILHO, A. S., 2005, “Um procedimento de apoio a decisão para escolha de sistemas de controle visando o planejamento do tráfego”. *Anais do XIX Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, v. I, pp.842-851, Recife.
- PORTUGAL, L. S., 1980. *O Estacionamento nas Áreas Urbanas: Princípios e Procedimentos*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- POYARES, C. N., 2000. *Critérios para Análise dos Efeitos de Políticas de Restrição ao Uso de Automóveis em Áreas Centrais*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RIBEIRO, P. C. M., 2003. Estatística – Notas de Aula. PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

- SAITO, M., J. WALKER, e A. ZUNDEL, 2001, “Using Image Analysis to Estimate Average Stopped Delays per Vehicle at Signalized Intersections”. In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D. C., Janeiro.
- SCHRANK, D. e LOMAX, T., 2005. The 2005 Urban Mobility Report. Texas Transportation Institute.
- SECO, A. J. M. e VASCONCELOS, A. L. P., 2004, “Uma metodologia de análise do impacto de erros de quantificação na qualidade dos resultados de modelos de atribuição/simulação de tráfego”. *Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, v. I, pp. 465-476, Florianópolis.
- SILVA, C. A., 2003. *Modelagem comportamental para agentes autônomos em ambiente reais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação)– Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- SILVA, P. C. M., e N. TYLER, 2001, “Avaliação de projetos de paradas de ônibus”. *Anais do XI Congresso Latino Americano de Transporte Público Urbano*, CLATPU.
- SILVA, P. C. M., e N. TYLER, 2001, “ Sobre a Validação de Modelos Microscópicos de Simulação de Tráfego”. *Anais do XV Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, Campinas.
- SOUSA, D.L.M., 2003, *Análise dos impactos causados no tráfego por alterações na rede viária, utilizando micro-simulação*. Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SOUSA, D.L.M., e RIBEIRO, P. C. M., 2004, “Análise dos impactos causados no tráfego por alterações na rede viária, utilizando micro-simulação”. *Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, v. I, pp. 441-452 Florianópolis.
- SRINIVASAN, R., 2004, Expert System for Engineering Rational Speed Limits in Speed Zones. University of North Carolina Highway Safety Research Center. ITE Annual Meeting, Lake Buena Vista, FL, August 1-4)

- STOPHER, P.R., 2004, “Reducing road congestion: a reality check”. *Transport Policy* n. 11, pp. 117-131.
- TEIXEIRA, E. H. S. B. e RIBEIRO, P. C. M., 2005, “Esquemas Alternativos de Operação de Tráfego em Dias de Manifestações Públicas Através da Micro-Simulação”. *Anais do XIII Congresso Latino Americano de Transporte Público e Urbano – CLATPU*, Lima - Peru.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD – TRB, 2000, Highway Capacity Manual, National Research Council, Washington, D. C.
- VAN ZUYLEN, H. J. e TAALE, H., 2000. Traffic Control and Route Choice: Conditions for Instability. Reliability of Transport networks – chapter 5. Research Studies Press LTD, England.
- VINCENT, R. A., MITCHELL, A. I e ROBERTSON, D. I.,1980. User Guide to Transyt version 8. TRRL Laboratory Report 888.
- WASHBURN, S. S. e LARSON, N., 2002, “Signalized Intersection Delay Estimation: Case Study Comparison of TRANSYT-7F, Synchro and HCS”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v. 72, n. 3, pp 30-35.
- WATLING, D.P. e HAZELTON, M.L.,2003. The dynamics and equilibria of day-to-day assignment models. *Networks and Spatial Economics*, to appear.
- “What is European Car Sharing?” Disponível em: <<http://www.carsharing.org>>, Acesso em: Janeiro de 2006.
- “Why it’s great for cities?” Disponível em: <<http://www.carsharing.net>>, Acesso em: Janeiro de 2006.
- WONG, SHUI-YING, 1990, “TRAF-NETSIM: How it Works, What it Does”. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, Abril, pp. 22-27.
- WU, J., BRACKSTONE, M. e McDONALD, M., 2003, “The validation of a microscopic simulation model: a methodological case study.” *Transportation Research Part C*, n. 11, pp. 463-479.

