

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

DANILO AUGUSTO FERREIRA DOURADO

**GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE TRÁFEGO EM
TEMPO REAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos, D.Sc.

Rio de Janeiro

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

c 2007

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP:22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em sua base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

D739g Dourado, Danilo Augusto Ferreira

Gerenciamento da Demanda de Tráfego em Tempo Real / Danilo Augusto Ferreira Dourado - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2007.

188 p. : il., tab.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia – Rio de Janeiro, 2007.

1. Gerenciamento da Demanda de Tráfego. 2. Sistemas Inteligentes de Transportes. 3. Informação em tempo real. 4. Simulação. I. Título. II. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 629.04

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

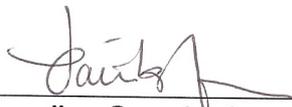
DANILO AUGUSTO FERREIRA DOURADO

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE TRÁFEGO EM TEMPO REAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D. Sc.

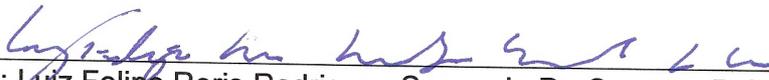
Aprovada em 1º de Março de 2007 pela seguinte Banca Examinadora:



Prof^a: Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D. Sc. do IME - Presidente



Prof.: Altair dos Santos Ferreira Filho – D. Sc. – IME



Prof.: Luiz Felipe Roris Rodriguez Scarvada Do Carmo – D.Sc – PUC-Rio

Rio de Janeiro

2007

Dedico este trabalho a meu pai, Joaquim, minha mãe Eneida (in memoriam) e irmãos Gustavo e Leonardo pelo apoio que sempre me deram durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, por estarem sempre presentes e terem sempre me incentivado nesses dois anos de estudo.

A toda a minha família, que sempre me apoiou e torceu pelo meu sucesso.

Ao Instituto Militar de Engenharia pela oportunidade que me foi dada de poder realizar meu Mestrado.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante o curso.

À professora Vânia Barcellos Gouveia Campos, pela orientação, ensinamentos, críticas e sugestões, sempre interessantes e pertinentes.

A todos os outros professores do IME, por todos os momentos e ensinamentos transmitidos e pela disposição em ajudar.

Aos professores Altair dos Santos Ferreira Filho, D. Sc. do IME e Luiz Felipe Roris Rodriguez Scarvada Do Carmo, D.Sc. da PUC/RJ por terem aceitado gentilmente participarem da minha banca examinadora e pelo tempo dedicado a ler e analisar minha dissertação, fornecendo sugestões pertinentes para melhorá-la.

À professora Heloisa Maria Barbosa, Ph.D. da UFMG, por, apesar de não ter podido participar da banca de defesa, forneceu críticas e sugestões, e por ter, ainda na graduação, me incentivado a perseguir o mestrado.

A todos os meus amigos de turma, por todos os momentos vividos e pela amizade, Denise, Olivio, Natália, Macedo, Erblai, Giovanni, Siquara, Giuseppe e Nei.

A todos os colegas da turma anterior, em especial Gleicy, Monique e Michelly, pela grande ajuda e da turma posterior, pelo companheirismo.

Aos companheiros de apartamento, Olivio, Clauber, André, Amílcar e Bruno, por dividirem o espaço e ajudarem no convívio em um lugar distante da família.

A todas as outras pessoas do IME, em especial Isolina, André e Oazem.

A todos que me receberam muito bem em todos os locais que visitei, na Ponte S.A., CET-Rio, Linha Vermelha, CET-SP e AutoBAN, em especial a esta última, por fornecer gentilmente os dados utilizados para a análise do protótipo.

A todas as outras pessoas que, de uma forma ou de outra, me ajudaram a realizar minha dissertação, e que torceram pelo meu sucesso. OBRIGADO!

“A dúvida é o princípio da sabedoria”
Aristóteles

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	10
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE SIGLAS.....	14
1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo.....	18
1.2 Justificativa	18
1.3 Estrutura do Trabalho	20
2. GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE TRÁFEGO E TÉCNICAS DE TDM TRADICIONAIS	21
2.1 Gerenciamento da Demanda de Tráfego.....	21
2.2 Técnicas de TDM Tradicionais	24
2.2.1 <i>Ridesharing</i>	24
2.2.2 Arranjos alternativos de trabalho	26
2.2.3 Políticas tarifárias no transporte público	30
2.2.4 Gerenciamento do transporte escolar e universitário	31
2.2.5 Serviços Expressos	32
2.2.6 <i>Park & Ride</i>	34
2.2.7.Faixas exclusivas para veículos com alta ocupação (HOV)	35
2.3 Considerações finais.....	38
3. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES E TÉCNICAS DE TDM QUE OS UTILIZAM	39
3.1 Introdução.....	39
3.2 Sistemas Inteligentes de Transportes.....	39
3.3 Técnicas de TDM Utilizando ITS	44
3.3.1 <i>Hotlines</i>	50
3.3.2 Painéis de Mensagem Variável (PMV)	53
3.3.3 Serviços <i>on-board</i>	56

3.3.4	Serviços on-line	60
3.3.5	Quiosques informativos	64
3.3.6	Televisão	67
3.4	Situação no Brasil	69
3.5	Considerações finais.....	71
4.	CAPTAÇÃO DE DADOS DO TRÁFEGO EM TEMPO REAL	72
4.1	Introdução.....	72
4.2	Sensores Não-Intrusivos.....	73
4.2.1	Infravermelhos	73
4.2.2	Microondas	75
4.2.3	Detectores passivos acústicos.....	76
4.2.4	Detectores Ultra-Sônicos	77
4.2.5	Processamento de Imagens de Vídeo	79
4.3	Detectores Intrusivos	81
4.3.1	Laço de Indução	82
4.3.2	Sensores Magnéticos	86
4.3.3	Tubos Pneumáticos	87
4.3.4	Sensores Piezoelétricos	87
4.4	Sensores “fora” da via.....	88
4.4.1	GPS (Global Positioning System)	89
4.4.2	Telefone celular	89
4.4.3	AVI (<i>Automatic Vehicle Identification</i>)	90
4.4.4	AVL (<i>Automatic Vehicle Location</i>)	91
4.4.5	Sensoriamento Remoto	92
4.5	Comparação entre tecnologias de captação de dados de tráfego.....	92
5.	MÉTODOS PARA O CÁLCULO DO TEMPO DE VIAGEM	97
5.1	Introdução.....	97
5.2	Características dos métodos de alocação de tráfego	99
5.2.1	Funções de desempenho	102
5.2.2	Alocação dinâmica.....	108
5.3	Simulação	112

5.4	Considerações finais.....	113
6.	PROCEDIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE UM SERVIÇO DE INFORMAÇÃO SOBRE AS CONDIÇÕES DO TRÁFEGO.....	114
6.1	Introdução.....	114
6.2	Estrutura do Procedimento	115
6.3	Desenvolvimento do Protótipo	125
6.4	Exemplo de Aplicação do Protótipo	126
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	136
7.1	Conclusões	136
7.2	Recomendações	138
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
9.	APÊNDICES.....	150
9.1	Código-fonte do programa	151
9.2	Código-fonte do programa principal.....	170
10.	ANEXOS.....	176
10.1	Dados da Via Alternativa (Via Bandeirantes).....	177
10.2	Dados da Via Principal (Via Anhanguera).....	183

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 2.1	Diagrama de TDM	23
FIG. 2.2	Estacionamento para <i>carpoolers</i>	25
FIG. 2.3	Sistema de Ônibus Expressos no Rio de Janeiro.....	33
FIG. 2.4	Park & Ride	34
FIG. 2.5	Faixas Exclusivas para HOV	36
FIG. 3.1	Congestionamento é aceitável caso o atraso seja conhecido?	44
FIG. 3.2	Dirigir automóvel x Congestionamento.....	45
FIG. 3.3	Painel de Mensagem Variável.....	46
FIG. 3.4	Gerenciamento de faixas em Auto-Estradas	56
FIG. 3.5	Informações de tráfego via Rádio.....	57
FIG. 3.6	Computadores de bordo equipados com GPS.....	59
FIG. 3.7	Exemplo de mapa gerado no site Maplink.....	61
FIG. 3.8	Exemplo de texto gerado no site Maplink.....	61
FIG. 3.9	Informações de tráfego via internet	62
FIG. 3.10	Quiosque informativo.....	65
FIG. 3.11	Informações via TV a cabo.....	68
FIG. 4.1	Zonas de detecção em sensores infravermelhos	74
FIG. 4.2	Geometria do sensor infravermelho ativo	75
FIG. 4.3	Funcionamento do sensor de microondas.....	75
FIG. 4.4	Montagem do sensor ultra-sônico	77
FIG. 4.5	Funcionamento do sensor ultra-sônico.....	78
FIG. 4.6	Detecção de reflexo de farol.....	80
FIG. 4.7	Laço de indução	82

FIG. 4.8	Principais componentes de um detector por laços de indução.....	83
FIG. 4.9	Variação da Magnitude do Campo Magnético do Laço de Indução durante a passagem de um caminhão	84
FIG. 4.10	Variação da Magnitude do Campo Magnético do Laço de Indução durante a passagem de um automóvel Fiat Uno	85
FIG. 4.11	Configuração Típica de um Cabo Piezoelétrico	88
FIG. 5.1	Exemplo de rede viária.....	98
FIG. 5.2	Exemplo de grafo	98
FIG. 5.3	Principais técnicas de alocação de tráfego	101
FIG. 5.4	Curva de desempenho	102
FIG. 5.5	Função de Desempenho Parabólica	103
FIG. 5.6	Curva de desempenho do BPR.....	106
FIG. 5.7	Alocação de demanda variável no tempo.....	109
FIG. 5.8	Comparação de um DTA com impedância constante e variável no tempo	110
FIG. 5.9	Predição no horizonte de tempo.....	111
FIG. 6.1	Esquema de captação de dados do tráfego	115
FIG. 6.2	Fluxograma do Procedimento	116
FIG. 6.3	Exemplo de reta de ajuste.....	121
FIG. 6.4	Tela do protótipo.....	125
FIG. 6.5	Sistema Bandeirantes-Anhangüera.....	126
FIG. 6.6	Exemplo de colocação de dados - Via PRINCIPAL	128
FIG. 6.7	Exemplo de colocação de dados - Via ALTERNATIVA	129
FIG. 6.8	Exemplo de colocação de dados - Cálculo do Tfl.....	130
FIG. 6.9	Exemplo de colocação de dados - Função de desempenho	131

FIG. 6.10 Exemplo de colocação de dados - Porcentagem de desvio e intervalo mínimo.....	132
FIG. 6.11 Saída de dados - Primeira iteração	133
FIG. 6.12 Saída de dados - Terceira iteração	134
FIG. 6.13 Problema na alternativa.....	135

LISTA DE TABELAS

TAB. 3.1	Áreas de Atuação dos ITS.....	42
TAB. 3.2	Porcentagem de Utilização de ITS nos EUA	49
TAB. 4.1	Diferenças entre câmeras instaladas no sentido do tráfego ou em sentido contrário	81
TAB. 4.2	Quadro comparativo entre as tecnologias de captação de dados do tráfego	93
TAB. 4.3	Tipos de Dados obtidos por Detectores	95
TAB. 5.1	Constantes da fórmula STEAM	105
TAB. 5.2	Coeficientes do BPR	107
TAB. 6.1	Características das vias	127
TAB. 6.2	Exemplo de dados de entrada.....	132

LISTA DE SIGLAS

ATIS	Advanced Traffic Information Systems
ATMS	Advanced Traffic Management Systems
BPR	Bureau of Public Roads
DAB	Digital Audio Broadcasting
DTA	Dynamic Traffic Assignment
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HOV	High Occupancy Vehicles
HOT	High Occupancy Toll
ITS	Intelligent Transportation Systems
ITSA	Intelligent Transportation Systems of America
PDA	Personal Digital Assistant
PMV	Painel de Mensagens Variáveis
SOV	Single-Occupant Vehicles
SUE	Stochastic User Equilibrium
TDM	Traffic Demand Management
TMC	Traffic Message Channel
UE	User Equilibrium
VPTI	Victoria Transport Policy Institute
WAP	Wireless Application Protocol

Resumo

Existem várias medidas para o gerenciamento do tráfego urbano que não necessitam de grandes obras de engenharia para serem implementadas, como a sincronização semaforica e a integração intermodal. Uma outra forma de minimizar os problemas de congestionamento, da qual esse trabalho trata, é a utilização de estratégias de Gerenciamento de Demanda de Tráfego (TDM – *Traffic Demand Management*), que são técnicas de controle de tráfego e de fornecimento de informações ao usuário que têm como objetivo alterar o comportamento de viagens no modo, no tempo e/ou no espaço de forma a reduzir os problemas decorrentes do elevado número de veículos nas vias.

Assim, com o objetivo de criar um procedimento que auxilie na tomada de decisão por parte do motorista em escolher entre duas rotas alternativas, foram estudadas as diversas formas de TDM, além de terem sido estudadas formas de captação automática de dados do tráfego, que têm como objetivo fornecer informações precisas e em tempo real para o controlador de tráfego e técnicas de alocação de tráfego.

Todos esses tópicos serviram como base para a criação de um protótipo computacional que, a partir dos dados coletados através de tecnologias de captação de dados de tráfego, como laços de indução, disponibiliza informações sobre as condições de tráfego urbano ao usuário, ao calcular os tempos de viagens em duas rotas diferentes entre um par de origem/destino.

Abstract

There are many solutions to the urban traffic management that do not depend on great engineering feats to be implemented, such as traffic signals synchronization and intermodal integration. Another form of minimizing congestion problems, which is treated in this work, is the use of Traffic Demand Management (TDM) strategies, which are traffic control and information providing techniques that have the objective of altering the travel behavior in mode, time, and/or space, in a way to reduce the problem decurrent from the high number of vehicle in the network.

Thus, with the objective of creating a procedure that helps the driver's decision making in choosing between two alternate routes, several TDM techniques were studied, as well as automatic traffic data collection, which have as objective to provide precise real-time information for the traffic controller, and, finally, traffic assignment techniques.

All these topics were used as a base for the creation of a computer prototype that, from the data collected through traffic data collection technologies, such as, inductive loops, provides information about traffic conditions to the user, after calculating travel times between an origin/destination pair in two different routes.

1. INTRODUÇÃO

Com o expressivo aumento da população das cidades brasileiras a partir da década de 1970, houve o crescimento acelerado e não-planejado das cidades brasileiras, trazendo com isso graves conseqüências para o sistema de transporte urbano, diminuindo a qualidade de vida da população em geral.

Os problemas habituais do sistema de transporte, como os congestionamentos, são freqüentemente solucionados com a adição de nova infra-estrutura, ou seja, com a construção de novas vias ou a expansão das existentes, com o acréscimo de novas faixas de trânsito.

Apesar de ser uma solução aceita em determinados casos, esta não é uma alternativa com a melhor relação benefício-custo em logo prazo, já que, apesar de melhorar visivelmente o tráfego logo após o término das obras, com o passar do tempo a situação tende a voltar para o estado em que a via se encontrava anteriormente, já que o aumento da infra-estrutura incentiva a utilização cada vez maior dos automóveis.

Além disso, a expansão de ruas e avenidas, ao possibilitar o aumento no tráfego de veículos, traz conseqüências negativas como o aumento da poluição sonora e atmosférica, e a área utilizada para a expansão poderia ser utilizada para outros fins, como recreação e lazer (CAMBRUZZI e JUNIOR, 2003, apud. PEREIRA, 2004). Todas essas conseqüências diminuem a qualidade de vida da população.

Existem várias outras medidas eficientes para melhorar a circulação, que fazem parte do gerenciamento do tráfego, como a sincronização semaforica, a criação de faixas exclusivas para o transporte público, a melhoria da qualidade dos serviços de transporte público e da integração intermodal, e o *ramp metering* (controle de acesso) em auto-estradas entre outros, que não necessitam de grandes obras de engenharia para serem implementadas.

Uma alternativa à expansão das ruas e avenidas como forma de minimizar os problemas de congestionamento nas grandes cidades, da qual esse trabalho trata, é a utilização de estratégias de Gerenciamento de Demanda de Tráfego (TDM – *Traffic Demand Management*). O TDM diz respeito a técnicas de controle de tráfego e de fornecimento de informações ao usuário que tem como objetivo alterar o

comportamento de viagens para reduzir os problemas decorrentes do elevado número de veículos nas vias, como congestionamentos e emissão de poluentes. Exemplos dessa estratégia são faixas exclusivas para veículos com alta ocupação (HOV – *High Occupancy Vehicle*) e o uso de Painéis de Mensagens Variáveis (PMVs).

Além disso, o advento dos Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS – *Intelligent Transportation Systems*) trouxe um alto grau de automação, que pode ajudar na coleta de dados e na tomada de decisão nos sistemas de transportes.

1.1 OBJETIVO

Esta dissertação tem por objetivo desenvolver um procedimento que possa ser utilizado para disponibilizar informação ao usuário sobre o tempo de viagem entre um par de origem/destino, a partir dos dados dos sistemas de controle, visando o gerenciamento da demanda de tráfego em tempo real. Como sub-objetivos têm-se:

- Um estudo sobre técnicas de gerenciamento da demanda de tráfego praticadas no mundo;
- Uma revisão bibliográfica dos sistemas de captação de dados de tráfego mais utilizados;
- O desenvolvimento de um protótipo computacional com base no procedimento desenvolvido.

1.2 JUSTIFICATIVA

Hoje há um desequilíbrio muito grande entre a oferta e a demanda de transportes, refletida nos congestionamentos de tráfego e na superlotação dos meios de transporte público, diminuindo a eficiência do sistema de transportes.

Para minimizar o problema existem várias alternativas, e dentre estas está o gerenciamento da demanda realizado através do melhoramento dos sistemas de informação existentes.

A Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, traz, em seu artigo 2º, incisos I e V, que “a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante a:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

V – oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais.”

Por meio da elaboração das Diretrizes Estratégicas do Fundo Setorial de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor de Transportes Terrestres e Hidroviários, o Ministério da Ciência e Tecnologia definiu como prioritárias as idéias e propostas que, de uma forma ou de outra, contribuam para os tópicos abaixo relacionados (MCT, 2002):

- Fluidez e segurança de trânsito visando à redução de suas externalidades;
- Operação e gestão de sistemas de transporte;
- Desenvolvimento de novas tecnologias em infra-estrutura e equipamentos de transporte, incluindo a utilização de materiais reciclados;
- Desenvolvimento e aplicação de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS);
- Desenvolvimento, manutenção e difusão de Sistema de Informação em Transportes;
- Melhoria das infra-estruturas existentes por meio de introdução de novas tecnologias de controle, manutenção, dentre outras;
- Estudo das condições operacionais dos sistemas de transportes e suas externalidades;
- Desenvolvimento de processos de gestão da infra-estrutura de transportes;
- Promoção da capacitação de recursos humanos para P&D em transportes;

- Promoção do desenvolvimento de técnicas e modelos de previsão e simulação para o planejamento de transportes;

O aumento da informação disponível ajuda os motoristas no planejamento de suas viagens (antes de sua realização) e durante as viagens (com informações nas vias) de forma a usarem a melhor e mais adequada rota e modos de transportes.

Assim, deve-se verificar a possibilidade da utilização dessas tecnologias de gerenciamento da demanda, principalmente as que utilizam ITS como forma de diminuir os prejuízos causados pelos problemas de transportes, como congestionamentos e acidentes de tráfego.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir o objetivo mencionado, se fazem necessários alguns estudos, que serão apresentados como etapas a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Gerenciamento da Demanda de Tráfego e Técnicas de TDM Tradicionais;
- Capítulo 3 – Sistemas Inteligentes de Transportes e Técnicas de TDM Que Os Utilizam;
- Capítulo 4 – Captação de Dados do Tráfego em Tempo Real;
- Capítulo 5 – Protótipo de Simulação para um Serviço de Informação sobre as Condições do Tráfego;
- Capítulo 6 – Exemplo de Aplicação do Protótipo;
- Capítulo 7 – Conclusões e Recomendações;
- Capítulo 8 – Referências Bibliográficas;
- Capítulo 9 – Apêndices;
- Capítulo 10 – Anexos.

2. GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE TRÁFEGO E TÉCNICAS DE TDM TRADICIONAIS

2.1 GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE TRÁFEGO

De acordo com VTPI (2004), o gerenciamento da demanda de tráfego (*Traffic Demand Management* - TDM) refere-se a um conjunto de estratégias que mudam o comportamento de viagens (no tempo, espaço e modo de transporte), de maneira a aumentar a eficiência do sistema de transporte e alcançar objetivos específicos como uma redução no congestionamento de tráfego, economia de custos de estacionamento e de manutenção de vias, aumento da segurança, aumento da mobilidade para pedestres, conservação de energia e redução na emissão de poluentes.

Segundo FHWA (2004), o conceito de TDM vigente nas décadas de 1970 e 1980 era o de propor alternativas para a viagem de automóvel com apenas um ocupante e com origem residencial e destino trabalho, de modo a reduzir o consumo de combustível, o congestionamento no horário de pico e aumentar a qualidade do ar. Atualmente, o conceito está mais amplo, abrangendo a necessidade de otimizar o desempenho do sistema de transportes para todos os tipos de viagem, e não só para os horários de pico, e para eventos não-recorrentes também.

As técnicas de Gerenciamento da Demanda de Tráfego (TDM) aumentam a eficiência do sistema de transportes, ajudando os usuários a utilizar esse sistema da forma mais otimizada possível, o que normalmente reduz o tráfego de veículos. Para que a redução nos níveis de congestionamentos seja alcançada, é necessário que se dê prioridade a modos de transporte que possuem o menor custo para a sociedade, assim como um maior valor para a viagem, ou seja, deve-se dar maior valor ao transporte público, a políticas de carona e a viagens não-motorizadas, ao invés de automóveis.