ANEXO I

Interseções		
Avenida Passos	x	Rua da Alfândega
Avenida Passos	x	Rua Buenos Aires
Avenida Presidente Vargas	x	Avenida Passos
Avenida Presidente Vargas	x	Rua Uruguaiana
Avenida Marechal Floriano	x	Rua Uruguaiana
Avenida Rio Branco	x	Rua do Acre
Avenida Rio Branco	x	Rua Dom Gerardo
Avenida Rio Branco	x	Rua Visconde de Inhaúma
Avenida Rio Branco	x	Avenida Presidente Vargas
Rua 1º de Março	x	Rua Visconde de Inhaúma
Rua 1º de Março	x	Avenida Presidente Vargas
Avenida Passos	x	Rua da Constituição
Rua da Carioca	x	Praça Tiradentes
Rua da Carioca	x	Avenida República do Paraguai
Avenida Marechal Câmara	x	Avenida Franklin Roosevelt
Rua 1º de Março	x	Rua do Ouvidor
Rua 1º de Março	x	Rua Sete de Setembro
Rua 1º de Março	x	Rua da Assembléia
Rua 1º de Março	x	Rua São José
Avenida Pres. Antônio Carlos	x	Avenida Erasmo Braga
Avenida Pres. Antônio Carlos	x	Avenida Almt. Barroso
Avenida Pres. Antônio Carlos	x	Rua Araújo Porto Alegre
Avenida Pres. Antônio Carlos	x	Rua Santa Luzia
Avenida Pres. Antônio Carlos	x	Avenida Franklin Roosevelt
Avenida Nilo Peçanha	x	Avenida Graça Aranha
Avenida Almt. Barroso	x	Avenida Graça Aranha
Rua Araújo Porto Alegre	x	Avenida Graça Aranha
Rua Santa Luzia	x	Avenida Graça Aranha
Avenida Presidente Wilson	x	Avenida Calógeras
Avenida Beira Mar	x	Avenida Calógeras
Rua México	x	Avenida Almirante Barroso
Rua México	x	Rua Araújo Porto Alegre
Rua México	x	Rua Santa Luzia
Rua México	x	Avenida Presidente Wilson
Avenida Rio Branco	x	Rua Buenos Aires
Avenida Rio Branco	x	Rua do Rosário
Avenida Rio Branco	x	Rua do Ouvidor
Avenida Rio Branco	x	Rua Sete de Setembro
Avenida Rio Branco	x	Rua da Assembléia
Avenida Rio Branco	x	Avenida Nilo Peçanha
Avenida Rio Branco	x	Avenida Almt. Barroso
Avenida Rio Branco	x	Rua Evaristo da Veiga
Avenida Rio Branco	x	Rua Santa Luzia
Av. Rio Branco	x	Av. Presidente Wilson
Av. Rio Branco	x	Av. Beira Mar
R. Senador Dantas	x	R. Evaristo da Veiga
R. Senador Dantas	x	R. do Passeio
Av. República do Paraguai	x	R. Senador Dantas

ANEXO II

Secretaria Municipal de Transportes - Coordenadoria de Regulamentação Viária.

Interdição de Vias Públicas **-RESOLUÇÃO Nº 1097/SMTR DE 02 DE MAIO DE 2001.**

ESTABELECE NORMAS PARA CONCESSÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA INTERDIÇÃO AO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NAS VIAS ABERTAS À CIRCULAÇÃO PÚBLICA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.

O SECRETARIO MUNICIPAL DE TRANSPORTES, no uso de suas atribuições legais e, CONSIDERANDO que a divulgação prévia das interdições das vias, bem como a indicação das direções alternativas disponíveis, são medidas que coadunam com a atual política de esclarecimento e divulgação das ações executivas desenvolvidas no trânsito;

CONSIDERANDO que também é objetivo desta administração garantir o direito de cada cidadão transitar em condições de segurança segundo os preceitos do Código de Trânsito Brasileiro – CTB; CONSIDERANDO o prazo estabelecido pelo § 2º do artigo 95 do CTB; CONSIDERANDO que compete à autoridade de trânsito autorizar as interdições das vias do Município do Rio de Janeiro, conforme estabelecido no artigo 24 do CTB, RESOLVE:

Art. 1º - Estabelecer normas, descritas a seguir, para a concessão de autorização para interdição de vias abertas à circulação pública da Cidade do Rio de Janeiro.

Art. 2º - Toda e qualquer solicitação de interdição deverá primeiramente ser encaminhada às Coordenadorias Regionais da CET-RIO, objetivando estudos técnicos de engenharia de tráfego, planejamento e operacionalização, com antecedência de 10 (dez) dias úteis, juntamente com os documentos definidos a seguir, de acordo com o tipo de evento:

I – Licença da Comissão Coordenadora de Obras e Reparos em Vias Públicas – O/COR, para obras programadas;

II – Original do NADA OPOR da Sub-Prefeitura e do Batalhão da Polícia Militar, com jurisdição sobre a área a que pertença a via pretendida para a interdição, para eventos culturais, religiosos e carnavalescos;

III – Original do NADA OPOR da Sub-Prefeitura e do Batalhão da Polícia Militar, com jurisdição sobre a área a que pertença a via pretendida para a interdição, bem como autorização da respectiva confederação desportiva ou de entidades estaduais a elas filiadas, para eventos esportivos;

IV – Para ondulações transversais, áreas de lazer e festividades comunitárias:
a – Requerimento do representante da comunidade local, contendo cópia do documento de identidade, telefone de contato e residência devidamente comprovada (conta de luz, telefone, gás, etc), demonstrando ser o requerente morador da área onde se pretenda realizar a interdição;

b – Original do NADA OPOR da Sub-Prefeitura e do Batalhão da Polícia Militar com jurisdição sobre a área a que pertença a via pretendida para a interdição, acompanhando o requerimento;

c – Abaixo-assinado original, com a destinação devidamente especificada em cada lauda, de pelo menos 2/3 (dois terços) dos moradores da via pretendida para a interdição, com nomes e endereços legíveis, acompanhando o requerimento.

§ 1º - As exigências de que trata este Artigo não abrangem as interdições referentes aos eventos e atos programados pelos órgãos públicos, bem como os de manifesto interesse da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, ficando, em qualquer caso, sujeitos ao prazo previsto no caput do art. 2º.

§ 2º - Não estão sujeitos às exigências desta Resolução, as interdições decorrentes dos eventos e atos de que trata o inciso XVI do Art. 5º da Constituição Federal, não desobrigando os seus responsáveis de avisar ou solicitar à Coordenadoria de Regulamentação Viária da Secretaria Municipal de Transportes as providências cabíveis no prazo previsto no caput do art. 2º.

Art. 3º - A CET-RIO poderá solicitar parecer técnico da CVE, nas vias sob sua jurisdição e da SUBTU, nas vias onde trafegam linhas regulares de coletivos, das respectivas Coordenadorias Regionais.

Art. 4º - Os requerimentos já instruídos com todos pareceres técnicos e demais requisitos necessários à interdição deverão ser encaminhados à Coordenadoria de Regulamentação Viária – CRV, objetivando análise, regulamentação e divulgação, nos prazos e condições definidos a seguir:

I – Com antecedência de 6 (seis) dias úteis, no caso da interdição de vias de grande circulação, arteriais e de trânsito rápido, nelas incluídas pontes, viadutos e túneis;

II – Com antecedência de 4 (quatro) dias úteis, nas demais vias.

Parágrafo único – Nos casos do inciso I deste artigo , a Coordenadoria de Regulamentação Viária encaminhará o requerimento ao Secretário Municipal de Transportes, objetivando autorização prévia.

Art. 5º - Para área de lazer e festividades comunitárias, não serão concedidas autorizações para locais que tenham:

I – Estabelecimentos comerciais e industriais de grande porte, com funcionamento nos dias e horários da interdição solicitada;

II – Unidades das Forças Armadas, Polícia Militar, Corpo de Bombeiros ou Delegacia Policial;

III – Unidade hospitalar de qualquer espécie;

IV – Oficina mecânica, posto de abastecimento de combustível ou garagem comercial com funcionamento nos dias e horários da interdição solicitada;

V – Unidade escolar com funcionamento nos dias e horários da interdição solicitada.

Art. 6º - As autorizações para funcionamento de área de lazer serão concedidas para domingos e feriados por prazo indeterminado.

Art. 7º - As autorizações para implantação de ondulações transversais somente serão concedidas quando acompanhadas de projeto elaborado pela CET-RIO, de acordo com os critérios estabelecidos na Resolução No 39 do CONTRAN, de 22 de maio de 1998.

Art. 8º - As interdições de que tratam a presente Resolução deverão ser levadas ao conhecimento público com antecedência de 48 (quarenta e oito) horas, através dos meios de comunicação social, em cumprimento ao prescrito no § 2º do artigo 95 do CTB.

Art. 9º - O descumprimento aos prazos estabelecidos nesta Resolução, que impossibilitem o atendimento do artigo anterior, acarretará sanções disciplinares previstas na Lei nº 94, de 14 de março de 1979 – Estatuto dos Funcionários Públicos do Poder Executivo do Município do Rio de Janeiro, bem como no § 4º do artigo 95 do CTB, podendo os servidores ainda, se for o caso, serem enquadrados em crime de desobediência.

Art. 10º - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, em especial a Resolução No 963/SMTR de 23 de novembro de 1999.