A principal vantagem do Gerenciamento da Demanda de Tráfego é que ele se propõe a reduzir os congestionamentos e outros problemas de tráfego através da

redução da demanda diária ou em determinados períodos do dia, e não através do aumento da capacidade, que é traduzido pela criação de nova infra-estrutura viária.

Além disso, outros benefícios podem ser vistos, como a redução de custos para o setor público e para o usuário, devido à redução do número de acidentes e no número de obras, aumento da segurança viária e aumento da qualidade ambiental e de vida, devido à redução dos congestionamentos e tempo de viagem.

Existem diversas estratégias de TDM, cada uma delas com uma variedade de impactos diferentes. Algumas podem aumentar o número de opções de transportes disponíveis, enquanto outras incentivam a mudança de modo de transporte, de horário ou destino.

Um dos componentes mais importantes para o sucesso da implementação de algumas estratégias de TDM, como a utilização de rotas alternativas (rotas não-usuais), é a divulgação da informação para o usuário. As informações devem estar disponíveis tanto para motoristas quanto para usuários do sistema de transporte público, antes e durante a viagem.

HAMED E ABDUL-HUSSAIN (2001) mostraram que quanto maior a educação do motorista e quanto maior for o seu conhecimento da cidade, tanto com relação a mapas quanto com relação ao comportamento do tráfego, maior a probabilidade de que ele conheça outras rotas e mude de sua rota habitual.

De acordo com FWHA (2004), atualmente a informação tem um impacto significativo no gerenciamento da demanda. Sistemas Inteligentes que informam em tempo real ajudam os usuários do sistema a fazer decisões tanto no modo de viagem, quanto quando e por onde realizar a viagem. Assim, o Gerenciamento da demanda de Tráfego pode ser diagramado de acordo com a FIG. 2.1.

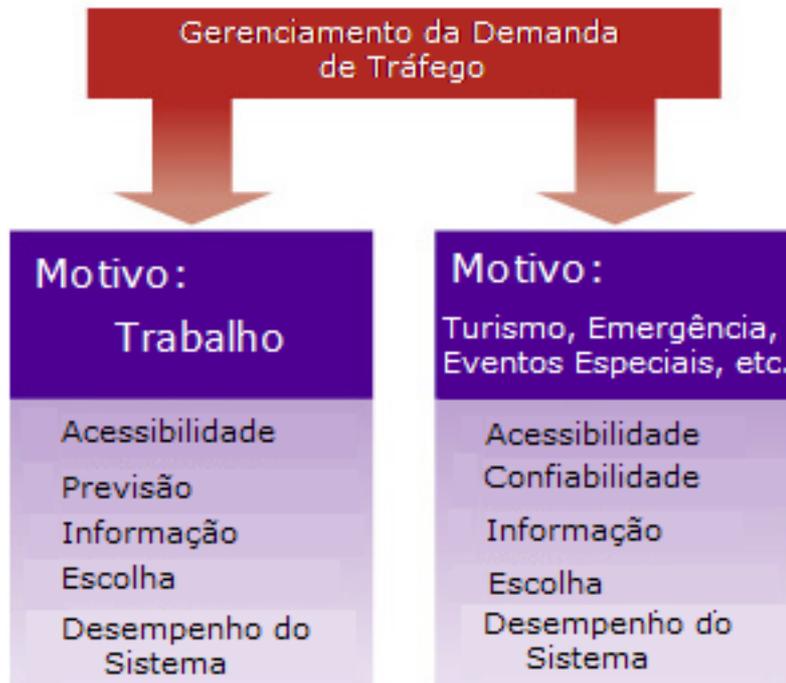


FIG. 2.1: Diagrama de TDM

Fonte: Adaptado de FHWA (2004)

De acordo com a FIG 2.1, pode-se perceber que o TDM atualmente está voltado não só para o motorista que realiza apenas viagens de casa para o trabalho e vice-versa, mas sim preocupado com todas as viagens realizadas na cidade. As duas divisões de motivos possuem basicamente os mesmos objetivos, e por isso não devem ser tratadas de formas diferenciadas.

Vale lembrar que existem outras técnicas que têm como objetivo reduzir o número de veículos em circulação, mas que não podem ser chamadas de técnicas de Gerenciamento da Demanda de Tráfego, já que seu uso depende de um policiamento e se baseia em punições em caso de descumprimento, como no caso de pedágios urbanos, em que é cobrada uma taxa para que o veículo adentre uma zona da cidade.

2.2 TÉCNICAS DE TDM TRADICIONAIS

Como já foi discutido, as medidas de gerenciamento da demanda têm como objetivo otimizar o sistema de transporte de uma cidade, influenciando a demanda de transportes. Existem várias formas em que se pode tentar influenciar essa demanda. Podem-se dirigir esforços para diminuir a necessidade de viagens ou para influenciar por qual meio de transporte ou qual horário as pessoas viajam.

Até a década de 1980, as formas de gerenciamento da demanda de tráfego mais usadas eram aquelas que não utilizavam sistemas inteligentes para sua implantação, de forma que as técnicas desenvolvidas e empregadas eram voltadas muito menos para informar os usuários e mais para minimizar o número de veículos nas vias, como no caso do *ridesharing*, do gerenciamento de estacionamentos e arranjos alternativos de trabalho, estratégias de gerenciamento discutidas a seguir.

2.2.1. RIDESHARING

A maior parte dos veículos de pequeno porte que circulam pelas cidades possui um nível muito baixo de ocupação, normalmente variando em torno de 1,5 passageiro/veículo. Isso significa que os automóveis com capacidade de levar até cinco passageiros estão transportando apenas 30% de sua capacidade, sobrecarregando todo o sistema.

O *ridesharing* é uma política que tem como objetivo aumentar a ocupação de veículos, reduzindo a demanda no sistema viário urbano, principalmente nos horários de pico. Consiste em fazer com que um grupo de pessoas que fariam a viagem em vários veículos sejam reunidas em apenas um. Como utiliza um assento que estaria de outra maneira inutilizado, o *ridesharing* possui o menor custo de passageiro-km de qualquer modo motorizado de transporte (VTPI, 2004). Exemplos de sua utilização são o *carpooling*, *vanpooling*, *buspooling*.

Normalmente o *carpooling*, que é a utilização de apenas um automóvel por um grupo de pessoas, é usado como forma de diminuir os custos de viagem de casa

para o trabalho. Como mostrado na FIG. 2.2, podem existir facilidades para os utilizadores dessa técnica, como locais de estacionamento próprio.



FIG. 2.2: Estacionamento para *carpoolers*

Fonte: <http://www.smartcommute404-7.ca/>

Existem vários sites dedicados a encontrar pessoas dispostas a realizar o *carpooling*. Um exemplo é o site <http://www.ocarona.com.br>, em que o usuário pode procurar ou oferecer carona a outros usuários, principalmente para viagens para outras cidades, ou o site <http://www.nuride.com>, em que existem benefícios para quem adere ao *carpooling*, como descontos em restaurantes ou em vestuário.

As vantagens do *carpooling* são a diminuição do número de veículos na via, contribuindo para a redução dos congestionamentos e aumento da qualidade do ar, diminuição de gastos com combustível e estacionamentos e a redução do stress dos participantes, além de promover uma integração social entre os usuários do serviço.

As suas desvantagens são a criação de uma relação de responsabilidade entre os usuários do serviço, o que pode ocasionar o problema de, por exemplo, um dos usuários ter de fazer hora extra em um determinado dia, ou o motorista do dia ter algum problema de saúde e não poder dirigir. Além disso, existe a perda da privacidade que o uso do automóvel normalmente proporciona.

O *vanpooling* e o *buspooling* são serviços com o mesmo objetivo do *carpooling*, mas normalmente são fornecidos pelo empregador. Grandes empresas, geralmente situadas em locais distantes dos centros urbanos, em que o transporte público possui deficiências, contratam empresas transportadoras para levar seus

funcionários de suas residências para o local de trabalho (LIMA, 2003 *apud.* BARROS, *e. al.*, 2005).

O sistema possui vantagens como a redução do stress do funcionário com o trânsito, além da redução dos custos de viagens, já que esse tipo de *ridesharing* é geralmente gratuito, e aumento do tempo livre para os usuários. Sua desvantagem é que esse sistema possui uma privacidade ainda menor que o do *carpooling*, além de que os usuários devem seguir os horários definidos pela empresa.

Outra forma comum de *buspooling*, em especial na cidade do Rio de Janeiro, é o serviço de fretamento de ônibus para moradores de locais com baixa mobilidade, como a região da Barra da Tijuca. Esses veículos ligam condomínios residenciais a áreas de grande demanda de tráfego, em que estão os empregos e atividades gerais desses moradores (ALVIM, 1984 *apud.* BARROS, 2005). Como a região possui a maior taxa de motorização da cidade, pode-se concluir que esse tipo de transporte foi muito bem aceito pela população, já que muitos preferem deixar o automóvel em casa e utilizar o ônibus do condomínio, pois não terão problemas de trânsito e de estacionamento (LIMA, 2001 *apud.* BARROS, 2005).

Para o funcionamento satisfatório do *ridesharing*, deve-se praticar medidas de apoio aos usuários, como faixas exclusivas para veículos com alta ocupação, estacionamentos com tarifas mais baixas ou mais próximos ao local de serviço, além de propaganda incentivando a população a utilizar esse serviço. Um exemplo é dado por ROSE (2002), em que foi implementado, em um campus de uma universidade, um estacionamento grátis e mais próximo aos prédios das faculdades para *carpoolers*, em oposição ao estacionamento pago habitual.

2.2.2.ARRANJOS ALTERNATIVOS DE TRABALHO

Grande parte das viagens realizadas no horário de pico tem como origem ou destino a residência ou o local de trabalho do motorista. Os arranjos alternativos de trabalho têm como objetivo fazer com que a demanda se distribua mais uniformemente no tempo ou no espaço.

Os trabalhadores terão um maior controle do seu tempo, podendo ter, assim, maior rendimento em suas tarefas. Além disso, os arranjos alternativos de trabalho devem ser realizados de tal maneira a não atrapalhar os gerentes a alcançarem seus objetivos.

Segundo FERRONATTO (2002), as formas de arranjos alternativos de trabalho mais comuns que podem ajudar numa melhor distribuição da demanda de transportes são: horário de trabalho escalonado, horário de trabalho flexível, semana de trabalho comprimida e teletrabalho ou trabalho domiciliar.

- **Horário de trabalho escalonado** – A entrada no serviço é distribuída em um período de tempo, geralmente em intervalos de 15 minutos, entre os empregados, que continuam trabalhando pelo mesmo número de horas.

Essa medida pode reduzir o congestionamento do sistema viário, o consumo de combustível e o tempo de viagem, já que os horários de saída de casa e do trabalho estarão mais distribuídos no tempo.

O horário de trabalho escalonado, porém, pode trazer conseqüências adversas como o aumento do número de viagens. Isto porque grande parte dos motoristas aproveita uma mesma saída para realizar várias viagens, como ir ao supermercado, levar os filhos à escola, etc.

Estudos realizados em diferentes cidades do mundo por diversos pesquisadores mostram a exeqüibilidade desse método

- **Horário de trabalho flexível** – O número de horas trabalhadas continua o mesmo, mas existe um intervalo de tempo em que o trabalhador pode chegar, geralmente entre 7:00 e 10:00 da manhã. Assim, existem períodos em que o empregado deve estar trabalhando (no exemplo acima, a partir das 10:00) e outros em que ele pode escolher estar ou não (por exemplo, entre 7:00 e 10:00).

Por ser uma escolha exclusivamente do trabalhador, essa medida pode ter um impacto insignificante no sistema de transporte, apesar de que as pessoas tendem a evitar horários de grandes congestionamentos.

Para que a medida funcione corretamente é necessário que haja uma coordenação entre a oferta do serviço público e o programa.

- **Semana de trabalho comprimida** – O número de horas trabalhadas na semana é o mesmo, porém trabalha-se mais horas por dia. O número de horas de serviço varia de acordo com a política da empresa, podendo ser de, por exemplo, 10 horas por dia (trabalha-se as 40 horas semanais em 4 dias apenas), ou trabalhar 80 horas (duas semanas) em 9 dias.

Isso reduz o número de viagens para o trabalho, além de mudar a distribuição horária das viagens, devido ao alongamento da jornada de trabalho. Um ponto que deve ser considerado é que o trabalhador terá um dia a mais de folga, que poderá ser utilizado para a realização de outras viagens, anulando uma das vantagens do programa.

De acordo com CUTR (1998) *apud*. VTPI (2004), esta é a melhor técnica para redução do número de viagens pendulares, podendo reduzir o número de viagens de automóveis entre 7% e 10%. Uma desvantagem desse arranjo alternativo de trabalho é que poderá haver uma redução na produtividade do trabalhador, devido ao aumento do stress ocasionado pelo aumento do número de horas trabalhadas por dia.

- **Teletrabalho** – O posto de trabalho é deslocado para a residência do trabalhador ou para um local próximo, chamados de telecentros. No caso de trabalhar-se em casa, espera-se uma grande redução no número de viagens ao trabalho, reduzindo gastos com combustível, manutenção e estacionamento; porém deve haver um aumento nas viagens com outros propósitos, que antes eram feitas quando o trabalhador dirigia-se ao emprego. Isso pode fazer com que as vantagens sejam anuladas pelas desvantagens. No caso de telecentros, o número de viagens continua igual, porém com menor extensão, diminuindo o gasto com combustíveis.

Além do trabalho à distância, existe o ensino à distância, em que o aluno não tem a necessidade de se deslocar de sua casa para a universidade todos os dias, mas apenas para realizar algumas tarefas que exigem presença. Isso pode ajudar a reduzir o congestionamento próximo a universidades e faculdades em horários de entrada e saída de aulas, mas possui

desvantagens, relacionadas à falta de um contato maior entre professor e aluno.

Como foi mostrado, existem diversas maneiras de realizar o gerenciamento da demanda influenciando o comportamento do usuário em relação a seu trabalho. Algumas induzem um comportamento através de incentivos e obstáculos, deixando alguma liberdade para decisão individual; outras, como o escalonamento de horários de trabalho, determinam um deslocamento da demanda que pode causar reações de insatisfação.

As vantagens dos arranjos alternativos de trabalho são a diminuição do tempo de viagem ao trabalho, devido ao deslocamento da viagem do horário de pico para um período com menor tráfego. Alguns métodos também permitem que o próprio trabalhador escolha seus horários, o que pode trazer uma maior satisfação para ele, apesar de poder trazer alguns problemas de gerência para a empresa.

No entanto, essa técnica de TDM também possui desvantagens, já que podem aumentar o *stress* do funcionário, pois ele estará trabalhando em um horário que pode não ser condizente com sua capacidade. Além disso, os funcionários que não estiverem nesse sistema podem se sentir desmotivados por não terem as mesmas vantagens dos outros.

A seguir, são apresentados alguns resultados de estudos de caso realizados por *Washington State University Cooperative Extension Energy Program And Commuter Challenge* (2005) em diversas empresas que utilizaram arranjos alternativos de trabalho.

- Electronic Data Systems (EDS): empresa mundial de tecnologia da informação, é candidata natural para o teletrabalho, devido à variação de fusos horários entre os diversos clientes. Nessa empresa, 48% dos funcionários utilizam essa técnica, e 3% aderiram à semana de trabalho comprimida. Com isso, a empresa registrou um aumento de produtividade, redução no número de demissões, aumento na satisfação do funcionário e redução da necessidade de espaço no escritório.
- Macy's: loja de varejo em que 60% dos funcionários fazem uso de horário de trabalho flexível, 40% de semana de trabalho comprimidas e 75 funcionários

de teletrabalho. Os resultados obtidos mostraram que é interessante existir um período de experiência antes de alocar o trabalhador em um dos arranjos alternativos de trabalho, e é desejável dar algumas vantagens para o trabalhador, como estabilidade. A adoção dessa técnica reduziu o número de faltas e aumentou a satisfação do trabalhador.

- Matsushita Kotobuki: empresa de fabricação de televisores e vídeo-cassetes da marca Panasonic no Canadá. Adotou, para todos os funcionários, a semana de trabalho comprimida. Com isso, houve uma redução de 10% no número de faltas, 15% de custos e um aumento de 10% de produtividade, além de poder dobrar o número de funcionários sem a necessidade de expandir fisicamente a fábrica.

Apesar do sucesso que essa técnica obteve nos casos acima, ainda assim deve-se ter precaução quando da decisão da implantação de alguma dessas formas de TDM, para que elas tenham efeito real tanto no gerenciamento do tráfego quanto na qualidade de vida da população.

2.2.3.POLÍTICAS TARIFÁRIAS NO TRANSPORTE PÚBLICO

Uma forma de influenciar os usuários do sistema de transportes a utilizarem menos seus automóveis e mais o transporte público é realizar uma política tarifária que dê ênfase aos usuários do transporte de massa.

As políticas tarifárias no transporte público mais comuns são passagens com desconto e tarifas diferenciadas por hora do dia.

- **Passagens com desconto** – Os mais comuns são descontos por antecipação, por quantidade, por grupos e por hora do dia, configurando diversas formas de preços diferenciados para um mesmo serviço em situações ou para consumidores diferentes. Dependendo do tipo de política adotado, pode-se ter como resultado a diminuição do número de viagens por automóveis, porém normalmente essas

políticas estão voltadas para a população de baixa renda, que geralmente não possuem meios de transporte autônomos.

- **Tarifas diferenciadas por hora do dia** – A tarifa diferenciada por hora do dia pode fazer com que a demanda se distribua mais uniformemente no tempo, já que durante o período de pico a tarifa é mais alta.
Uma distribuição mais uniforme da demanda por viagens diminuiria as perdas provocadas pelo congestionamento viário em horários de pico de demanda e pela capacidade ociosa do transporte coletivo fora do pico.

No Brasil, esta técnica não possui, normalmente, a função de gerenciamento da demanda de tráfego, já que o transporte público está voltado quase exclusivamente para a população de baixa renda. Além disso, as condições do serviço são quase sempre ruins, o que desmotiva os motoristas a trocar de modo de transporte.

2.2.4.GERENCIAMENTO DO TRANSPORTE ESCOLAR E UNIVERSITÁRIO

Este tipo de programa encoraja alunos, pais e funcionários a reduzir viagens de automóveis e usar meios alternativos de transporte para realizar viagens a seus locais de estudo e trabalho.

Entre as formas com que a redução do número de viagens do modo automóvel pode ser atingida estão a promoção de eventos e campanhas para que os pais e alunos deixem o veículo em casa, encorajar o uso de modos de transporte não-motorizados, como a bicicleta, além de organizar grupos de alunos que possuem residências próximas para que seja realizado o *carpool*, já discutido em tópico acima.

Esta técnica tem como vantagens a redução do custo de transportes com destino a escola para pais e alunos, além de reduzir problemas de estacionamento e de tráfego, principalmente nos horários de entrada e saída de estudantes.

2.2.5.SERVIÇOS EXPRESSOS

Várias zonas de uma cidade podem estar distantes de serviços de transporte público. O metrô, por exemplo, pode não atender muito bem os moradores de um bairro situado um pouco mais distante da linha. Para isso, podem ser colocados ônibus especiais para transportar passageiros desse bairro para o metrô.

Serviços expressos são serviços realizados por pequenos ônibus ou por vans que aumentam a mobilidade da população. Segundo VPTI (2004), esta técnica pode ser praticada através de serviços como:

- Circulares, que é um sistema em que viagens curtas são realizadas em corredores de ônibus, através do centro da cidade, pólos de serviços, de educação e áreas recreativas. Pode conectar pontos como uma estação de trem ou ônibus a locais de alta demanda, como um centro comercial. O serviço circular pode ser realizado apenas durante períodos de alta demanda ou durante todo o dia.
- Resposta à demanda, constituído por pequenos veículos que realizam a viagem de acordo com a necessidade dos usuários. A rota e o horário podem ser rígidos – para a utilização do serviço o usuário tem apenas que reservar um lugar – ou flexíveis, com um trajeto parcialmente fixo, mas podendo realizar pequenos desvios.
- Serviço voltado para pessoas com necessidades especiais, em que veículos especialmente adaptados são utilizados para transportar estes passageiros.
- Ônibus gratuitos ligando grandes centros comerciais a outros locais

Exemplos de serviços expressos são ônibus especiais que ligam aeroportos distantes ao centro da cidade e ônibus que fazem a ligação de alguns bairros ao metrô, como Sistema Metrô-Ônibus na cidade do Rio de Janeiro, cujo modelo de ônibus pode ser visto na FIG. 2.3.



FIG. 2.3: Sistema de Ônibus Expressos no Rio de Janeiro

Fonte: <http://rjonibus.weblogger.terra.com.br/>

As vantagens desse serviço são a redução do:

- Tráfego de veículos da região atendida;
- Tráfego do horário de pico;
- Gasto de viagens.

Além disso, ajuda a diminuir o problema com estacionamentos, devido à troca de automóveis particulares por serviços públicos. Sua desvantagem é o aumento do tráfego e de problemas decorrentes desse aumento caso o serviço não atraia a população da forma esperada.

2.2.6. PARK & RIDE

Grande parte do problema de tráfego se deve a viagens que têm como destino uma região onde estão concentrados os locais de trabalho e serviços da cidade. Assim, por causa do grande número de veículos que por lá trafegam, as condições de tráfego são normalmente as piores da cidade. Para minimizar esse tipo de problema, pode ser usada a técnica do *park & ride*.

O *park & ride* consiste em áreas de estacionamentos localizadas em estações de transportes públicos e em paradas de ônibus, para facilitar a troca de meio de transporte e o *rideshare*. Assim, permite-se o uso de modos com baixa ocupação em áreas de menor densidade e modos de maior ocupação em áreas mais densas (TRB, 2004).

Como dito acima, esta técnica tem como objetivo diminuir o tráfego de veículos em determinadas regiões da cidade, especialmente na região central. O estacionamento pode ser grátis ou ter uma tarifa pequena comparada com aquela praticada no centro da cidade. A FIG. 2.4 mostra um *park & ride* e seu respectivo ponto de ônibus.



FIG. 2.4: Park & Ride

Fonte: www.winchester.gov.uk

A utilização dessa técnica pode aumentar a participação do transporte público como modo de viagem, mas também pode aumentar o tráfego de veículos na proximidade da estação, já que os motoristas podem ter que realizar viagens adicionais e fazer desvios de seu caminho normal para atingir o estacionamento.

Como os veículos não mais se dirigirão a áreas de grande demanda, o *park & ride* diminui o tráfego de vias arteriais e a necessidade de estacionamentos nessas áreas. Com isso, há uma redução nos níveis de poluição do ar, do uso de combustíveis e no custo da viagem, porém ainda há a realização de uma viagem de automóvel, ao contrário de outras técnicas, que eliminam algumas viagens.

O sistema possui, porém, algumas desvantagens. Além do possível aumento do tráfego no entorno das estações, outro problema é que, por definição, a técnica obriga os motoristas a realizar uma troca de modo de transporte, o que pode ser um fator decisivo para não utilizar esse serviço.

O *park & ride*, para ser realizado com eficiência, precisa ser de fácil acesso, para que os motoristas não precisem realizar grandes mudanças na sua rota habitual. Outro fator importante é o valor da tarifa cobrada para o ônibus, que deve ser baixa o suficiente para fazer com que seja mais barato deixar o carro no estacionamento do que levá-lo ao centro da cidade, já que nessa região o estacionamento normalmente é mais caro, devido à escassez de vagas. Existem serviços, como na cidade de York, no Reino Unido, em que são informados, via internet, o número de vagas disponíveis em cada instalação *park & ride*, atualizadas a cada poucos minutos (www.york.gov.uk/parking).

2.2.7.FAIXAS EXCLUSIVAS PARA VEÍCULOS COM ALTA OCUPAÇÃO (HOV)

Um veículo com alta ocupação (HOV – *High Occupancy Vehicle*) é um automóvel que possui o motorista e mais um ou mais passageiros, dependendo da política de transportes local.

O veículo com alta ocupação pode viajar em pistas ou faixas exclusivas, que podem ser de dois tipos: específicas para estes veículos ou abertas para outros veículos especiais.

Existem órgãos que consideram que outros tipos de veículos podem trafegar nas faixas exclusivas, como ônibus transportando acima de determinado número de passageiros, motocicletas, veículos movidos a combustíveis limpos e até mesmo caminhões com número mínimo de passageiros (VDOT, 2003). Outros proíbem veículos movidos a combustíveis limpos sem o número mínimo de ocupantes e caminhões (WSDOT, 2006).

As faixas de tráfego para HOV podem ser exclusivas apenas durante o período de pico, ou durante todo o dia. Normalmente as faixas exclusivas para HOV são identificadas por um símbolo de um losango, como pode ser visto na FIG. 2.5.



FIG. 2.5: Faixas Exclusivas para HOV

As faixas podem ser dos seguintes tipos (LOS ANGELES MTA, 2006):

- Tráfego de HOVs separado por barreira;
- Tráfego de HOVs concorrente com o tráfego de SOVs;
- Tráfego de HOVs no contrafluxo;
- Tráfego concorrente, com direito de passagem;
- Faixas reversíveis para HOVs.

Como a taxa de ocupação de um veículo é normalmente baixa, cerca de 1,5 passageiro/veículo, a existência de faixas para HOV pode fazer com que a redução do tempo de viagem para esses veículos seja razoável, ou seja, as faixas para HOV

transportam mais pessoas em menos tempo e com menos veículos. Um estudo realizado por CALTRANS (2005) mostrou que as faixas existentes na Califórnia, EUA, transportaram mais de 30% das pessoas em apenas 25% do espaço disponível (uma em quatro faixas). Além disso, os veículos que utilizaram as faixas exclusivas gastaram um minuto a menos a cada 1600 metros, em relação aos outros motoristas. As faixas para HOVs, nos horários de pico, operaram com um nível de serviço C, enquanto as outras faixas normalmente operavam com um nível de serviço E ou F.

Outras vantagens da faixa exclusiva para veículos com alta capacidade são a diminuição da poluição causada pelos veículos, devido à potencial diminuição do número de veículos nas vias, a redução de custos com a viagem e o aumento da integração social, através do aumento da prática da carona.

Uma desvantagem dessa técnica é que ela é mais eficiente em teoria, já que, como normalmente a faixa exclusiva era uma faixa existente utilizada para o tráfego normal e, portanto, não há nenhum tipo de segregação, haverá alguma redução da velocidade do HOV se a faixa ao lado estiver congestionada, já que o tráfego parado age como um obstáculo lateral para os veículos trafegando na pista exclusiva para HOVs. Além disso, a transformação da faixa normal para a faixa exclusiva faz com que todos os veículos com apenas um ocupante (SOV – Single Occupant Vehicle) fiquem confinados nas faixas restantes, o que provavelmente ocasionará um declínio da qualidade do tráfego nessas faixas. Por exemplo, uma via expressa com quatro faixas para todo tipo de veículo que implementa uma faixa para HOV diminui o número de faixas para outros veículos em 25%.

Uma alternativa é construir novas faixas para HOV segregadas do tráfego normal, seja por barreiras de concreto ou em diferentes níveis da via original (por exemplo, um double-deck). Nesse tipo de solução, as vias são normalmente reversíveis, ou seja, utilizada no sentido casa-trabalho pela manhã e no sentido contrário no período de pico da tarde, para minimizar o custo da construção.

Outra desvantagem é o impacto que pode vir a existir nos automóveis caso seja permitido o tráfego de outros veículos com alta ocupação, como vans e ônibus, pois essa medida pode diminuir o ganho de tempo que os motoristas terão com a faixa exclusiva, fazendo com que o impacto positivo seja menor que o esperado.

Além disso, para minimizar o impacto sobre as faixas de tráfego restantes, criou-se o conceito do pedágio de alta ocupação (HOT – *High Occupancy Toll*), em que os SOV pagam pelo direito de se locomover nas faixas exclusivas para HOV. O valor do pedágio é definido de forma que a velocidade dessa faixa continue acima da velocidade das faixas livres para todos os veículos. Suas vantagens, de acordo com WSDOT (2006) são:

- Manter um bom fluxo de tráfego para transporte público, *carpools*, *vanpools* e *buspools*;
- Fazer um uso mais racional das faixas de trânsito;
- Melhorar o nível de serviço para os que decidirem pagar o pedágio;
- Diminuir, em pequena proporção, o congestionamento das faixas subjacentes;
- Gerar verba.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de TDM apresentadas nesse capítulo foram desenvolvidas inicialmente na década de 1970, quando a automatização ainda não era uma realidade. Por isso, elas são baseadas em uma tomada de decisão do poder público, que procura adaptar o usuário ao sistema viário, modificando o modo como ele faz sua viagem, seja através de técnicas como o *rideshare*, que propõe a diminuição do uso do automóvel ou de arranjos alternativos de trabalho, que propõe a utilização de veículos distribuída no tempo. A seguir serão mostrados os Sistemas Inteligentes de Transportes, que contribuíram para as modernas técnicas de TDM, baseadas na informação em tempo real.

3. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES E TÉCNICAS DE TDM QUE OS UTILIZAM

3.1 INTRODUÇÃO

Até a algum tempo, todo o gerenciamento do tráfego, principalmente em relação a semáforos, era realizado de forma praticamente manual, sem nenhum procedimento automatizado para otimizar a operação. Isso traz alguns problemas, já que, no caso de semáforos, a programação teórica pode não refletir a realidade. Como forma de minimizar e até abolir essa desvantagem, surgiram os primeiros sistemas inteligentes, que fornecem respostas para a solução de problemas, mesmo em situações inesperadas (SHAW e SIMÕES, 1999 *apud*. MONTEIRO, 2004).

De acordo com MAYORA (2004), os primeiros sistemas tinham como objetivo apenas realizar controle adaptativo de semáforos. Surgiram aí *softwares* que realizam esse controle, como o SCOOT e o TRANSYT. Nos últimos anos foram desenvolvidas outras aplicações, como controle avançado de tráfego, de informação ao usuário e de apoio ao transporte de cargas.

3.2 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

Os Sistemas Inteligentes de Transportes (*Intelligent Transportation Systems - ITS*) compreendem um conjunto de tecnologias eletrônicas, de controle e de informações e comunicação, por fio ou sem-fio que integradas com a infra-estrutura do sistema de transportes, e nos próprios veículos, estas tecnologias ajudam a monitorar e gerenciar o fluxo de tráfego, reduzir congestionamentos, mostrar rotas alternativas, aumentar a produtividade, além de economizar vidas, tempo e dinheiro (ITSA, 2003), aumentando a segurança das vias, diminuindo o tempo de viagem e encorajando o transporte multimodal, além de diminuir o impacto dos transportes no

meio-ambiente (ERTICO, 2005). Assim, o ITS tem como objetivo aumentar a mobilidade, segurança e produtividade do sistema de transportes, otimizar a utilização da infra-estrutura existente, melhorar a eficiência do consumo de energia e tratar dos problemas ambientais (MAYORA, 2004).

Os Sistemas Inteligentes de Transportes baseiam-se na aplicação da Telemática (uso integrado de telecomunicações e informática, realizando a transmissão, o recebimento e o armazenamento de informações entre computadores utilizando as telecomunicações) nos sistema de transportes e compreende ferramentas para coletar, analisar e arquivar dados sobre a performance do sistema, principalmente durante os horários de pico. Estes dados aumentam a capacidade dos operadores de tráfego de responder a incidentes de tráfego, condições meteorológicas adversas ou outros eventos que diminuem a capacidade (ITSA, 2004).

Com a utilização intensiva de ITS, pode-se aumentar a capacidade operacional das vias, o que pode resultar em um aumento da mobilidade urbana, da produtividade e da segurança, além de resultar em uma diminuição da poluição atmosférica e sonora, aumentando a qualidade de vida da cidade. Um estudo realizado no Estado americano da Califórnia, por exemplo, mostrou que após a implantação de um ITS para otimização semaforica, obteve-se uma redução média de 11,4% no tempo de viagem, 24,9% em relação a atrasos e 27% menos paradas (SKARBADONIS, *et. al.*, 2001). Outro estudo, realizado em Baltimore, EUA, mostrou que sistemas de pedágio eletrônico, em que há redução das filas de espera, reduziu em 63% a emissão de hidrocarbonetos e monóxido de carbono naquela cidade (SAKA e AGBOH, 2002).

O uso mais comum e difundido de Sistemas Inteligentes de Transportes é o de medição de velocidade de veículos, em que sua passagem sobre um sensor acusa a velocidade e automaticamente emite uma multa caso a velocidade do carro esteja acima da permitida. Outros exemplos de utilização de Sistemas Inteligentes de Transportes são:

- Sistemas de navegação a bordo
- Semáforos em tempo real
- Sensores de veículos nas vias
- Informação de condições meteorológicas

- Pagamento automático de pedágio
- Auxílio a serviços de emergência
- Roteirização
- Informações ao usuário através de PMVs.
- Pesagem em marcha

Segundo ESPLUGUES e LÓPEZ (2004), os Sistemas Inteligentes de Transportes, no que tange à informação para o usuário, podem ser divididos, de maneira geral, em duas grandes áreas:

- Preventivos – Sistemas que tem o objetivo de antecipar eventos ou situações perigosas. Um exemplo é informar os motoristas sobre congestionamento à frente, ou que seus veículos estão muito próximos, devendo reduzir a velocidade.
- Detecção e gestão de incidentes – Após a ocorrência do incidente, esses sistemas devem realizar o gerenciamento de suas conseqüências. Uma forma de operação é a informação de rotas alternativas dado que a usual está congestionada.

O núcleo principal de um Sistema Inteligente de Transportes é a captação, o tratamento, a integração e a difusão de dados (MAYORA, 2004). A captação pode ser realizada através de equipamentos como laços de indução ou câmeras de vídeo, entre outros, que são instalados nas vias. Os dados são então transmitidos para a central e lá tratados, a partir de *softwares* específicos para o resultado pretendido. Então os dados são enviados para os usuários, através de dispositivos como Painéis de Mensagem Variável, internet e computadores de bordo (MENESES, 2003).

Como o campo de atuação da telemática nos transportes é muito extenso, o órgão americano de ITS – ITSA – dividiu os Sistemas Inteligentes de Transportes em algumas áreas, relacionadas na TAB. 3.1.

TAB. 3.1 - Áreas de Atuação dos ITS

Área de Atuação	Serviços ao Usuário
ATMS – Advanced Traffic Management Systems	Gerenciamento da demanda e planejamento de transportes Controle e fiscalização do tráfego e monitoração de acidentes
ATIS – Advanced Traveler Information Systems	Navegação e orientação aos motoristas Informações aos usuários do transporte público
AVCS – Advanced Vehicle Control and Safety Systems	Operação automática dos veículos Prevenção de colisões laterais e longitudinais
APTS – Advanced Public Transportation Systems	Gerenciamento de transportes públicos Priorização de transportes públicos
CVO – Commercial Vehicle Operations	Gerenciamento de frota Rastreamento de veículos comerciais
EMS – Emergency Management Systems	Monitoramento de cargas perigosas Gerenciamento de veículos de emergência
EP – Electronic Payment	Transações financeiras eletrônicas (ex. pedágios automáticos)
AEC – Automatic Emission Control	Controle automático da emissão de poluentes
AD – Archived Data	Arquivamento de informações de transportes
AHS – Automated Highway Systems	Automóveis inteligentes, guiados sem necessidade de motorista
IV – Intelligent Vehicles	Avisos de colisão Ajuda para estacionar
AVI – Automatic Vehicle Identification	Reconhecimento automático de veículos
AVL – Automatic Vehicle Location	Localização automática de veículos

Fonte: Adaptado de Aquino *et. al.* (2001) *apud.* Meneses (2003)

Para o gerenciamento da demanda de tráfego, a área que possui maior envolvimento é o ATIS (*Advanced Traffic Information Systems*), aliado a outras áreas, como o ATMS (*Advanced Traffic Management Systems*).

O ATIS é a área responsável por fornecer informações diretamente aos usuários do sistema de transporte, dando a ele opções de rotas e horários alternativos. O sistema pode informar a situação do tráfego em determinado corredor de tráfego ou região da cidade e informar qual a rota de menor tempo para contornar essa situação, por exemplo.

Além disso, a partir da coleta de dados históricos, pode-se, no futuro, prever situações adversas de tráfego que ainda não ocorreram, com base em eventos passados.

O ATMS utiliza detectores de veículos, como laços de indução, câmeras de vídeo e tubos pneumáticos para monitorar as condições do tráfego, além de atuar sobre semáforos para garantir uma maior ordem no tráfego.

O ATMS auxilia o ATIS, pois coleta os dados do tráfego, como volume antes e após uma interseção, por exemplo, e envia ao sistema de informação para que este avalie as condições de tráfego dessa interseção, informando os usuários.

É importante destacar, entretanto, que as aplicações de ITS não representam a solução final para todos os problemas de trânsito, caso outras atitudes não sejam tomadas. Estes sempre funcionarão melhor onde já existir um planejamento viário adequado e um uso e ocupação racional do solo. Entretanto, sempre que aplicados corretamente, os instrumentos de ITS demonstraram ser instrumentos poderosos para aumentar de maneira significativa e comprovada a fluidez e a segurança do tráfego de veículos, pessoas e mercadorias.

O problema é que as barreiras para a instalação de ITS parecem ser muito mais de cunho institucional que tecnológico. As instituições sociais e políticas influenciam todo o processo da construção de infra-estrutura de transportes, desde a possibilidade da construção até quando será construído. Assim, dados os diferentes interesses das instituições políticas que existem hoje, é muito difícil alcançar um consenso sobre o que deve ser feito para aumentar a mobilidade da população (MIT, 2002).

A seguir serão comentadas técnicas de Gerenciamento da Demanda de Tráfego que, utilizando ITS, ajudam a informar o usuário sobre as condições de tráfego das vias.

3.3 TÉCNICAS DE TDM UTILIZANDO ITS

Como já mostrado, o Gerenciamento da Demanda de Tráfego pode ser realizado sem a ajuda de sistemas automatizados, mas possui uma eficiência muito menor que quando utilizado com a ajuda de Sistemas Inteligentes de Transportes. Mesmo as técnicas que, em sua essência, não necessitam de automatização, podem fornecer melhores resultados se implementados com ITS.

Como exemplo do citado acima, pode-se mencionar o caso de um *park & ride* que indica ao usuário as áreas onde existem vagas, e quantas ainda estão disponíveis em painéis localizados na entrada da instalação, ou através da internet.

Além disso, de acordo com uma pesquisa realizada pelo Departamento de Transportes britânico, quase 60% dos motoristas aceitam o congestionamento, desde que o atraso seja previsível (DfT, 2004), como se pode ver na FIG. 3.1. Isso só se torna possível através de algum sistema inteligente que possibilite a estimativa desse atraso, e faça esta informação chegar ao usuário, através de um dispositivo instalado na via ou disponível no veículo.

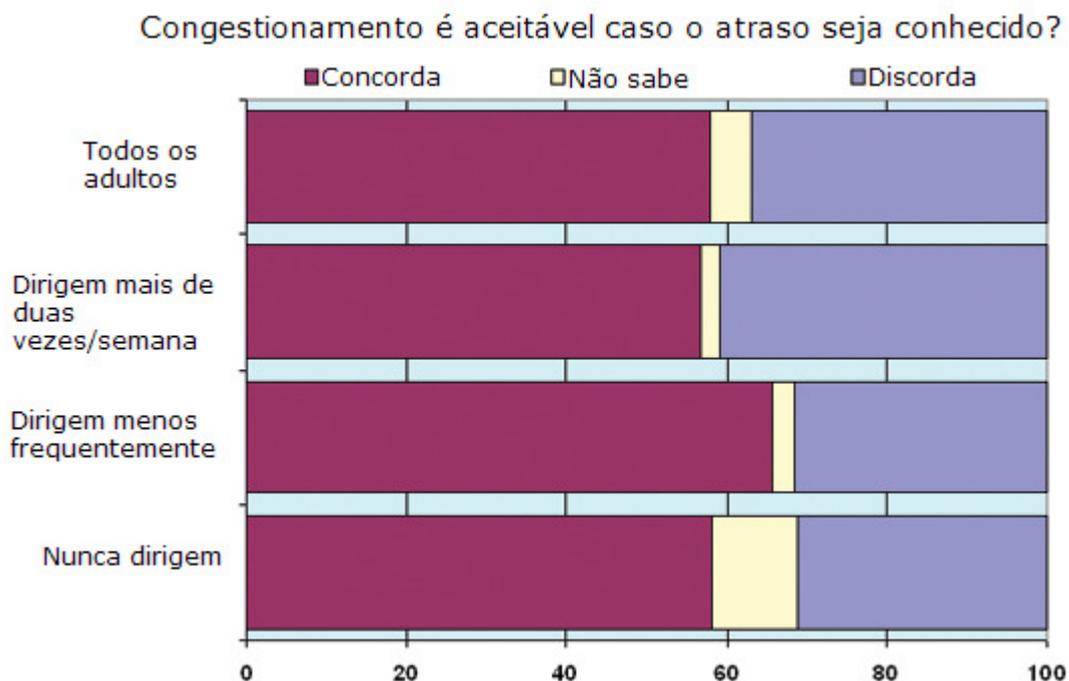


FIG. 3.1: Congestionamento é aceitável caso o atraso seja conhecido?

Fonte: Adaptado de DfT, 2004

Outra conclusão desse estudo foi que as pessoas não estão dispostas a desistir de utilizar o automóvel, mesmo que isso reduza os congestionamentos. Quanto mais os motoristas dependem do carro, mais inconveniente seria para ele modificar o modo de transporte, como mostra a FIG. 3.2.

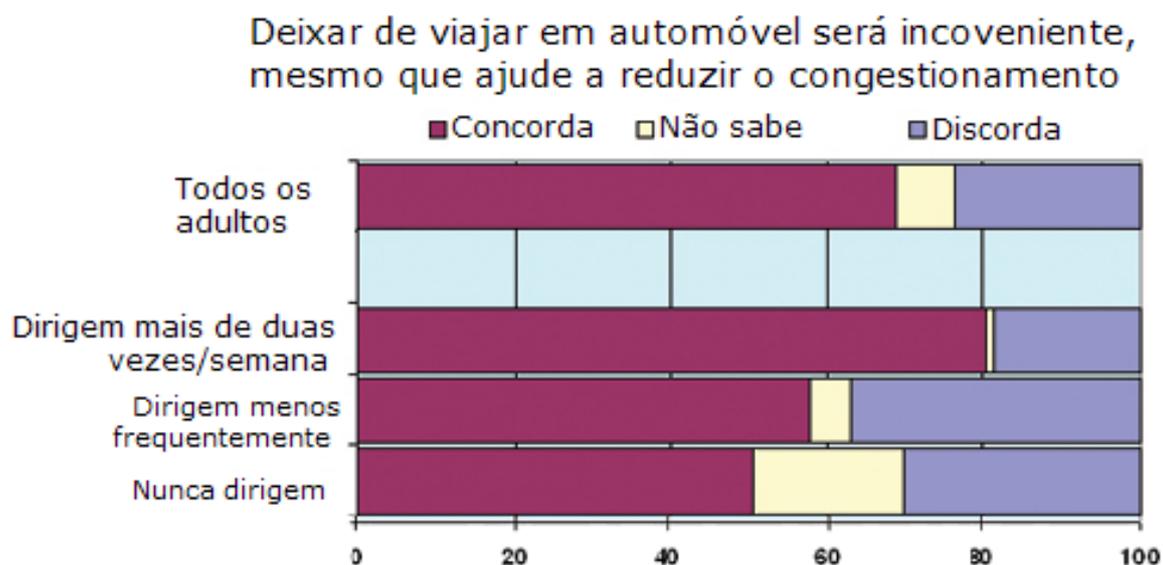


FIG. 3.2: Dirigir automóvel x Congestionamento

Fonte: Adaptado de DfT, 2004

As técnicas de TDM que utilizam ITS geralmente têm um dos seguintes propósitos:

- Informar o usuário sobre a situação das vias e do tráfego – O sistema divulga para os usuários informações sobre as características atuais das vias, do tráfego e de incidentes. Alguns serviços que podem ser colocados nessa categoria são avisos (de acidentes, de retenções, meteorológicos) e relatórios (de acidentes, condições ambientais, obras nas vias).

- Informar o usuário sobre serviços – Divulgação de serviços disponíveis na via, como estacionamentos, postos de gasolina, bancos, além de informações turísticas e de pontos de transferência intermodal.
- Informar o usuário sobre rotas alternativas – Divulgação de rotas alternativas às que o usuário geralmente realiza. Pode ser feita de acordo com pedido do motorista ou divulgado a todos por meio de quiosques de informações ou painéis de mensagens variáveis, como mostra a FIG. 3.3.



FIG. 3.3: Painel de Mensagem Variável

Fonte: www.ustraffic.net

O sucesso de um sistema que utilize ITS para o gerenciamento da demanda de tráfego deve levar em conta alguns fatores, como (MnDOT, 1998):

- Exatidão das informações – a informação enviada aos usuários deve possuir a maior precisão possível, tanto espacialmente (com um erro de no máximo 200 metros), temporalmente (com erro máximo de 10 minutos) e descritiva (o motivo do incidente deve ser claramente explicado);
- Temporalidade – as informações devem ser disponibilizadas o quanto antes. Incidentes devem ser informados em até cinco minutos após seu acontecimento, assim como sua liberação. A abertura e fechamento de vias devem ser informados em até 10 minutos após o acontecimento;

- Consistência da informação – deve ser levada em conta para que haja confiança do usuário no sistema. Deve-se utilizar uma padronização de símbolos e siglas. Além disso, não se deve transmitir informações conflitantes ou ambíguas;
- Personalização – deve-se decidir o nível de personalização que será dado ao sistema, ou seja, o quanto a informação destinada a um usuário o satisfará. Assim, deve-se evitar enviar quantidades muito grandes de informação que não terão propósito para aquele usuário.

Como se pôde perceber, a área de ITS que possui maior relação com TDM é o ATIS. Alguns benefícios do ATIS são:

- Diminuição das emissões de gases – Um estudo realizado nos EUA mostrou que houve uma redução de 33% em monóxido de carbono e 25% em óxidos de nitrogênio (TECH ENVIRONMENTAL, INC, 1993);
- Mudança de hábito dos usuários – Esse mesmo estudo mostrou que, depois da instalação do sistema, 50% dos usuários mudaram de rota, 45% mudaram o horário de saída e entre 5% e 10% mudaram o modo de transporte (TECH ENVIRONMENTAL, INC, 1993);
- Redução nos congestionamentos – Pesquisa realizada em Tóquio mostrou, através de simulações, que a mudança de rotas pode diminuir em até 40% o tempo de viagem (AJISAWA, 1998).

Já os usuários procuram os seguintes benefícios em sistemas de informação (USDOT, 2000):

- Visão das condições da via através de câmeras de vídeo;
- Informações detalhadas sobre incidentes;
- Medidas de velocidade média em cada trecho da via;
- Tempo de viagem entre origens e destinos selecionados pelos usuários;
- Cobertura de todas as principais vias da cidade;
- Acesso *en-route* à boa informação sobre o tráfego.

A demanda dos usuários está relacionada com (USDOT, 2000):

- Contexto regional de tráfego – incluindo variáveis como capacidade de tráfego, rede de auto-estradas e níveis de congestionamento;
- Qualidade dos serviços de informação disponíveis – que determina quão freqüentemente e com qual nível de confiança o usuário irá utilizar o sistema;
- Características individuais de cada viagem – o tipo, a duração e a distância percorrida influenciam na decisão de utilizar ou não sistemas de informação;
- Características do motorista.

As informações que podem ser disponibilizadas por um sistema ATIS estão divididas em estáticas e dinâmicas.

As informações estáticas são aquelas que não variam com o tempo, ou que variam em um tempo muito longo, como informações sobre custos de pedágio, tarifas e rotas do sistema público, localização e custos de estacionamento, entre outros.

As informações dinâmicas são aquelas que não se pode prever com grande antecedência, e por isso carecem de maior monitoração, como as condições da via, rotas alternativas, condições climáticas e o tempo de viagem, entre outros.

A disseminação das informações pode ser realizada de modo fixo ou móvel, de acordo com a sua portabilidade.

Entre os sistemas fixos podem ser destacados quiosques em locais estratégicos, PMVs, páginas na internet e *hotlines*. Já os sistemas móveis são formados por telefones celulares, computadores de bordo e computadores portáteis com GPS e rádios com informações de tráfego.

As informações a serem disponibilizadas por um sistema TDM também podem ser divididas em dois grandes grupos: a informação enviada antes da viagem (*pre-trip*) e a enviada durante a viagem (*en route*). A informação *pre-trip* é destinada aos motoristas que pretendem planejar sua viagem antes de sair de sua origem, de forma a escolher não só a rota mais viável, mas também o melhor horário para realizar a viagem e o modo de transporte ideal. As informações *en route* tem como

objetivo ajudar os usuários que já se encontram no sistema viário a tomar melhores decisões, principalmente quanto à escolha de rotas.

Existem várias técnicas que disponibilizam a informação antes de iniciada a viagem, como *hotlines* e a televisão. A principal vantagem desse tipo de informação é que o usuário pode planejar mais confortavelmente sua viagem, e com isso contribui com a diminuição do número de veículos nas vias durante o período de pico. A maior desvantagem é que dependendo de características de tráfego do local desejado e do tipo de informação procurada, esta pode ficar rapidamente desatualizada, levando a notificações errôneas sobre o tráfego. Isso causará um desconforto no usuário, que poderá não mais confiar no serviço.

As informações recebidas pelo motorista em trânsito, como através de Painéis de Mensagem Variável, possuem a vantagem de não terem tantos problemas em relação à desatualização, já que o motorista irá utilizar a informação recebida em poucos minutos, ao contrário do sistema *pre-trip*, em que o usuário irá entrar no sistema após vários minutos. A informação deve ser recebida pelo motorista, de preferência, antes de sua entrada no congestionamento, para diminuir o impacto de um veículo a mais no sistema.

A TAB. 3.2 mostra a porcentagem de utilização de tecnologias de informação ao viajante em vias arteriais, excluindo-se aí Painéis de Mensagem Variável, televisão aberta e rádio (os dois últimos não foram considerados como ITS nessa pesquisa), em 361 agências de trânsito nos Estados Unidos em 1999.

TAB. 3.2 - Porcentagem de Utilização de ITS nos EUA

Tecnologia	% de utilização em 1999 (EUA)
Canal de TV a cabo dedicado	5,0%
Telefone	5,8%
Websites	7,8%
Pagers/PDAs	2,8%
TV interativa	0,3%
Quiosques	3,0%
E-mail ou outra comunicação direta no PC	4,4%
Sistemas <i>on-board</i>	0,3%

Telefone celular – voz	1,1%
Telefone celular - dados	0,6%
Fax	5,0%
Outros	1,9%

Fonte: adaptado de REISSNECKER (2000) *apud.* USDOT (2000)

Deve-se ter em mente que grande parte das técnicas de TDM descritas nesta seção podem ser utilizadas sem a implementação de um Sistema Inteligente de Transportes, porém têm sua eficiência maximizada com a utilização deste. Além disso, muitas técnicas de ITS necessitam do mesmo *hardware*, facilitando o uso conjugado dessas técnicas. Como exemplo, pode-se citar que um centro de controle de gerenciamento de acidentes pode ser usado para gerenciar sistemas de informação ao viajante também (LIN, 2003). Nos Estados Unidos, a cidade de Farmer's Branch aproveitou o grande número de *tags* para pagamento eletrônico de pedágio para medir o tempo de viagem médio em uma via arterial (Davis, 2000 *apud.* USDOT, 2000).

As técnicas de TDM que utilizam ITS abordadas nesta dissertação são *hotlines*, Painéis de Mensagens Variáveis, Serviços *on-board* e *on-line*, quiosques informativos e televisão.

3.3.1.HOTLINES

As *hotlines* são linhas telefônicas que recebem perguntas dos usuários do sistema de transportes. Elas oferecem informações atualizadas sobre condições de tráfego, tempo de viagem, incidentes nas vias e notícias gerais, assim como respondem a perguntas específicas dos usuários. Além disso, podem oferecer informações sobre o transporte público (como itinerário e quadro de horários). Outras informações que podem estar disponíveis são sobre outros serviços de TDM fornecidos pela cidade, como *park & ride* e *ridesharing*.

A principal vantagem de uma *hotline* é o contato entre o público e a companhia de tráfego – o telefone é uma forma fácil e barata de informar usuários do sistema

de transportes, além de poder receber sugestões e reclamações, ajudando a perceber se o sistema está bem instalado.

O uso do telefone como forma de recebimento de informações sobre o tráfego pode ajudar a reduzir os congestionamentos e a poluição causada por veículos, diminuir o consumo de combustível, aumentar a segurança das vias e, conseqüentemente aumentar a qualidade de vida da população.

As informações sobre as condições de tráfego devem ser transmitidas com o máximo de precisão, pois o serviço é geralmente utilizado por motoristas que já se encontram nas vias, e, dessa forma, pode-se evitar que o problema de tráfego se torne ainda maior, ao evitar que motoristas continuem entrando na via em questão.

Os Estados Unidos possuem, desde o ano 2000, um serviço disponível em vários estados de informações de tráfego e transporte público por telefone, chamado 511. O usuário pode utilizar qualquer telefone para realizar a chamada, sendo que não há custos para informações básicas como condições meteorológicas e da via, condições de tráfego, transporte público, rotas, tarifas e quadro de horários. Outros serviços são cobrados, como informações turísticas, sobre estacionamentos e planejamento de viagem.

511 DEPLOYMENT COALITION (2005) mostrou que usuários utilizam mais o serviço caso ele esteja acessível por um número pequeno, como 511, em relação à alternativa de dez dígitos, número de algarismos padrão nos EUA. O serviço possui uma boa aceitação pelo público, geralmente acima de 95%. ITS DECISION (2003) conduziu uma pesquisa, tendo como objetivo avaliar os resultados da implantação de *hotlines* em Boston, e concluiu que:

- 50% dos usuários ligam para saber se uma rota é viável;
- 30% ligam para informações sobre rotas alternativas;
- 15% dos usuários alterou a rota, 14% alterou o horário de saída, poucos mudaram de modo ou cancelaram viagem;
- Aproximadamente 66% notaram uma redução na ansiedade;
- A maioria dos usuários possui alta renda e são homens de meia idade.

Outros resultados obtidos mostram que há poucos usuários para esse tipo de serviço, e por isso há pouco impacto no sistema de transportes, em termos de

redução de congestionamento e emissões de gases. Porém, outros locais, como a Florida e o Arizona, tiveram maior sucesso com o serviço após um maior *marketing*, através de publicação de propagandas em Painéis de Mensagens Variáveis.

Outra forma de utilização de linhas de telefone é o uso de aparelhos de fax. O usuário pode utilizar a *hotline* para receber informações impressas sobre o sistema de transportes da cidade, ou para receber formulários de pedidos de documentos, por exemplo. Isso pode ser benéfico tanto para o usuário quanto para a companhia de tráfego, já que minimiza o atraso entre receber o pedido e reenviar através do serviço de correios (FHWA, 2006).

No Brasil, algumas companhias de tráfego possuem uma central de telefones, porém normalmente não são voltadas para dar informações sobre o tráfego para o usuário, e sim para questões ligadas ao trânsito de maneira geral, como locais de estacionamento, informações sobre fiscalização e acidentes.

O sucesso de uma *hotline* dependerá de alguns fatores como:

- Precisão das informações recebidas – Caso as informações recebidas pelos usuários sejam incorretas, incompletas ou desatualizadas, a sua confiança no sistema vai diminuir, e ele poderá preferir arriscar a encontrar engarrafamento a voltar a ligar para o serviço.
- Marketing e propaganda bem planejados – Para utilizarem o sistema, os usuários precisam conhecer o serviço prestado, por isso, sugere-se que haja propaganda em jornais, revistas, outdoors e televisão.
- Sistema de fácil compreensão via telefone – Geralmente, quando o usuário ligar para a *hotline*, terá que escolher a informação desejada em uma série de submenus. Idealmente, o sistema não deve ter muitos submenus, que podem frustrar o usuário caso ele erre um destes.
- Boa vontade do meio público para que o serviço seja colocado em prática – O governo deve apoiar a criação desse serviço, tornando-o eficiente, caso seja público, ou ajudando no fornecimento de informações sobre o tráfego, caso o serviço seja privado.

3.3.2. PAINÉIS DE MENSAGEM VARIÁVEL (PMV)

Os Painéis de Mensagem Variável (PMV) são uma forma de disseminar informações gerais ou específicas sobre as condições de tráfego em uma região. São normalmente instalados em portais fixos montados sobre as vias, mas podem ser do tipo móvel, para informações que não necessitam de ser mostradas por um longo período de tempo em locais onde os permanentes não estão instalados.

A informação transmitida pode ter sido coletada através de detectores instalados nas vias, tais como laços de indução e câmeras de vídeo.

Os PMVs podem prover informações sobre congestionamentos de tráfego, acidentes, condições meteorológicas, além de informar sobre rotas alternativas, e seus respectivos tempos de viagem e a localização de acidentes e obras na via e sua duração.

De acordo com WINSCONSIN DOT (2001), a localização dos PMVs devem seguir os seguintes princípios:

- Pontos de saída para rotas alternativas;
- Locais planos (declividade de 1%, preferencialmente) e em retas, nunca em curvas;
- Não deve ser instalado muito próximos a outros equipamentos de controle, como semáforos.

Uma mensagem completa no painel normalmente inclui uma primeira linha indicando o problema (congestionamento, acidente, obras), uma outra linha indicando o local em que acontece o problema, uma linha indicando o atraso estimado, ou o fechamento de pistas, e uma última linha indicando ações a serem tomadas, como rotas alternativas (NEW YORK DOT, *apud*. LEVINSON & HUO, 2003).

Como os PMVs normalmente não têm mais que duas linhas, as informações podem ser divididas no tempo em várias mensagens. No exemplo acima, a mensagem primeiro informaria sobre o problema e o local, e depois sobre o atraso e ações a serem tomadas.

Dado que o espaço disponível para informação é pequeno e que os motoristas cruzam o painel rapidamente, as mensagens devem ser escritas da maneira mais simples possível, porém de fácil compreensão.

Uma pesquisa realizada pelo Instituto de Transporte do Texas (TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE, 2001) mostrou que algumas formas de divulgar mensagens são mais eficazes que outras. Por exemplo, caso a alteração na via seja realizada por mais de um dia, deve-se mostrar não os dias do mês na mensagem, mas sim os dias da semana, p. ex. SEG-QUA. Além disso, as mensagens piscantes não chamam mais atenção dos motoristas, mas aumentam o tempo de leitura. Assim, deve-se evitar tal procedimento.

As mensagens típicas que são informadas por um PMV são:

- Acidentes entre veículos;
- Paradas que afetem o fluxo normal em faixas de trânsito;
- Congestionamentos não esperados, como os de efeito residual após um acidente;
- Fechamento da via;
- Fechamento de saídas da via;
- Entulho na rodovia;
- Manutenção ou obras;
- Alerta de falhas no pavimento.

Para que haja sucesso na implementação de PMVs, deve-se levar em conta não só os fatores externos, como congestionamentos, mas é preciso conhecer os hábitos da população, e reconhecer que pessoas diferentes respondem diferentemente à informação recebida. Por isso, é importante que existam formas de fazer com que os motoristas tenham conhecimento sobre a cidade em que vivem, como mapas e informações sobre outros meios de transporte.

Uma revisão literária realizada por LEVINSON & HUO (2003), mostrou que a resposta às sugestões indicadas no painel é influenciada pela exatidão das informações, seu detalhamento, incluindo tempo de viagem e alternativas, e conhecimento da natureza do evento, além das ações que estão sendo tomadas no caso de incidentes. A escolha das rotas também é feita baseado na localização do

acidente, na sua duração e nas características da rota alternativa, sendo uma das razões pelas quais é necessário que os motoristas tenham conhecimento da cidade onde estão. Foi descoberto que os motoristas estão mais dispostos a desviar de suas rotas quanto maior for o tamanho da fila indicada no PMV, e quanto maior for a confiança nas informações recebidas (KHATTAK, 1993; YANG, 1993; PEETA, 1991; DUDEK, 1992; apud. LEVINSON & HUO, 2003).

Vários trabalhos tratam do percentual de motoristas que realmente são influenciados pelas informações mostradas por um PMV. A pesquisa conduzida por EMMERINK, *et. al.* (1996) em Amsterdã, mostrou que 40% dos entrevistados utilizam esporadicamente rotas sugeridas, e 31% as utilizam freqüentemente. Em Paris, 46% dos motoristas já utilizaram pelo menos uma vez rotas alternativas devido a informações recebidas de Painéis de Mensagens Variáveis, e 84% do total acham a informação útil (MV2, apud. CHATTERJEE, *et. al.*, 2002). Em Londres, apenas 32% dos entrevistados desviaram de suas rota (CHATTERJEE, *et. al.*, 2002). A partir desses estudos, pode-se perceber que há uma variação muito grande da percepção dos usuários quanto às informações disponibilizadas por um PMV, de forma que não se pode estimar com grande certeza o quão eficiente esse sistema é.

Outro uso para um painel de mensagem variável é informar sobre o sentido atual de faixas reversíveis, como mostra a FIG. 3.4. As faixas reversíveis são normalmente utilizadas para minimizar o congestionamento durante as horas de pico em locais extremamente carregados, ou em que não há espaço para uma ampliação da via.

O funcionamento dessas faixas é simples: determinado número de faixas são em um sentido durante determinado período do dia e em outro sentido durante o restante do tempo. Exemplo de sua utilização é a Avenida Atlântica no Rio de Janeiro, que tem um sentido revertido em determinados horários, porém nessa cidade, a faixa é revertida manualmente, com a colocação de cones de trânsito para informar a situação da avenida.

Com a utilização de PMVs, o sinal poderia ser apenas de proibido e permitido passar, como pode ser visto na FIG. 3.4. Assim, o serviço fica mais rápido (pois não é necessário intervenção humana em toda a via), e com menos chance de ocorrerem erros, pois o sinal “X vermelho” é mundialmente reconhecido como “Proibido Passar”.



FIG. 3.4: Gerenciamento de faixas em Auto-Estradas

Fonte: ITS Australia

O uso de PMVs pode aumentar a seleção de outras rotas que não as convencionais, reduzir o tempo de viagem, mitigar a severidade e a duração de incidentes e aumentar a performance da rede de transportes (LEVINSON & HUO, 2003).

Algumas cidades brasileiras utilizam PMVs para disponibilizar informações ao usuário, porém de forma ainda muito incipiente, com poucas informações, e atualizado sempre de forma manual .

3.3.3.SERVIÇOS *ON-BOARD*

Uma das técnicas de ITS voltadas para o gerenciamento da demanda mais importantes é a que utiliza serviços *on-board*, ou seja, em que a informação é recebida diretamente pelo usuário de dentro do veículo. Informações coletadas a

partir de detectores nas vias podem ser enviadas para os usuários através de serviços *on-board* como rádios e computadores de bordo. As informações transmitidas podem variar de congestionamentos a condições meteorológicas, além de informações sobre serviços na região, como postos de gasolina e caixas eletrônicos.

Todo automóvel equipado com rádio AM ou FM possui a capacidade de receber informações sobre tráfego. O serviço pode ser oferecido através de programas normais de rádio, como inserções de 30 segundos em um programa de notícias ou canais dedicados exclusivamente a informações sobre as condições de tráfego. Algumas auto-estradas, principalmente na Europa e Estados Unidos, têm uma rádio exclusiva para disseminar informações sobre incidentes nas proximidades da rodovia, como pode ser visto na FIG. 3.5.



FIG. 3.5: Informações de tráfego via Rádio

Fonte: <http://pages.prodigy.net/bote/signs/index.html>

Entre as informações a serem disponibilizadas para os usuários estão:

- Congestionamentos;
- Condições perigosas;
- Tempo de viagem;
- Rotas alternativas;
- Informações sobre eventos especiais
- Estacionamentos;

- Condições da via e meteorológicas;
- Obras na via.

Como pode ser percebido, o sistema de rádio tem as mesmas funções básicas dos Painéis de Mensagem Variável. Possui vantagens sobre este, já que a informação enviada pelo rádio é recebida pelo motorista a qualquer hora, enquanto o PMV só informa os motoristas que estão passando por onde ele está instalado. Porém, há desvantagens também, já que, para o recebimento da informação, o motorista precisa estar sintonizado na estação correta, todo o tempo. Além disso, a informação não é tão específica quanto a disponibilizada por PMVs, já que o rádio deve prover informações para uma região muito maior que a coberta pelo PMV. Assim, o motorista receberá informações inúteis, o que pode fazê-lo desistir de utilizar esse serviço.

Recentes avanços na tecnologia de transmissão de rádio fazem com que ainda possa haver grandes avanços nessa área. Um exemplo é o DAB (*Digital Audio Broadcasting*), que é um sistema de rádio digital, que possui maior qualidade de áudio, além de prover serviços de dados. O receptor DAB é livre de interferências e pode trazer dados como gráfico e textos, mostrados diretamente no display. Assim, o motorista pode ter informações sobre o tráfego diretamente do receptor, enquanto escuta uma rádio de notícias ou de música, por exemplo.

Outro exemplo é o TMC (*Traffic Message Channel*), serviço europeu que é uma aplicação específica para rádios FM e é utilizado para transmitir dados de tráfego em tempo real e condições meteorológicas. Os dados são recebidos e decodificados por um rádio equipado com TMC, ou por um sistema de navegação *on-board*. As mensagens são mostradas no display do rádio, sem interferência da programação normal da rádio.

A mensagem típica possui:

- Descrição dos eventos;
- Localização do evento;
- Extensão do evento e localização de outras áreas afetadas;
- Duração programada ou esperada do evento;
- Avisos de rotas alternativas.

Outra aplicação de serviços on-board é a utilização de computadores de bordo equipados com GPS (*Global Positioning System*) ou telefones celulares de tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*) ou ainda PDAs (*Personal Digital Assistants*). O sistema permite ao usuário ver destinos, mapas, distâncias, receber informações sobre as condições do sistema e acessar informações sobre rotas e ser auxiliado tanto graficamente quanto por áudio sobre os caminhos a serem seguidos. Um exemplo desse sistema pode ser visto na FIG. 3.6.



FIG. 3.6: Computadores de bordo equipados com GPS

Fonte: GermanCarFans.com

A maioria dos sistemas de navegação são baseados em telas para comunicar as informações aos usuários, incluindo mapas, listas com as direções a serem seguidas para chegar ao destino e guias que informam o momento de tomar outra direção, como “virar à esquerda” ou “entrar na rodovia X”.

Além disso, o sistema pode informar automaticamente onde existe um congestionamento, acidente ou outro tipo de problema e indicar o motorista rotas

alternativas. Alguns sistemas avisam que é o momento de mudar de pista, ou o motorista não alcançará a tempo a saída da via-expressa.

O sistema é composto por uma tela colorida onde estão mostradas a posição do veículo sobre um mapa e as direções a serem tomadas (que também podem estar em um tela separada, dependendo do sistema), uma antena de GPS para receber a localização do veículo, um tacômetro para calcular a distância percorrida e um giroscópio para reconhecer os deslocamentos à esquerda e à direita.

Normalmente, todo o hardware está instalado no próprio automóvel, o que obriga o motorista a adquirir CD-ROMs ou DVD-ROMs com a atualização do sistema (mapas e software) de tempos em tempos, usualmente entre seis meses e um ano. Isso significa que os motoristas estão sempre trafegando com um banco de dados desatualizado, sendo uma desvantagem desse sistema.

3.3.4.SERVIÇOS ON-LINE

Uma forma de TDM que está em crescente expansão atualmente são os serviços *on-line*, em que o usuário do sistema de transporte utiliza a internet, PDAs e o celular como forma de verificar as condições do tráfego.

Esse tipo de serviço possui semelhanças com os serviços *on-board*, com a diferença que normalmente são realizados antes da viagem. A forma mais comum de serviços *on-line* é a disponível em diversos *sites* da internet, como o Maplink (<http://www.maplink.com.br>), em que é possível, gratuitamente, localizar endereços da cidade.

Outra forma, também disponível no *site* acima, sendo, porém, um serviço pago, é o de roteirização. O usuário escolhe a origem e o destino, e o programa calcula toda a rota entre os dois pontos, normalmente baseando-se em escolha do usuário como modo de viagem (a pé ou de automóvel) e preferência de percurso (mais rápido ou mais curto, ou ainda utilizando apenas as vias principais). O resultado é mostrado em um mapa com a rota, com diferentes tipos de zoom, além de uma versão texto, com todas as vias e distâncias percorridas, como se pode ver na FIG. 3.7 e na FIG. 3.8.

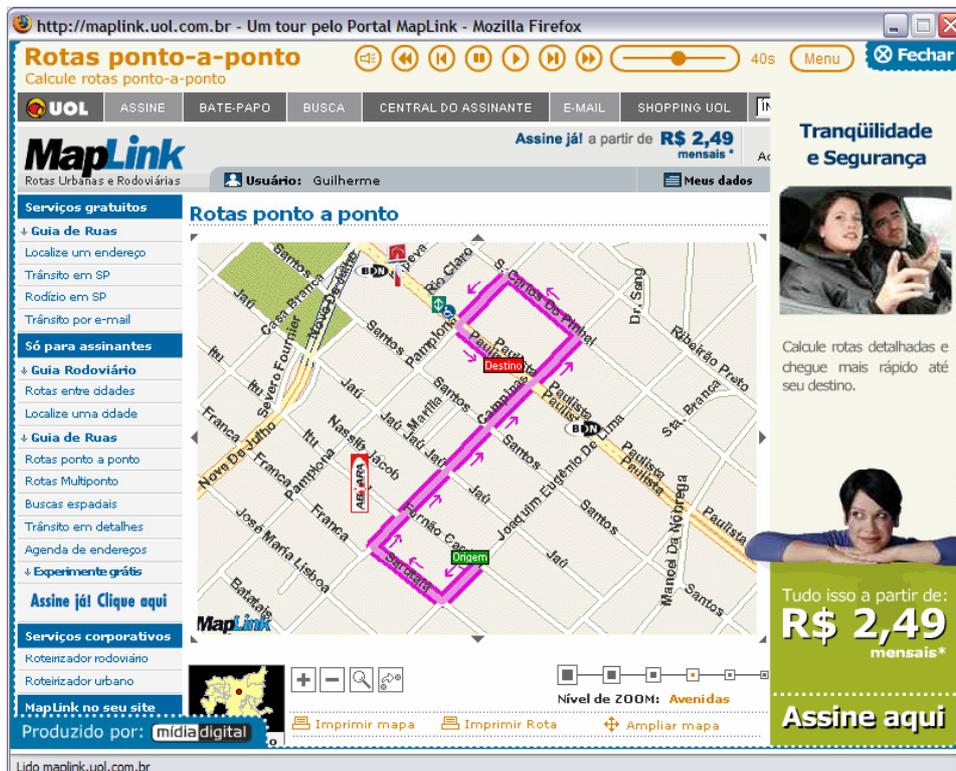


FIG. 3.7: Exemplo de mapa gerado no site Maplink

Fonte: <http://www.maplink.com.br>



FIG. 3.8: Exemplo de texto gerado no site Maplink

Fonte: <http://www.maplink.com.br>

Este tipo de serviço ainda não é totalmente confiável, especialmente na realidade brasileira, já que pode trazer algumas informações incorretas sobre o sistema viário da cidade, como por exemplo mão de direção incorreta ou possibilidade de conversão sobre um viaduto.

Outra forma de serviços on-line é o de informar condições da via em tempo real, a partir de dados coletados através de sensores como laços de indução. Nesse tipo de serviço, o usuário, ao entrar no site, recebe um mapa atualizado das principais vias da cidade, onde percebe-se, através de um código de cores o nível de congestionamento dessas vias.

Dependendo do nível de automação do sistema, é possível disponibilizar outras informações, como o tempo de viagem entre dois *links* da rede, acidentes e obras (FIG. 3.9). Outros, como o site 511.org (<http://www.511.org>) possui uma ferramenta que permite a roteirização em tempo real, levando em conta o nível atual de congestionamentos, indicando ainda o tempo estimado de viagem.

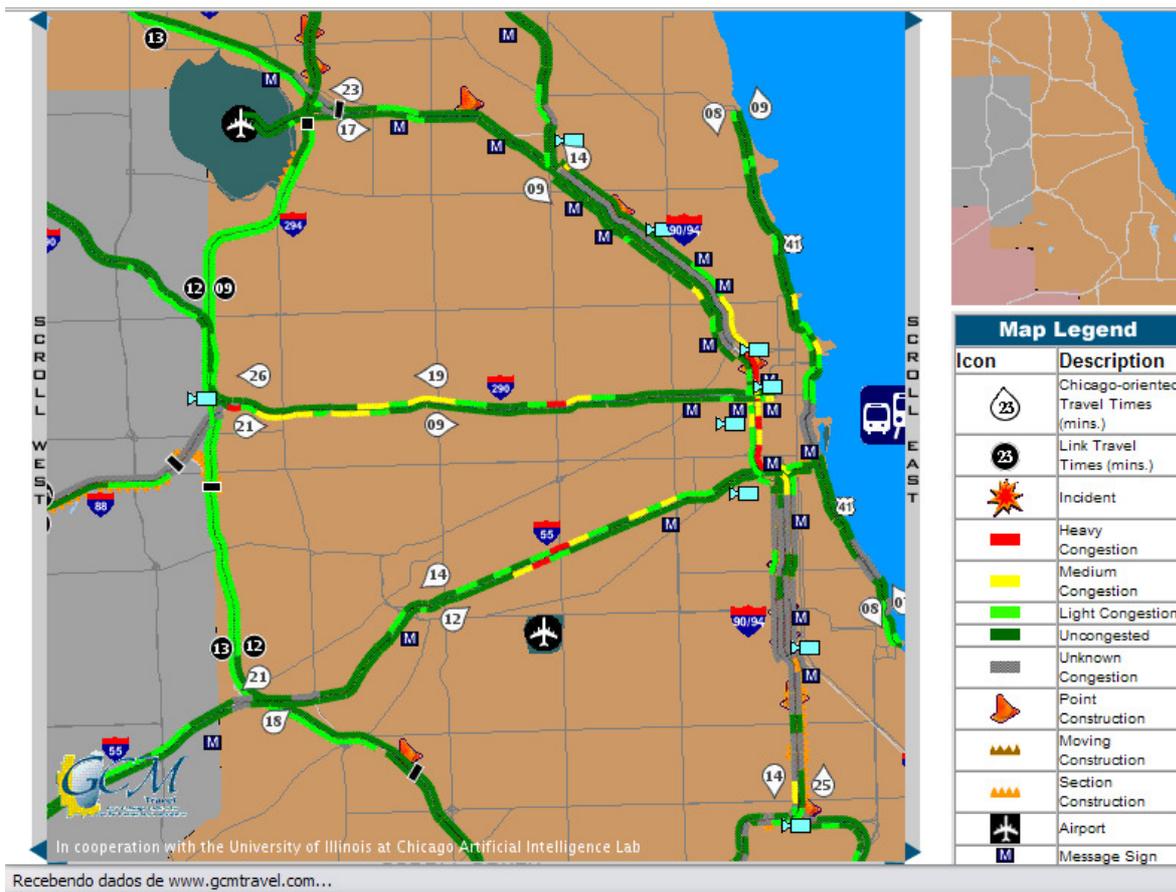


FIG. 3.9: Informações de tráfego via internet

Fonte: http://www.gcmtravel.com/gcm/maps_chicago.jsp

Uma pesquisa realizada por SOOLMAN e RADIN (2000) mostrou que os *sites* que trazem informações sobre o tráfego deveriam ter:

- Mapa da região;
- Informação em tempo real sobre áreas fora da região principal;
- Informação sobre incidentes;
- Câmeras de vídeo em tempo real;
- Mapa da região com *links* que mostram as condições das vias em tempo real;
- Velocidade média das vias principais;
- Tempo de viagem entre alguns pontos da cidade;
- *Links* para informações sobre outros modos de transportes;
- Serviços especiais;
- Frequência de atualização do *site*.

Essa pesquisa também mostrou que a maioria dessas informações não está presente na maior parte dos *sites*, e que os *sites* privados normalmente disponibilizam mais informações que os *sites* públicos.

Apesar de não ser comum informar sobre níveis de congestionamento em tempo real, que estão restritos a poucos sites, as companhias de tráfego normalmente disponibilizam outros serviços para os usuários, como exibir imagens de câmeras instaladas nas vias, ou mapa da cidade, com principais ruas e avenidas, assim como pontos de referência e rotas do sistema de transporte público. O uso de câmeras de vídeo mostrando o tráfego em tempo real é algo que os motoristas prezam muito, de acordo com pesquisa realizada por USDOT (2000), já que seu uso deixa que os próprios usuários façam seu julgamento de como está o nível de congestionamento. Uma das agências que responderam essa pesquisa disse que o número de visitas ao *site* duplicou depois da instalação de câmeras de vídeo.

Essa mesma pesquisa concluiu que os usuários, além do tempo de viagem, também querem medidas de velocidade, já que essas medidas são mais facilmente assimiláveis pelos motoristas, pois estão acostumados a comparar velocidade a condições de congestionamento.

Uma pesquisa realizada por FHWA (2000), mostrou que a implementação de um serviço de informação sobre o tráfego através de *sites* na internet reduziu em 5,4% o atraso, 0,5% o número de acidentes e 1,8% o consumo de combustível.

3.3.5. QUIOSQUES INFORMATIVOS

Os quiosques informativos são um tipo especial de serviço on-line, que está disponível normalmente em saguões de hotéis e edifícios mais movimentados, em shoppings e aeroportos. Os quiosques são usados para informar sobre eventos relacionados a tráfego existentes ou futuros, sobre transporte público e eventos especiais.

A informação pode ser recebida de forma ativa ou passiva. Na primeira forma, o usuário interage com o equipamento, escolhendo a informação que deseja receber, como na FIG. 3.10. Na forma passiva, o quiosque só envia informações pré-determinadas, não tendo o usuário poder de escolha.

Deve-se levar em conta alguns fatores ao se desejar instalar um quiosque de informações, tais como (WISCONSIN DOT, 2001):

- Público-alvo;
- Tipo de informação a ser disponibilizada;
- Como a informação será disponibilizada;
- Forma de apresentação (ativa ou passiva);
- Qual a frequência de atualização do sistema;
- Tipo de quiosque (com tela do tipo *touch-screen*, ou de cristal líquido, ou monitor de computador);
- Localização do quiosque;
- Quem controla a informação.



FIG. 3.10: Quiosque informativo

Fonte: DfT - UK

Entre os serviços que podem ser disponibilizadas em quiosques estão:

- Um planejador de viagens multi-modais;
- Quadro de horários de ônibus e trens;
- Informações gerais sobre o transporte público;
- Projetos de infra-estrutura urbana;
- Informações para pedestres e ciclistas;
- Informações gerais sobre o tráfego, em tempo real ou não;
- Outros serviços não relacionados ao sistema de transportes, como informações meteorológicas e lojas.

Para que haja sucesso na implantação de quiosques para informar sobre o tráfego de uma região, eles devem ser (CLARK, H. e BARLOW, S, 2000):

- Confiáveis – como já foi mostrado, para que os usuários voltem a utilizar o sistema, as informações mostradas devem ser corretas, sem ambigüidades ou conflitos. Além disso, o aparelho deve ficar o menor tempo possível fora de funcionamento;
- Visíveis, convidativos e fáceis de entender para o que servem – os usuários, para serem atraídos, precisam entender o que é aquele aparelho, e não confundi-los com outras máquinas, como caixas automáticos. O quiosque não só deve ser instalado em locais de fácil visibilidade, mas também deve possuir alguma característica que o torne único e fácil de perceber;
- Fáceis de usar – os quiosques devem ser de simples manuseio, com informações fáceis de serem encontradas;
- Útil para o usuário e nos termos do usuário – eles só utilizarão o quiosque caso as informações disponibilizadas estejam em conformidade com as suas necessidades, por exemplo, ao listar restaurantes, deve-se colocar os resultados ou em ordem alfabética ou por categoria;
- Adaptável – o aparelho deve possuir alta adaptabilidade para alcançar os objetivos do usuário.

Uma pesquisa realizada por FHWA (2000) concluiu que os quiosques informativos possuem uma menor penetração de mercado e maiores dificuldades de implementação que *sites* da internet. Portanto, este método só deve ser implementado caso haja outros métodos já em operação, como Painéis de Mensagem Variável e *sites* da internet. Os principais problemas diagnosticados por USDOT (2000), são que os quiosques são normalmente instalados em locais não apropriados, possuem desempenho aquém do esperado e difícil interface com o usuário.

3.3.6. TELEVISÃO

Uma outra forma de prover serviços de informação de tráfego a viajantes é através da televisão. Alguns noticiários locais transmitem informações sobre o tráfego da região, através de imagens realizadas por um repórter em um helicóptero que percorre as principais regiões da cidade.

A principal vantagem dessa forma é que as informações são disponibilizadas para o usuário através do meio de comunicação mais comum entre a população. Assim, não é necessário assinar nenhum serviço ou comprar aparelhos especiais para obter informações sobre o tráfego, e por isso, a penetração dessa forma de TDM entre a população tende a ser maior que as outras. Em uma pesquisa realizada nos EUA, 77% das pessoas pensam primeiro em rádio e televisão para obter esse tipo de informação (FHWA, 2004).

A principal desvantagem dessa técnica é que, dado o curto espaço de tempo disponível para que a mensagem seja transmitida, é improvável que ela contenha uma informação sobre toda a área ou que ela seja tão detalhada quanto o usuário esteja querendo. Outra desvantagem é que essas reportagens só são realizadas durante o horário de pico, e durante o horário do noticiário.

Além da utilização de notícias em telejornais, podem existir canais de televisão por assinatura específicos para disponibilizar informações sobre o tráfego. Nesse canal, podem ser mostradas cenas sobre as condições das principais vias da região, como a FIG. 3.11, além de informações textuais sobre as vias não mostradas. Além disso, um mapa pode ser mostrado, informando os níveis de congestionamento através de um código de cores, como em *sites* da internet. A imagem pode vir acompanhada de som, vinda de uma emissora de rádio dedicada a prestar informações sobre tráfego, como congestionamentos, acidentes e atrasos em geral (como visto na seção 3.2.3).



FIG. 3.11: Informações via TV a cabo

A maior vantagem de canais dedicados é que eles são mais abrangentes que os meios convencionais de transmissão de informações pela televisão, podendo informar com maior precisão as condições das vias, e podendo abarcar mais regiões da cidade. Além disso, é um canal de comunicação rápida entre o governo e a população. Assim, pode-se tornar disponível rapidamente informações sobre o tempo, sobre fechamentos de vias devido a ocorrências como passeatas, greves no sistema de transporte público e operações especiais. USDOT (2000) diz que os usuários preferem receber a informação através de notícias via televisão a recebê-las via rádio, porém, poucos usuários fazem uso desse sistema.

A desvantagem do uso de televisão por assinatura para mostrar as condições de tráfego no Brasil é que há pouca utilização desse serviço no país, já que apenas uma pequena parcela da população possui acesso a TV a cabo ou por satélite. Além disso, apesar de possuir uma abrangência maior que os serviços de televisão aberta, ainda assim a informação pode não ser disponibilizada da forma que o usuário necessite, já que não há interação com ele.

O custo para a disseminação da informação pode ser grande, já que depende da utilização de um canal exclusivo de televisão por assinatura. Outro fator para o aumento de custo é a utilização de um estúdio de televisão e a contratação de apresentadores, quando a informação é disponibilizada na forma de um telejornal (INFORM,2005).

Alguns cuidados a serem tomados para a implementação de um sistema de informação de tráfego via televisão são (MnDOT,2003):

- O passo mais importante é fazer com que o serviço seja o mais claro simples possível para o cliente;
- As informações devem ser transmitidas em ciclos curtos, de até 15 minutos;
- Deve-se começar com informações amplas (do estado, por exemplo) e seguir até informações específicas (avenidas e auto-estradas);
- É interessante que o sistema traga informações gerais sobre as condições das áreas adjacentes também.

3.4 SITUAÇÃO NO BRASIL

Para verificar a situação dos serviços de Gerenciamento da Demanda de Tráfego no Brasil foram realizadas visitas técnicas nas companhias de engenharia de tráfego das cidades do Rio de Janeiro (CET-Rio), São Paulo (CET-SP) e Belo Horizonte (BHTrans), além das concessionárias de rodovias Ponte S.A. (Ponte Rio-Niterói), AutoBAn (rodovias Anhangüera e Bandeirantes, no Estado de São Paulo) e Linha Vermelha. Foi constatado que no país são poucos os locais que possuem algum tipo de informação de tráfego atualizada em tempo real. Além disso, todos os sistemas são atualizados de forma manual, de acordo com a experiência do operador.

O Rio de Janeiro possui, em alguns pontos principais, PMVs com o objetivo de informar o nível de congestionamentos de algumas vias da região. Assim, o motorista pode, caso possua algum grau de conhecimento do sistema, escolher a rota menos congestionada. Esses painéis são atualizados algumas vezes por dia, e sempre de maneira manual, ou seja, de acordo com câmeras instaladas nas vias o operador, baseado na sua experiência, coloca a informação no PMV. O *site* da CET-Rio, empresa responsável pelo gerenciamento tráfego da cidade, possui uma ferramenta que permite ao usuário ver as câmeras de vídeo instaladas nos grandes corredores, além de informar a situação geral do tráfego nessas vias.

A cidade de São Paulo tem alguns PMVs em uso, localizado em túneis e com objetivos restritos. No ano de 2006 foi iniciado um teste piloto para estudar e

experimentar as diversas tecnologias de PMVs. O objetivo deste piloto é o de subsidiar o projeto para a cidade envolvendo a instalação de pouco mais de 200 painéis, previsto para 2007. Neste projeto os PMVs serão controlados à distância, atualizados on-line e com algum grau de automação no processo. Assim como na CET-Rio, a CET-SP também fornece informações *on-line* sobre a fluidez do tráfego, porém o faz na forma de um mapa com os principais corredores da cidade, como as Marginais do Tietê e do Pinheiros. A cidade também possui um telefone gratuito (156) para informações de trânsito da cidade. Nele o usuário pode obter informações sobre acidentes, circulação viária emergências no trânsito, estacionamento, fiscalização, interferências no trânsito, lombadas, manutenção, segurança viária, sinalização semafórica/vertical, e zona azul.

Belo Horizonte possui um projeto chamado CIT – Controle Inteligente de Tráfego – com o objetivo de monitorar o trânsito na área central da cidade. Dentre os subsistemas, está o de instalação de 10 painéis de mensagem variável, que transmitirão aos motoristas informações sobre caminhos alternativos, ocorrência de acidentes, congestionamentos e, inclusive, mensagens educativas. Atualmente apenas esta última informação está sendo prestada, além de informações sobre obras viárias, já que o sistema como um todo ainda não está em operação.

A Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU) de Recife, Pernambuco. Os usuários ligam para um número de três dígitos (118) para informar sobre problemas na sinalização semafórica e gráfica, tirar dúvidas ou dar sugestões a respeito das questões do trânsito dos municípios conveniados ao Estado. Essa companhia também possui um serviço gratuito para informações e reclamações sobre o transporte público da cidade.

A Concessionária Ponte S.A., responsável pela operação da Ponte Rio-Niterói, possui uma linha dedicada a informar usuários sobre as condições climáticas e de tráfego da ponte, assim como a de seus acessos, chamada Teleponte. As informações são passadas através de telefonistas ligadas diretamente ao Centro de Controle e Operações, que verificam as câmeras distribuídas por toda a extensão da ponte. Em toda a extensão da ponte estão instalados painéis de mensagem variável, que fornecem informações sobre condições de tráfego, acidentes e obras na pista. Essa informação é passada ao PMV da mesma forma que pela *hotline*, ou seja, através de operadores que analisam imagens de câmeras instaladas na via.

A AutoBAn, empresa concessionária que administra as rodovias Anhangüera e Bandeirantes, possui os mesmos serviços disponíveis na Ponte S.A., que são divulgados da mesma forma.

Foi percebido, através das visitas e de pesquisas em *sites* de empresas de controle de tráfego, que no Brasil não há informação automática das condições de tráfego em tempo real para o usuário, mesmo em locais que possuem formas de captação automática de dados, em comparação com outros países, em que existem grandes fontes de informação para o usuário, incluindo *sites*, PMVs e serviços on-board, entre outros.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de Gerenciamento da Demanda de Tráfego em tempo real procuram informar o usuário sobre as condições das vias, para que ele possa decidir qual o melhor caminho, a melhor hora ou o melhor modo a utilizar naquele momento, de acordo com o nível de congestionamento. Para que sejam usadas corretamente, é necessário que haja um certo grau de automatização nas vias, representados pelos Sistemas Inteligentes de Tráfego. Para que essa automatização seja alcançada, é necessário que existam formas de captação de dados de tráfego instalados nas vias, que serão tratados a seguir.

4. CAPTAÇÃO DE DADOS DO TRÁFEGO EM TEMPO REAL

4.1 INTRODUÇÃO

Para a implantação de um sistema de gerenciamento da demanda de tráfego em tempo real é necessário que haja alguma forma de captação dos dados do tráfego. A coleta de dados sobre o volume de tráfego é utilizada para vários propósitos, como, para identificar quando serão necessários investimentos públicos para manter um nível de serviço aceitável para o tráfego da região. Além disso, as medidas de volume de tráfego são indicadores de congestionamentos, de aumento na concentração de gases poluentes e indicador geral de condições econômicas. (MnDOT, 2001).

MIMBELA *et. al.* (2000) dizem que a detecção veicular e tecnologias de vigilância possuem três componentes principais: o transdutor, um aparelho de processamento de sinais e um aparelho de processamento de dados.

O transdutor detecta a passagem ou a presença de um veículo ou seus eixos. O aparelho de processamento de sinais converte a saída do transdutor em um sinal elétrico. Este sinal elétrico é convertido para parâmetros de tráfego (como presença, velocidade, classe, *headway*, ocupação e tempo de viagem no *link*) através de *hardwares* e *firmwares* computacionais, constituindo o aparelho de processamento de dados.

As tecnologias de captação de dados de tráfego em tempo real podem ser divididas em duas grandes áreas, que são as tecnologias não-intrusivas, isto é, que não precisam modificar a estrutura da via e as intrusivas, que são instaladas sob ou diretamente sobre a via, necessitando de alterar sua estrutura.

Existe uma terceira área, de sensores “fora da via”, que tem como formas principais a utilização de um veículo-sonda para a coleta principalmente de tempo de viagem e a utilização de sensoriamento remoto para a obtenção de dados de tráfego. Esta última técnica está atualmente em estudos para avaliar sua viabilidade (MARTIN e FENG, 2003).

Os sensores podem ser combinados para fornecer informações mais detalhadas do tráfego, já que nenhum é ideal para todas as aplicações. Todos têm limitações, especialidades e capacidades (MARTIN e FENG, 2003), conforme poderá ser verificado nas descrições a seguir.

4.2 SENSORES NÃO-INTRUSIVOS

Conforme dito anteriormente, sensores de detecção não intrusivos são aqueles que não necessitam de instalação sob o pavimento ou diretamente sobre ele. Estes sensores são montados ao lado da via ou acima dela, em pórticos, por exemplo. Assim, não é necessário parar o tráfego para montar o equipamento nem para realizar sua manutenção. Os detectores descritos nessa seção são sensores infravermelhos, de microondas, sensores passivos acústicos, detectores ultrassônicos e vídeo.

4.2.1. INFRAVERMELHOS

Existem dois tipos de sensores infravermelhos, os passivos e os ativos.

- **Sensores infravermelhos passivos** – Detectam mudanças na energia infravermelha emitida ou refletida de uma determinada área. Esses sensores medem a energia emitida pelo pavimento da via (valor básico). Quando um veículo entra na zona de detecção, há uma variação no valor básico, acusando sua presença. Podem acusar presença do veículo, medir volume e ocupação, além de velocidade se utilizadas várias zonas de detecção, como mostra a FIG. 4.1. De acordo com MORAIS (1999) *apud*. PEREIRA (2005), a diferença de energia que chega ao receptor é reduzida quando há vapor d'água, chuva ou neblina na atmosfera, mas

não produzem significativa diminuição no desempenho para a distância típica de utilização de 6 metros.

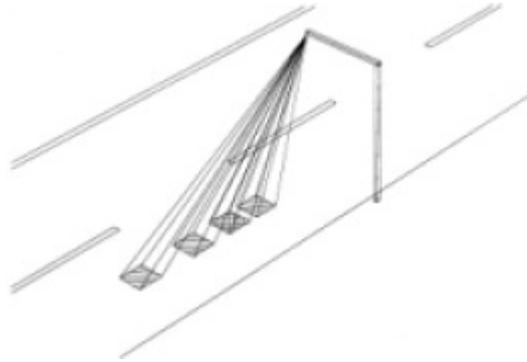


FIG. 4.1: Zonas de detecção em sensores infravermelhos

Fonte: MIMBELA, *e. al.* (2000)

- **Sensores infravermelhos ativos** – Estes sensores emitem raios laser de baixa energia para uma área específica do pavimento e medem o tempo de retorno do sinal emitido. A presença de um veículo reduz o tempo de retorno do sinal. Podem detectar presença, medir volume, densidade, classificar veículos e medir velocidade, e podem ser instalados vários detectores em uma mesma interseção, sem que haja interferência entre eles. A velocidade é medida quando, no transmissor, há a divisão do laser em dois raios. Assim, mede-se o tempo entre a passagem do veículo pelo primeiro raio e pelo segundo, como pode ser visto na FIG. 4.2, que também mostra como se pode aumentar a área de detecção do sensor. Este tipo de sensor também é afetado por condições atmosféricas, já que o comprimento de onda utilizado não consegue penetrar na chuva.

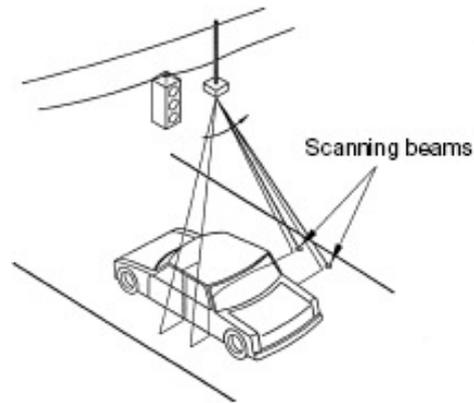


FIG. 4.2: Geometria do sensor infravermelho ativo

Fonte: MIMBELA, *et.al.* (2000)

4.2.2.MICROONDAS

Sensores de microondas transmitem radiação de microondas de baixa energia em uma área do pavimento a partir de uma antena e analisa o sinal refletido para o detector, como na FIG. 4.3.

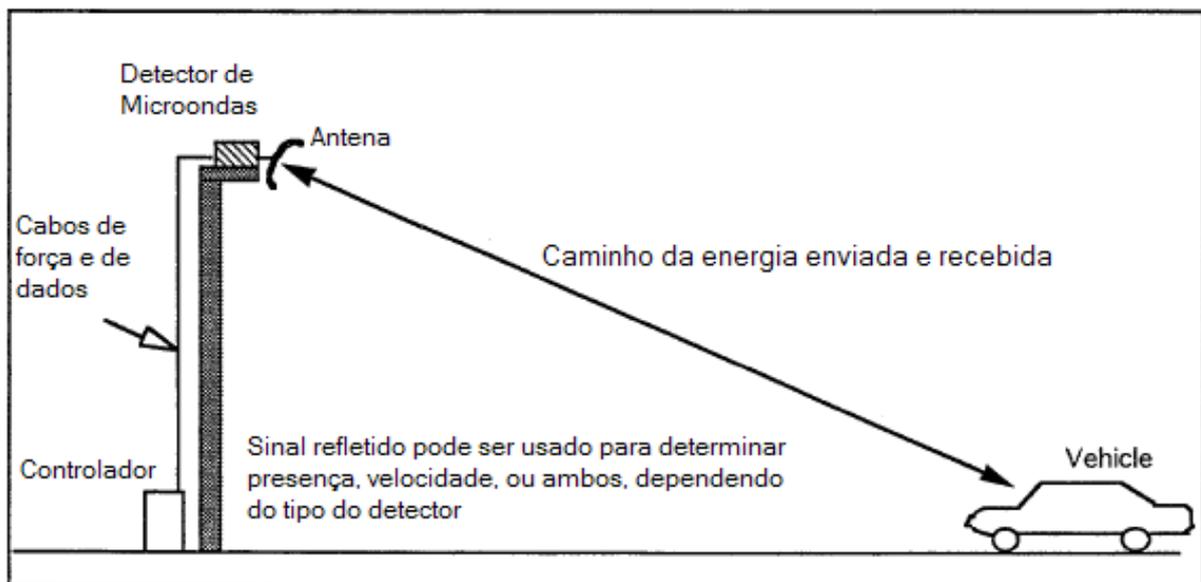


FIG. 4.3: Funcionamento do sensor de microondas

Fonte: DETECTION TECHNOLOGY FOR IVHS (1996)

Os sensores podem ser:

- **Doppler** – Utilizam o Efeito *Doppler* para medirem a presença de um veículo. Segundo o Efeito Doppler, o movimento relativo de uma fonte sonora e seu receptor provoca uma mudança na frequência recebida de volta. Assim, a frequência enviada é diferente da frequência recebida pela reflexão. Pode-se então medir a presença e a velocidade de um veículo em movimento. Não são afetados por condições meteorológicas. Esse sistema tem a desvantagem de não conseguir medir veículos parados e de ter dificuldade de contar veículos em regime de “anda-e-pára”.
- **Radar** – Os sensores que utilizam radar usam um sinal de frequência modulada (normalmente uma onda do tipo dente-de-serra) ou de fase modulada para calcular o atraso de tempo da onda refletida, obtendo a distância do veículo. Assim como os de Efeito Doppler, estes sensores não são afetados por condições meteorológicas. Esse tipo de sensor pode acusar a presença de veículos parados. Assim, além de medir velocidade, pode ser utilizado para monitorar filas de veículos e ocupação.

4.2.3. DETECTORES PASSIVOS ACÚSTICOS

Sensores passivos acústicos ou detectores sônicos utilizam um receptor para detectar a energia sonora audível criada por veículos (do motor, da interação entre o veículo e o ar e da interação entre o veículo e o pavimento) e determinar sua presença. De acordo com MIMBELA e KLEIN (2001), quando o veículo entra na zona de detecção, o sensor percebe um aumento da energia sonora, e assim, conta-se um veículo. Quando o veículo sai da zona, o nível de ruído cai abaixo de um limite mínimo, e percebe-se que o veículo não está mais presente.

Os detectores podem também classificar veículos ao comparar as assinaturas sônicas de um veículo com as assinaturas programadas de várias classes de veículos. Podem detectar volume, velocidade e ocupação. Possui a desvantagem de

ser sensível a efeitos ambientais, como ventos fortes e chuva. Além disso, veículos que emitem muito barulho podem fornecer leituras falsas.

4.2.4.DETECTORES ULTRA-SÔNICOS

Detectores ultra-sônicos transmitem ondas de pressão de energia sonora acima da frequência audível humana (ou seja, acima de 20kHz), que refletem no pavimento e voltam para o sensor. Os sensores podem ser montados acima da via ou ao seu lado, como mostra a FIG. 4.4.

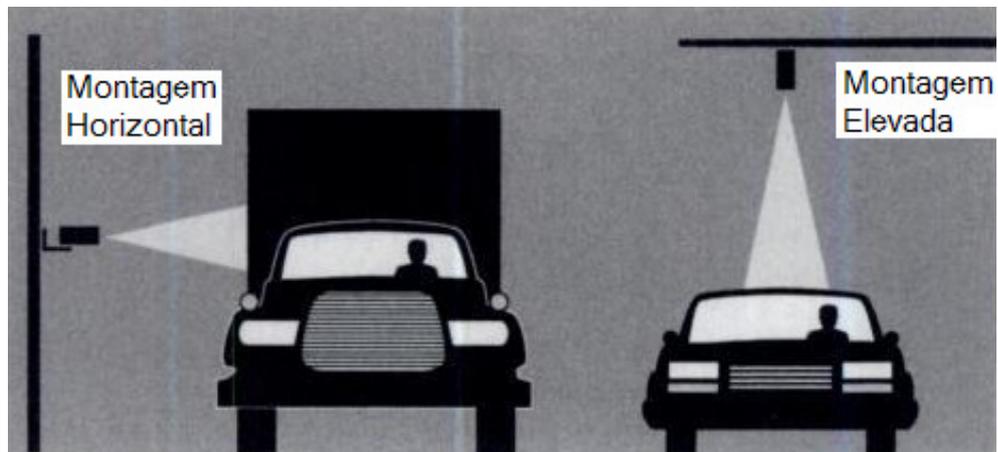


FIG. 4.4: Montagem do sensor ultra-sônico

Fonte: KLEIN (2001)

Existem dois tipos de detectores ultra-sônicos:

- **Sensores de pulso ultra-sônico** – pulsos de energia ultra-sônica com largura e período padrões (T_p e T_0 , respectivamente) são emitidos e o sensor mede o tempo em que um pulso de energia leva para sair do sensor, ser refletido e voltar. O tempo é então comparado com o valor básico (que é o tempo em que o pulso leva para ir do sensor ao pavimento e voltar). Caso o tempo medido seja menor que o valor básico, a presença de um veículo é acusada, podendo medir também sua altura e

largura, como mostra a FIG. 4.5. Pode medir a ocupação, presença, volume e classificar o veículo. Alguns não conseguem medir veículos em alta velocidade.

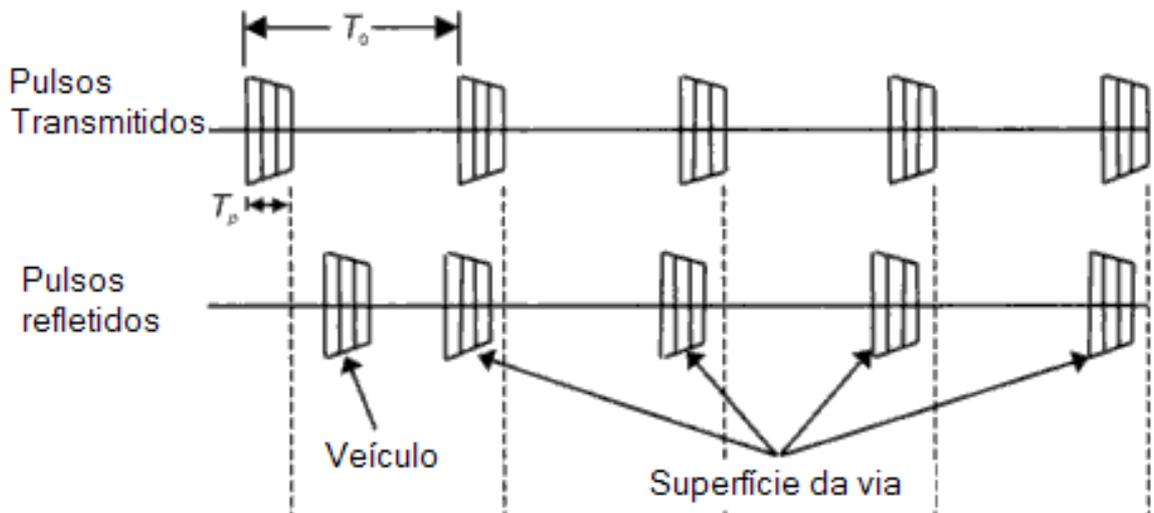


FIG. 4.5: Funcionamento do sensor ultra-sônico

Fonte: KLEIN (2001)

- **Sensores de onda ultra-sônica contínua** – uma onda contínua é enviada à zona de detecção, e é utilizado o Princípio Doppler para acusar a presença de um veículo. Esse tipo de sensor pode detectar presença de veículo em movimento, volume e velocidade. É mais caro que o sensor de pulso ultra-sônico (KLEIN, 2001).

A exatidão das medidas de sensores ultra-sônicos pode ser afetada por mudanças de temperatura e turbulência do ar. Em locais em que a velocidade dos veículos é alta, o período dos pulsos deve ser menor, para que um número suficiente de pulsos seja transmitido e recebido de volta de um veículo.

4.2.5.PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE VÍDEO

Imagens de vídeo já são utilizadas para o monitoramento de tráfego para que as condições de tráfego possam ser analisadas por um olho humano, através de um circuito fechado de televisão (CFTV). Atualmente, no entanto, existem tecnologias capazes de analisar automaticamente as imagens recebidas, utilizando microprocessadores, e assim retirando as informações pretendidas. As imagens, em uma aplicação típica, são digitalizadas por um *hardware* presente em um computador, que também está equipado com um *software* que calcula as informações desejadas.

Uma das abordagens para a utilização de vídeos compreende programas que analisam uma área do pavimento. Assim que há uma mudança em determinada quantidade de *pixels* (menores pontos da imagem), se dá a contagem de um veículo. Os parâmetros de fluxo de tráfego podem ser calculados analisando *frames* sucessivos da imagem. Em outra abordagem verifica-se quando um veículo-alvo entra na área de análise e é acompanhado até sair da área. Aí o veículo é contado e é dada a sua velocidade. Uma vantagem desse método é que ele pode verificar mudanças de faixas de tráfego realizadas por cada veículo.

As câmeras de vídeo podem ser utilizadas para coletar volume, velocidade, presença, ocupação, velocidade, densidade, *headway*, movimentos de conversão, aceleração, mudança de faixa e classificação de veículos. Apesar de poder ser utilizada para tantas aplicações, a detecção por vídeo possui alguns problemas, como dificuldade no funcionamento em condições climáticas adversas, como chuva e neblina, na transição do dia para a noite, reflexo do sol e reflexo de farol em pavimentos molhados (FIG. 4.6), que podem acarretar em dupla contagem. Além disso, ventos muito fortes podem fazer com que a câmera balance, gerando falhas na contagem.

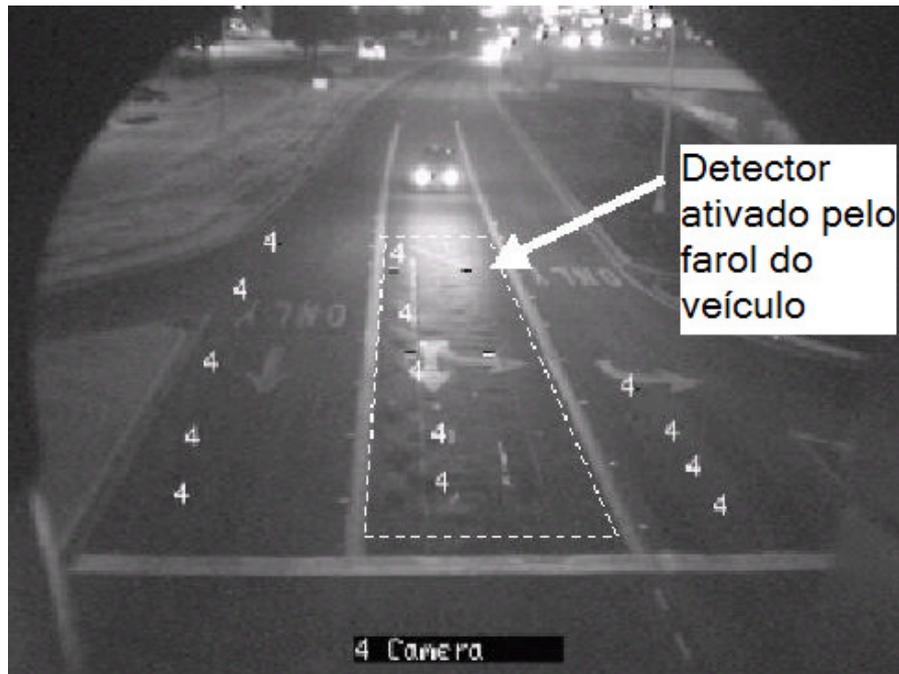


FIG. 4.6: Detecção de reflexo de farol

Fonte: MARTIN e FENG (2003)

As câmeras podem ser montadas para captar imagens tanto no sentido do fluxo (imagens coletadas da parte traseira do veículo) ou no sentido contrário ao fluxo (imagens coletadas da parte dianteira do veículo). Assim, possuem diferentes características, com vantagens e desvantagens, resumidas na TAB. 4.1.

TAB. 4.1 - Diferenças entre câmeras instaladas no sentido do tráfego ou em sentido contrário

Visão no sentido do tráfego	Visão no sentido contrário do tráfego
Câmera fica escondida dos motoristas	Problemas com o reflexo dos faróis e em pavimentos molhados
Mais informações sobre os faróis traseiros disponíveis para indicação de frenagem, classificação de veículos e indicação de movimento de conversão.	Maior bloqueio por caminhões altos
Se utilizada captação de imagem visível, estão disponíveis mais informações em um algoritmo de <i>tracking</i> através da visão do farol traseiro	Se utilizada captação em infravermelho, não haverá diferença nas imagens dos faróis dianteiros e traseiros nos algoritmos de <i>tracking</i> (caminhamento)
Veículos que estão mais próximos da câmera são mais fáceis de identificar para algoritmos de <i>tracking</i>	Incidentes de tráfego não são bloqueados pelas filas resultantes

Fonte: DETECTION TECHNOLOGY FOR IVHS (1996)

4.3 DETECTORES INTRUSIVOS

Os detectores intrusivos são aqueles que necessitam de ser instalados sob a via ou diretamente sobre ela. Podem necessitar de cortes no pavimento, ou podem ser instalados por técnicas de tunelamento ou ainda ancorados diretamente sobre o pavimento. Sua vantagem é que são técnicas já muito bem conhecidas, porém precisam, para a sua instalação e manutenção, de paradas no tráfego. Além disso, o recapeamento das vias torna os sensores irrecuperáveis. Os sensores discutidos nessa seção são sensores magnéticos, tubos pneumáticos, sensores piezoelétrico e laços indutivos.

4.3.1.LAÇO DE INDUÇÃO

Os detectores por laços indutivos são o tipo de sensor mais utilizado para a coleta de dados de tráfego, sendo encontrado em vários locais de grandes cidades, principalmente na forma de detectores de velocidade (pardais), mas podem ser utilizados para detectar congestionamentos, filas, colisões e paradas nas vias. Esse tipo de detector utiliza uma tecnologia já bastante madura, e por isso sua utilização é muito bem compreendida. Um conjunto de laços de indução é mostrado na FIG. 4.7.

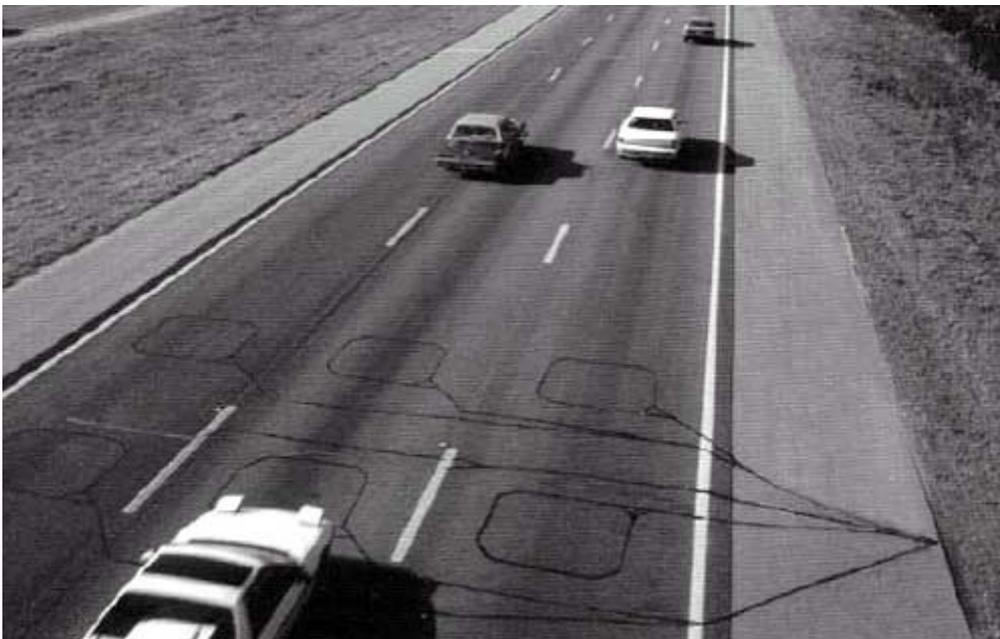


FIG. 4.7: Laço de indução

Seus principais componentes são um detector oscilador que serve como uma fonte de energia ao detector, um cabo para o controlador e um ou mais laços de metal enrolados sobre si mesmos instalados dentro do pavimento, como mostra a FIG. 4.8.

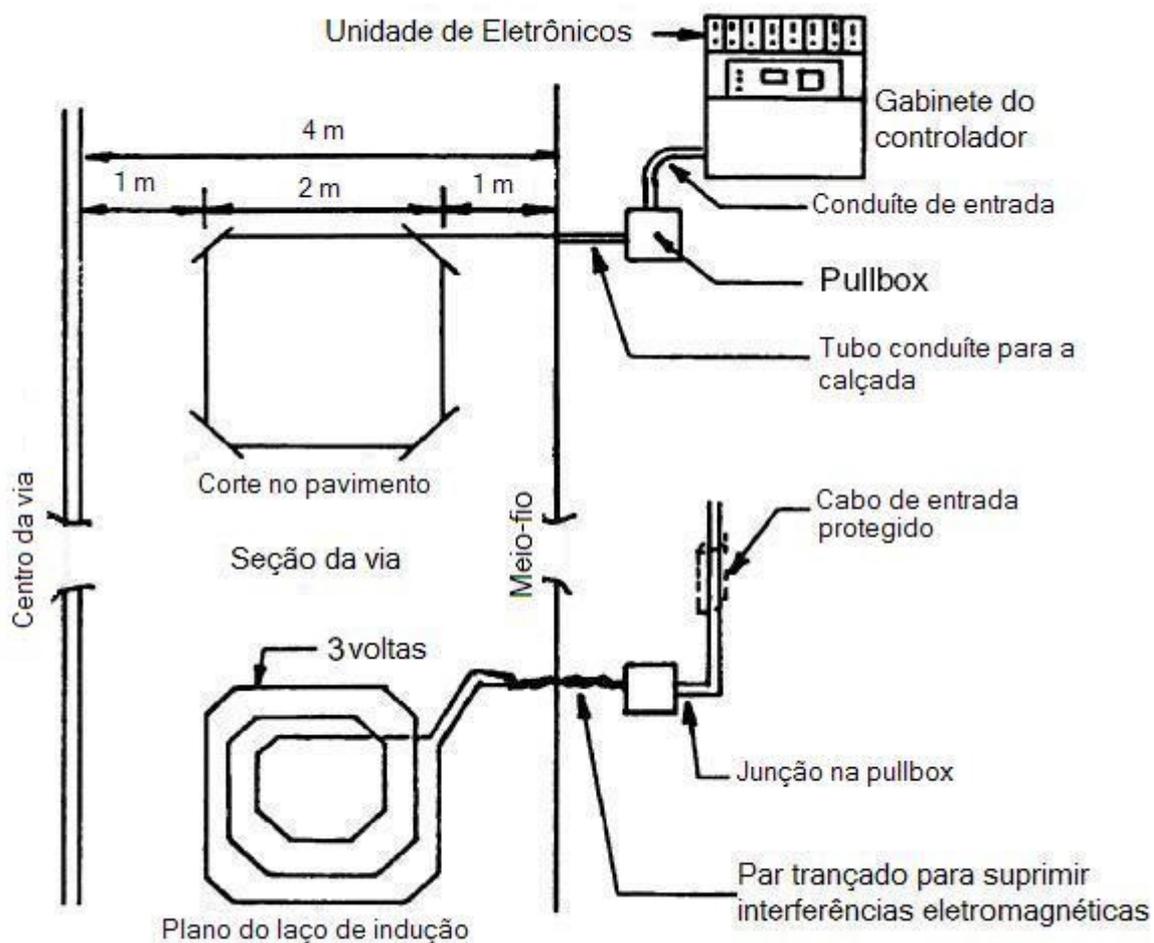


FIG. 4.8: Principais componentes de um detector por laços de indução

Fonte: GORDON, *e. al.* (1996) *apud*. MIMBELA e KLEIN (2000)

O par trançado conecta o laço com uma *pullbox*, que abriga a junção entre este par trançado e o cabo que vai para a unidade de controle. O cabo de entrada é revestido para se proteger de distúrbios eletrônicos causados por outras fontes eletromagnéticas, incluindo outros laços. A unidade eletrônica de controle tem o objetivo de amplificar e processar o sinal recebido do laço, além de gerar a energia necessária para ativar o laço e o software que faz a calibração e ajustes na eletrônica de forma que o laço possa sentir a presença de veículos (HOWE-STEIGER, 2001).

O laço é constantemente alimentado com uma tensão com frequência fixa, entre 10 kHz e 50 kHz (MIMBELA *et al.*, 2000). Um cabo enrolado formando uma bobina

(como é feito no laço de indução) por onde passa uma tensão elétrica, gera uma indutância. Quando um outro metal está próximo do laço, a indutância diminui, o que aumenta a frequência de oscilação. Esse aumento na frequência faz com que a unidade de controle gere um pulso, acusando a passagem de um veículo.

O laço indutivo pode fornecer dados sobre a passagem de veículos, presença, ocupação e velocidade. A velocidade pode ser medida com apenas um laço, porém com baixa precisão. Para aplicações que necessitem alto grau de certeza (como radares de velocidade), devem ser utilizados dois laços.

O laço de indução também pode realizar a classificação de veículos. A diminuição da indutância é proporcional à quantidade de metal que passa sobre o laço; assim, pode-se determinar a classe do veículo através do valor da diminuição da indutância. A FIG. 4.9 mostra a variação do campo magnético com a passagem de um caminhão sobre o laço de indução. Cada vale representa um eixo do caminhão, onde são encontradas as maiores concentrações de metal. A FIG. 4.10 mostra a variação do campo magnético durante a passagem de um Fiat Uno sobre o laço de indução. Ainda é possível observar dois vales, porém com menor pico entre eles.

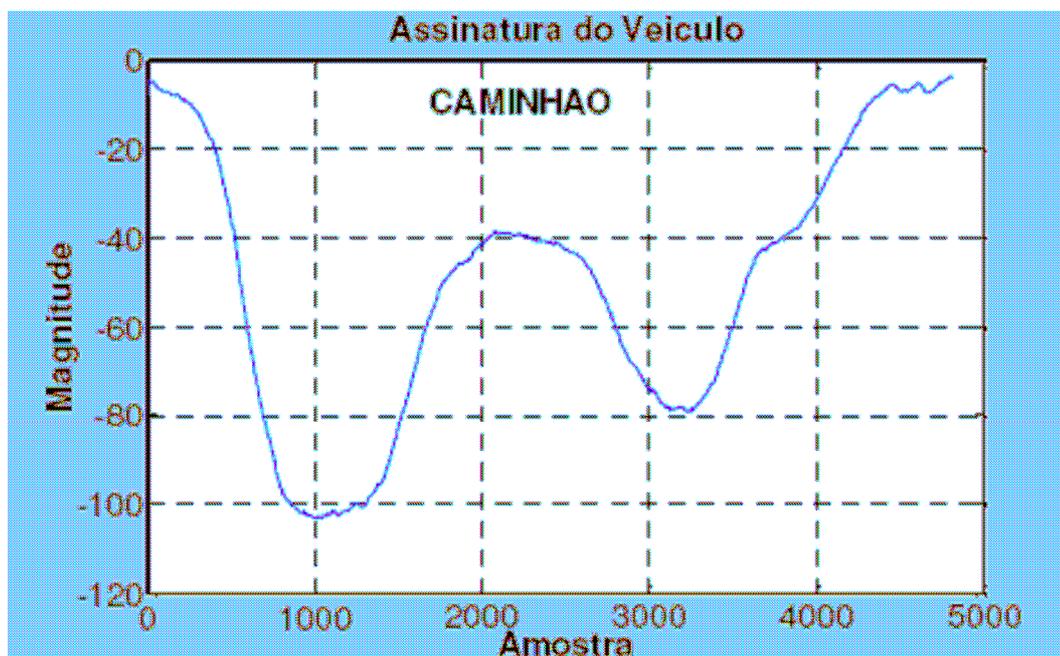


FIG. 4.9: Variação da Magnitude do Campo Magnético do Laço de Indução durante a passagem de um caminhão

Fonte: BARBOSA, *et al.* (2004)

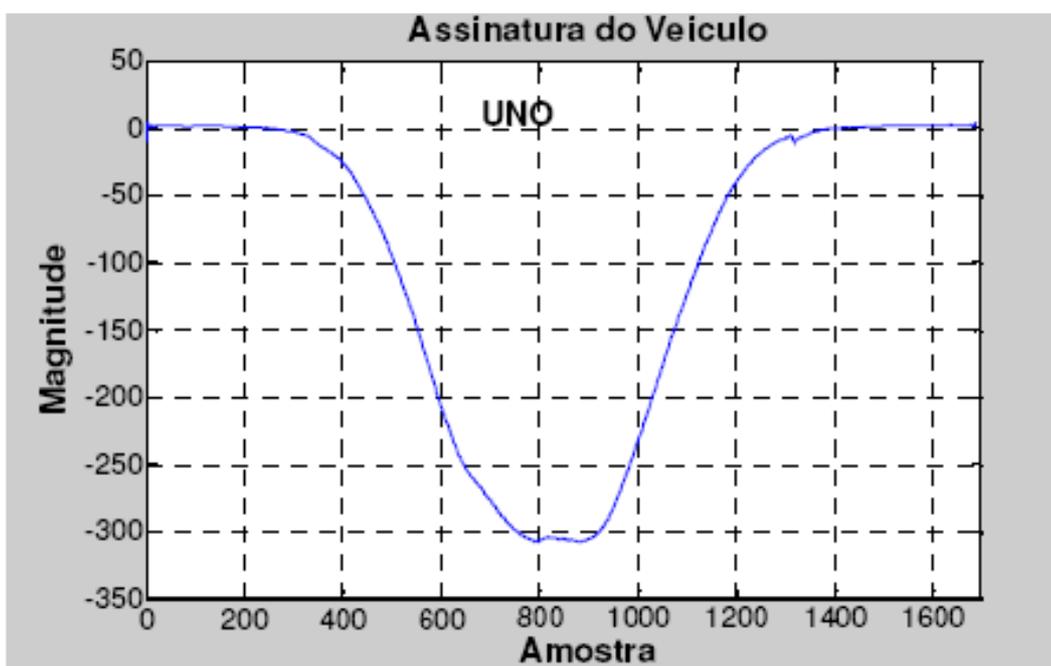


FIG. 4.10: Variação da Magnitude do Campo Magnético do Laço de Indução durante a passagem de um automóvel Fiat Uno

Fonte: BARBOSA *et al.* (2004)

O laço de indução possui uma exatidão muito alta na contagem, podendo chegar a 98%. A medida de velocidade possui um erro entre 2% e 10%, variando de acordo com as condições ambientais (MARTIN e FENG, 2003).

Uma de suas vantagens é que o laço de indução é uma tecnologia já muito bem conhecida, e sua aplicação para fornecer parâmetros básicos de tráfego (como volume, presença, ocupação, velocidade, headway e distância entre veículos) representa uma tecnologia madura. O custo do equipamento é baixo quando comparado a outras tecnologias. Além disso, pode ser empregado em diferentes situações, devido ao seu design flexível.

Suas desvantagens são que necessitam de paradas no tráfego para instalação e manutenção. Podem ocorrer problemas caso sejam instalados em pavimentos mal-cuidados ou que não tenham tido cuidado na instalação. Além disso, os sensores são sensíveis à temperatura e a tensões do tráfego causadas pela passagem de pneus sobre o laço.

4.3.2.SENSORES MAGNÉTICOS

Sensores magnéticos são sensores passivos que detectam perturbações no campo magnético da Terra causadas pelos componentes metálicos dos veículos. São utilizados para medir volume, *headway*, presença e velocidade dos veículos e podem ser divididos em dois tipos:

- Magnetômetros de indução (ou apenas detectores magnéticos), medem variações nas linhas de fluxo magnético quando um veículo atravessa a zona de detecção. Esse tipo de sensor não consegue detectar veículos parados na via, já que esse sensor necessita de veículos com uma velocidade mínima entre 5 e 16 km/h. O critério para sua instalação são exatidão na contagem, sensibilidade do detector, não ser necessário contar veículos parados e custo (KLEIN, 2001).
- Magnetômetros de eixo duplo detectam mudanças nos componentes horizontais e verticais do campo magnético terrestre causado pela passagem de um veículo. Este tipo de sensor pode detectar veículos em movimento ou parados.

A principal vantagem dos sensores magnéticos é que eles são menos susceptíveis a tensões causadas pelo tráfego que laços indutivos. Além disso, em alguns modelos, a informação é transmitida via um *link* de rádio-freqüência, ou seja, sem fio. O magnetômetro de indução pode ser utilizado em locais onde não é possível a instalação de laços indutivos, já que alguns modelos dispensam o corte no pavimento.

Suas limitações são que, como os sensores têm que ser instalados sob a via, estão sujeitos a danos causados pelo tráfego. Existem sensores que não necessitam de corte no pavimento, pois sua instalação é realizada “empurrando” o condúite através dos lados da via, mas essa instalação é difícil de ser feita. Além disso, como dito anteriormente, alguns magnetômetros não são capazes de detectar veículos que não estejam em movimento.

4.3.3.TUBOS PNEUMÁTICOS

Esse tipo de sensor envia pulsos de pressão de ar por um tubo de borracha quando um veículo passa sobre esse tubo. O pulso fecha um interruptor a ar, fechando um circuito que produz um sinal elétrico que é transmitido para um software para ser analisado.

Os tubos pneumáticos têm como propósito realizar contagens de tráfego em curtos períodos, classificação de veículos através do número de eixos, medição de velocidade e de espaçamento e outros estudos.

Esta tecnologia foi a primeira a ser inventada, na década de 1920. Como é barato e simples de instalar e usar, os tubos pneumáticos ainda são bastante utilizados atualmente. Além disso, os fabricantes normalmente enviam pacotes de software para ajudar na análise dos dados, barateando ainda mais esta técnica.

Os tubos pneumáticos possuem a desvantagem de provocarem falsas contagens de eixos quando o volume de ônibus e caminhões for alto e de ignorar veículos com velocidades muito baixas. O interruptor a ar também é sensível à temperatura, e devido a vandalismo e a fadiga provocados por pneus, os tubos são cortados, e devem ser trocados.

4.3.4.SENSORES PIEZOELÉTRICOS

Um material piezoelétrico é um material processado capaz de converter energia cinética em energia elétrica. Quando um veículo passa sobre um detector, o material piezoelétrico gera uma tensão proporcional à força ou ao peso do veículo. A tensão só é gerada quando as forças estão mudando. A carga inicial irá para zero quando a força estiver constante.

Esses sensores podem medir volume, velocidade (com múltiplos sensores), peso e classificar veículos (a partir da contagem de eixos e espaçamento). São utilizados, principalmente, na coleta de dados de tráfego e verificação de peso (balanças) (MARTIN e FENG, 2003).

Um cabo piezoelétrico é composto por um cabo coaxial com um núcleo de metal, seguido pelo material piezoelétrico e uma camada externa de metal (HALVORSEN, 1999, *apud*. MIMBELA *et. al.*, 2000). Uma configuração de um tubo piezoelétrico pode ser visto na FIG. 4.11.

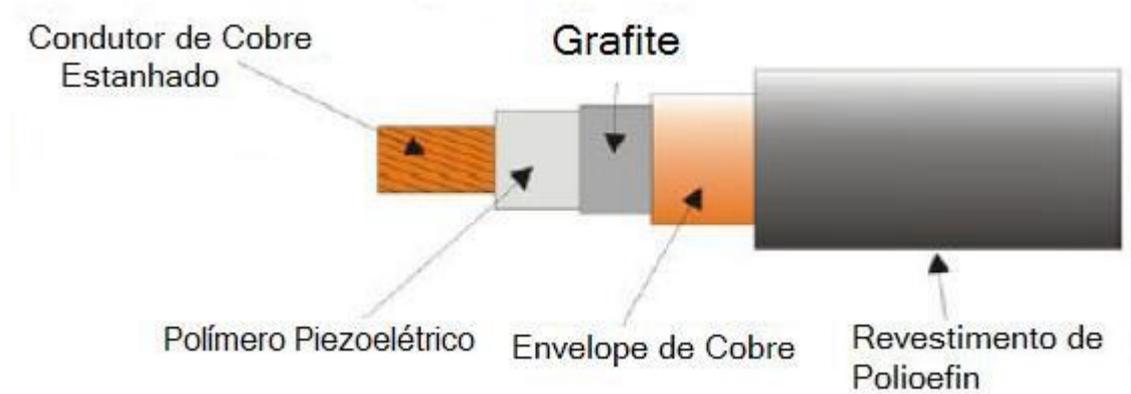


FIG. 4.11: Configuração Típica de um Cabo Piezoelétrico

Fonte: MARTIN e FENG (2003)

A maior vantagem dos sensores piezoelétricos são que a informação é recebida a partir da passagem de um pneu sobre o sensor, ao invés da passagem do veículo. Como a passagem do veículo cria um sinal proporcional à força aplicada, esse tipo de sensor pode diferenciar veículos com uma grande precisão.

Suas desvantagens são que os sensores piezoelétricos são sensíveis à temperatura e à velocidade do veículo.

4.4 SENSORES “FORA” DA VIA

Essa classe de sensores não utiliza detectores montados nas vias, seja sob, sobre ou acima desta. Estas novas tecnologias utilizam um veículo-sonda, que é qualquer veículo utilizado para a captação de dados do tráfego (veículos-sonda são utilizados no caso de captura de dados a partir de GPS, telefone celular, AVI e AVL), onde são necessários aparelhos especiais dentro do veículo ou sensoriamento remoto, em que são utilizadas imagens de satélite.

A utilização de veículos-sonda ajuda a resolver problemas do tráfego como detecção de acidentes e definição de rotas a seguir. Além disso, pode indicar tempo de viagem entre dois locais. Apesar do alto custo de implementação e de infraestrutura, esse tipo de tecnologia possui baixo custo por unidade de dado, além de fornecer uma coleta de dados contínua, coleta automática de dados e não causam paradas no tráfego (MARTIN e FENG, 2003).

4.4.1.GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

O GPS foi criado pelo Departamento de Defesa americano e consiste em uma rede de satélites orbitando a Terra enviando sinais para rastrear veículos. Os satélites monitoram localização, velocidade e direção. Veículos-sonda (que podem ser veículos da empresa de tráfego) equipados com aparelhos de GPS podem ser utilizados para coletar dados como velocidade e tempo de viagem.

4.4.2.TELEFONE CELULAR

O telefone celular pode ser utilizado para capturar dados de tráfego de duas maneiras. Na primeira, usuários voluntários ligam para uma central para informar sua identificação, local e horário em pontos pré-determinados. Assim, o tempo de viagem e a velocidade são calculados entre duas ligações sucessivas do mesmo usuário. Na segunda forma, o celular é geolocalizado, ou seja, rastreia-se o aparelho quando seu usuário realiza chamadas. O sistema detecta automaticamente chamadas telefônicas e localiza o veículo em poucos segundos (MARTIN e FENG, 2003).

4.4.3.AVI (*AUTOMATIC VEHICLE IDENTIFICATION*)

Automatic Vehicle Identification (Identificação Automática de Veículos) utiliza sensores instalados dentro do veículo (transponders, ou *tags*) para realizar sua identificação. O AVI é utilizado principalmente para pedágios automáticos, em que não é necessário parar para efetuar o pagamento.

Para coleta de dados de tráfego, devem ser instalados, ao longo da via, antenas que receberão informações dos *tags*, como identificação e classificação. O tempo de viagem é calculado a partir da passagem entre duas antenas (MARTIN e FENG, 2003).

De acordo com FHWA (2003), os *tags* podem ser divididos em três classes:

- Classe I – são de apenas leitura, contendo dados fixos, como por exemplo, o número da placa do veículo. São programados pelo fornecedor do transponder, e só podem ser reprogramados por ele.
- Classe II – podem escrever e serem lidos. Uma parte do transponder possui informação fixa (número de identificação, por exemplo), e não pode ser reprogramada. Outra parte da memória pode ser utilizada para escrever dados sobre o veículo, como horário, data e localização do último pedágio passado.
- Classe III – também conhecidos como *smart cards*. Possuem memória estendida e são capazes de realizar comunicação total entre o transponder e a antena e vice-versa. Assim, os veículos podem ser informados sobre a situação do tráfego, como acidentes e congestionamentos. Requer uma tecnologia sofisticada tanto na via quanto no veículo.

4.4.4.AVL (*AUTOMATIC VEHICLE LOCATION*)

Automatic Vehicle Location (Localização Automática de Veículos) é utilizada principalmente por agências de transporte público para localizar seus veículos. Eles comunicam com transmissores montados em postes e o sistema monitora a posição e a situação dos veículos (MARTIN e FENG, 2003).

Outra utilização para o AVL é ajudar serviços de emergência a enviar seus veículos com maior eficiência. Para os usuários de automóveis, o serviço pode ser utilizado para determinar sua localização e informação sobre rotas alternativas e ajudar na recuperação de veículos roubados.

Esta tecnologia pode ser utilizada para tomar conhecimento das condições do sistema, ao receber informações dos veículos-sonda nas vias. As técnicas utilizadas para realizar a localização do veículo, de acordo com FHWA (2003), são:

- *Dead Reckoning* – esta é uma técnica em que se determina indiretamente a posição do veículo levando em conta informações como velocidade e distância percorrida. Assim, é utilizado uma bússola e o odômetro do veículo e calculada a distância e direção de um ponto inicial. Não é uma técnica muito avançada, e por isso a maioria dos sistemas não a utilizam;
- Postes com antenas – forma idêntica ao AVI;
- Navegação por rádio baseado no solo – são instaladas várias antenas em uma área. Cada veículo envia um sinal de radiofrequência para todas as antenas próximas. Medindo o tempo que o sinal demora para viajar para cada antena, a distância entre esta e o veículo pode ser determinada. Assim, por triangulação, a localização do veículo é conhecida. Uma desvantagem é que sinais de RF são difíceis de serem transmitidos através de grandes obstáculos, como montanhas e cânions urbanos.

4.4.5.SENSORIAMENTO REMOTO

Existem pesquisas que estudam a possibilidade de coletar dados de tráfego a partir de tecnologias de sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto coleta dados sobre objetos ou geografia sem contato físico direto, sendo realizado por aviões ou satélites (MARTIN e FENG, 2003).

De certa forma, o sensoriamento remoto já é utilizado como forma de enviar informações de tráfego ao usuário, na forma de helicópteros monitorando o tráfego nas principais vias e informando à central sobre sua condição. Esta é uma forma bastante cara, porém é capaz de monitorar grandes áreas (FHWA, 2003)

O Departamento de Transportes da Florida, EUA está testando uma plataforma aérea não-tripulada que pode ser programada para voar em uma rota pré-estabelecida e transmitir imagens em tempo real para um canal de mensagens de tráfego (TMC, visto na seção 3.2.3). Outras possibilidades são a integração de vídeo digital, utilização de GPS e processamento automático de imagens para aumentar a exatidão e melhorar o benefício-custo dessa técnica. O Sensoriamento remoto também pode ser utilizado para encontrar outras características do tráfego, como densidade, tempo de viagem, atrasos, contagem de veículos, tamanho de fila e dispersão de pelotão (KRAFT, *apud*. FHWA, 2003).

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DE DADOS DE TRÁFEGO

A TAB. 4.2 a seguir resume as vantagens e desvantagens das tecnologias de captação de dados de tráfego intrusivas e não-intrusivas. As tecnologias fora da via não foram incluídas nessa tabela por ainda não serem muito bem conhecidas e utilizadas.

TAB. 4.2 - Quadro comparativo entre as tecnologias de captação de dados do tráfego

Tecnologia		Vantagens	Desvantagens
Infravermelho	Ativos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmite múltiplos raios de luz para maior precisão na posição dos veículos, velocidade e classificação • Pode operar em múltiplas faixas de tráfego • Medição direta de velocidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser afetado por neblina quando a visibilidade é menor que 6m • A instalação e manutenção requerem fechamento parcial da via
	Passivos	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores passivos multizonais podem medir velocidade • Maior distância de visibilidade em relação a sensores com comprimento de onda visível 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidade pode ser reduzida em condições meteorológicas adversas como chuva e neve • Alguns modelos não são indicados para medir presença
Microondas	Radar	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente insensível a variações climáticas encontradas em aplicações de gerenciamento de tráfego • Detecta veículos parados • Pode operar em múltiplas faixas de tráfego 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de uma antena de banda estreita para confinar o sinal para apenas uma faixa
	Doppler	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente insensível a variações climáticas encontradas em aplicações de gerenciamento de tráfego • Medição direta de velocidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores Doppler não detectam veículos parados • Necessita de uma antena de banda estreita para confinar o sinal para apenas uma faixa • Não são indicados para contar volumes em interseções
Detectores Passivos Acústicos		<ul style="list-style-type: none"> • Detecção passiva • Potencial para identificar veículos pela sua assinatura acústica • Insensíveis a precipitações • Alguns modelos podem operar em múltiplas faixas 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas temperaturas podem afetar a precisão dos dados • Alguns modelos não são indicados quando veículos estão se movendo lentamente ou em tráfego pára-e-anda • Processamento de sinal necessário para remover sons externos e para identificar veículos
Detectores Ultra-Sônicos		<ul style="list-style-type: none"> • Pode operar em múltiplas faixas de tráfego • Capazes de detectar veículos muito altos • Fácil instalação • Tecnologia bem utilizada no Japão 	<ul style="list-style-type: none"> • Condições atmosféricas adversas, como mudança de temperatura e grandes turbulências podem afetar desempenho • Grandes repetições periódicas de pulsos podem degradar medição de ocupação em vias expressas com veículos trafegando em velocidades moderadas a altas
Processamento de Imagens de Vídeo		<ul style="list-style-type: none"> • É possível monitorar múltiplas faixas e múltiplas faixas de detecção por faixa com apenas uma câmera • Facilidade na adição de e na 	<ul style="list-style-type: none"> • A instalação e manutenção de uma câmera sobre a via necessita do fechamento da via • Performance afetada por fatores como: neblina, chuva, farol de

	<p>modificação de zonas de detecção</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grande conjunto de dados disponível • Possibilita detecção em grande área quando as informações obtidas por uma câmera podem ser ligadas a outras 	<p>veículos, projeção de veículos em faixas adjacentes, oclusão, transição entre o dia e a noite, presença de água na via, resíduos de sal, teias de aranha nas lentes da câmera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requer que a câmera seja instalada em uma altura entre 15 e 20 metros para detecção ótima de presença e velocidade • Alguns modelos são susceptíveis a movimentos da câmera devido a ventos fortes ou vibrações na estrutura de suporte • Normalmente só possui uma boa relação benefício-custo se muitas zonas de detecção forem necessárias
Laço de Indução	<ul style="list-style-type: none"> • Design flexível para satisfazer uma ampla gama de aplicações • Tecnologia madura e bem compreendida • Fornece parâmetros básicos de tráfego, como volume, presença, ocupação e velocidade • Modelos de alta frequência de excitação fornece dados sobre classificação 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário corte no pavimento para instalação • Diminui o tempo de vida do pavimento • Instalação e manutenção requerem o fechamento da via • Os cabos do laço são sujeitos a tensões do tráfego e temperatura • Normalmente são necessários múltiplos detectores para monitorar um local
Sensores Magnéticos	<ul style="list-style-type: none"> • Podem ser utilizados onde laços não podem ser instalados • Menos susceptíveis a tensões provocadas pelo tráfego que laços indutivos • Alguns modelos transmitem via link de radiofrequência sem fio • Menos interrupções no fluxo de tráfego que laços de indução • Insensíveis a intempéries • Alguns modelos não necessitam de cortes no pavimento para sua instalação, porém necessitam de perfurações sob a via 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação pode requerer cortes no pavimento • Instalação e manutenção necessitam de fechamento da via • Alguns modelos possuem pequena zona de detecção • Sensores de indução não podem detectar veículos parados
Tubos Pneumáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação rápida para contagem temporária • Baixo uso de energia • Baixo custo • Manutenção simples 	<ul style="list-style-type: none"> • Contagem de eixos imprecisa quando o volume for muito alto • Sensibilidade do interruptor de ar à temperatura • Corte em tubos devido a vandalismo e a tensões provocadas por veículos
Sensores Piezoelétricos	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação de veículos é realizada com precisão 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensíveis à temperatura • Sensíveis à velocidade do veículo

Fonte: MARTÍN e FENG (2003), PEREIRA (2005) e KLEIN e KELLEY (1996)

A TAB. 4.3 resume os tipos de dados que podem ser obtidos com a utilização de alguns tipos de detectores:

TAB. 4.3 - Tipos de Dados obtidos por Detectores

Tecnologia	Volume/ Contagem	Velocidade	Classificação	Ocupação	Presença
Laço Indutivo	X	X	X	X	X
Sensores Magnéticos	X	X	X	X	X
Tubo Pneumático	X	X	X		
Infravermelho Ativo	X	X	X		
Infravermelho Passivo	X	X	X	X	X
Microondas Radar	X	X	X	X	X
Microondas Doppler	X	X	X	X	
Ultra-sônico	X				X
Passivo Acústico	X	X	X	X	X
Vídeo	X	X	X	X	X

Fonte: MARTÍN e FENG (2003)

Nos laços indutivos a velocidade pode ser medida com a utilização de laços duplos (onde a velocidade é obtida através do tempo entre o qual o laço é ativado, dado uma distância constante) ou com a utilização de apenas um laço, assumindo um comprimento médio por veículo. A classificação de veículos é realizada através da assinatura de cada tipo de veículo.

Nos dispositivos magnéticos, para medir velocidade e para classificar veículos também são necessárias duas unidades. No caso de detectores infravermelhos passivos, apenas os que possuem capacidade de múltiplas zonas de detecção podem medir velocidade.

Deve-se ter em mente que várias tecnologias podem ser combinadas para obter um melhor desempenho na captura de dados. A combinação de sensores

infravermelhos e sensores ultra-sônicos fornecem maior precisão para a detecção de presença e de filas, contagem de veículos e discriminação de altura e distância. A combinação entre sensores infravermelhos passivos e Doppler é projetada para a detecção de filas e presença, contagem de veículos, medidas de velocidade e classificação por comprimento. Neste caso, o radar Doppler mede a velocidade dos veículos (em alta ou média velocidade), enquanto o sensor infravermelho passivo realiza a contagem e a detecção de presença (MIMBELA e KLEIN, 2000).

5. MÉTODOS PARA O CÁLCULO DO TEMPO DE VIAGEM

5.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um protótipo de simulação para um serviço de informação sobre tempos de viagem em rotas entre um par de origem/destino visa subsidiar o gerenciamento da demanda de tráfego em áreas sujeitas a problemas de tráfego intenso, com possibilidade da formação de congestionamentos. Para isto, a partir da informação de tráfego em tempo real, propõe-se o desenvolvimento de um sistema que forneça informação de rotas alternativas para melhor distribuir o tráfego e evitar congestionamentos.

Para que a informação recebida através das tecnologias de captação de dados em tempo real seja passada para o usuário do sistema, é necessário que haja alguma forma de processamento desses dados. As informações devem ser processadas o mais rapidamente possível, e com precisão, para que não esteja desatualizada quando for mostrada para o motorista.

A avaliação da distribuição do fluxo de viagens nos sistemas de transporte existentes se baseia em métodos de alocação de tráfego. A alocação de tráfego, uma das quatro etapas do modelo de planejamento de tráfego, compreende o estudo da distribuição do fluxo de tráfego em uma ou mais rotas entre pares de origem e destino.

A rede viária de uma cidade pode ser modelada como um grafo (ou rede capacitada), onde as interseções da rede viária são os nós do grafo, as vias são os arcos e os veículos trafegando pelas vias são o fluxo. Como exemplo, as vias da FIG. 5.1 podem ser representadas pela rede capacitada da FIG. 5.2.



FIG. 5.1: Exemplo de rede viária

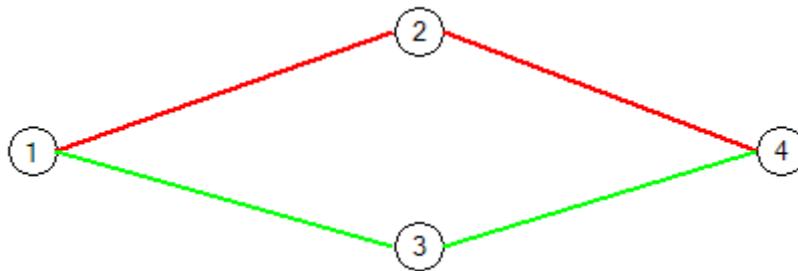


FIG. 5.2: Exemplo de grafo

No exemplo da FIG. 5.2 identificam-se duas possíveis rotas entre os nós 1 e 4, representadas pelos *links* 1-2-4 e 1-3-4. Destas, uma pode ser considerada a via principal e a outra como sendo uma rota alternativa. No sentido do nó 1 para o nó 4 o motorista, no início de seu percurso (nó 1), possui duas opções de rotas e decide qual utilizar em função de algumas variáveis, como conhecimento prévio do fluxo médio de cada rota e, em um caso ideal, a partir de uma informação do tráfego em tempo real, que pode fornecer o tempo de viagem entre os dois nós com base no fluxo atual em cada *link* (1-2-4 e 1-3-4).

5.2 CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

Como dito na seção anterior, para realizar a distribuição dos veículos entre as várias rotas deve-se utilizar técnicas de alocação de tráfego. Existem várias técnicas diferentes de alocação, cada uma com diferentes características e complexidades.

Estas técnicas servem como uma base para um planejamento viário, já que seus resultados possibilitam a previsão de intervenções em vias que sejam mais solicitadas.

Os métodos específicos para identificação de rotas e alocação de fluxos em redes de transportes procuram seguir o Primeiro Princípio de Wardrop (1952), que diz que “sob condições de equilíbrio, o tráfego se distribui em redes congestionadas de uma forma em que nenhum usuário do sistema possa reduzir seus custos de percurso trocando de rotas” (WARDROP, 1952, *apud*. ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2000), ou seja, os tempos de viagem nas rotas utilizadas são iguais ou menores que aqueles que poderiam ser experimentados por um único veículo em qualquer outro caminho não usual. Assim, os usuários escolherão aquela rota que lhe parecem a de menor custo, em termos de valor de tarifa, de combustível e/ou de tempo de viagem, e lá permanecerão até que algo perturbe o equilíbrio alcançado.

O Segundo Princípio de Wardrop diz que o tempo médio global de viagem de todos os motoristas é mínimo, pode-se determinar a rota de menor custo na rede, assim como minimizar o custo total da rede.

A técnica de alocação mais simples é a chamada de *All-or-Nothing* (AON – Tudo ou Nada), em que todo o volume de tráfego é alocado em uma única rota, sem que haja a inserção de uma restrição de capacidade. Assim, o algoritmo AON seleciona a rota de menor custo e aloca todo o fluxo nesta, independentemente de sua capacidade real. Esta técnica é utilizada para que seja obtida uma visão geral de como o tráfego se distribuiria caso a capacidade da via não fosse um problema (conseqüentemente, não haveria congestionamento).

Outra categoria de modelos de alocação são os que levam em conta a capacidade de cada uma das rotas que podem ser utilizadas. Caso seja considerado que todos os motoristas tivessem completa percepção das condições de tráfego em um determinado caminho, utiliza-se a técnica de alocação incremental do tráfego,

em que frações fixas do volume total de veículos vão sendo alocadas na via em cada passo. Após cada alocação dessas frações, calcula-se o novo custo da rota, substituindo o valor do fluxo atual do *link*, e aloca-se a próxima fração no novo caminho de menor custo. Esta técnica, de acordo com PORTUGAL (2005) não permite uma solução de equilíbrio e seus resultados são influenciados pela ordem em que os volumes dos pares Origem/Destino são alocados.

O método de Equilíbrio do Usuário (UE – *User Equilibrium*) também faz uso do Primeiro Princípio de Wardrop, assumindo que o usuário possui perfeito conhecimento das condições do tráfego. Assim, essa técnica procura igualar os tempos de viagem em duas ou mais possíveis rotas, levando em consideração os efeitos de restrição de capacidade.

Caso seja considerado que os usuários não têm uma informação completa sobre o tráfego de uma região, existem outras técnicas de alocação de tráfego, que consideram efeitos estocásticos.

As técnicas Estocásticas Puras enfatizam a variabilidade na percepção de custos pelo usuário, além de quais custos serão levados em conta na decisão de qual rota seguir (como distância e tempo de viagem), reconhecendo que as várias rotas diferentes existentes entre uma origem e um destino podem ser percebidas pelo usuário com um mesmo custo, ou seja, essas técnicas tratam os custos como variáveis aleatórias, ou seja, diferentes para cada veículo (MEYER e MILLER, 1984); estas técnicas, por outro lado, levam em conta a capacidade da via. Para isso podem ser utilizadas técnicas de simulação do tipo Monte Carlo ou de programação matemática, como os métodos baseados em proporção.

O Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE – *Stochastic User Equilibrium*) é, de acordo com PORTUGAL (2005), uma generalização da técnica UE, mas, como leva em conta que os usuários não possuem perfeito conhecimento do sistema, é mais realista do que este modelo. O SUE considera a utilização de rotas que, aparentemente, não seriam utilizadas; isto ocorre por causa da variabilidade na percepção do custo de cada rota e também a que ocorre por causa dos efeitos de restrição de capacidade. Assim, de acordo com ORTÚZAR e WILLUMSEN (2000), os modelos SUE buscam as condições de equilíbrio onde “cada usuário escolhe sua rota de acordo com o menor custo de viagem ‘percebido’, ou seja, pela SUE nenhum

usuário tem uma rota com menor custo ‘percebido’ e, por isso, todos permanecem em suas próprias rotas.”

A principal limitação desses modelos é que as interações entre os *links* não são consideradas, já que, nesses modelos, o tempo de viagem em cada *link* só depende do volume de tráfego desse *link*. Na verdade, o tempo pode depender dos volumes em outros links, como, em interseções, em que o tempo de viagem também depende do volume de veículos que chegam nessa interseção (MATTHEW, 2005).

A FIG. 5.3 resume os principais tipos de técnicas de alocação de tráfego.

		Considera efeitos estocásticos	
		NÃO	SIM
Considera restrição de capacidade	NÃO	All-or-nothing	Estocástico puro
	SIM	Equilíbrio do usuário (UE)	Equilíbrio Estocástico do Usuário (SUE)

FIG. 5.3: Principais técnicas de alocação de tráfego

Fonte: INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN (1999)

A consideração da capacidade da via nos métodos de alocação se deve à idéia de que quanto maior o fluxo (e, portanto mais próximo da capacidade), menor é a velocidade do veículo, conseqüentemente aumentando o tempo de viagem da via.

Assim, em função das características de cada *link* da rede e de sua capacidade, na medida em que o fluxo é alocado, o tempo de viagem neste *link* é modificado.

A esta relação entre o custo de viagem no *link* em função de suas características chama-se de função de desempenho. As funções de desempenho buscam, em sua

maioria, relacionar o tempo de viagem com a capacidade e o fluxo de veículos alocados em um *link*.

No processo de alocação, para se fazer uma análise mais apurada do custo ou tempo de viagem de cada *link*, é necessário definir a função de desempenho de cada *link*. Dentro deste escopo, apresentam-se a seguir algumas funções de desempenho.

5.2.1.FUNÇÕES DE DESEMPENHO

Conforme dito anteriormente, para determinar o custo de um determinado *link*, podem ser utilizadas curvas e funções de desempenho, que são gráficos e suas respectivas funções que avaliam o custo de uma viagem (normalmente o tempo de viagem) a partir do fluxo de veículos alocados nessa via. Assim, para prever o tempo de viagem, basta conhecer o volume de tráfego e a função de desempenho da via.

A forma mais simples de relacionar o tempo de viagem e o fluxo de tráfego é assumir uma função de desempenho linear, em que o tempo de viagem cresce proporcionalmente com o fluxo. Um exemplo dessa curva de desempenho está indicado na FIG. 5.4. Essa curva possui uma relação linear entre o tempo de viagem e o fluxo de veículos trafegando na via, mas, como pode ser percebido, não possui como restrição a capacidade da via.

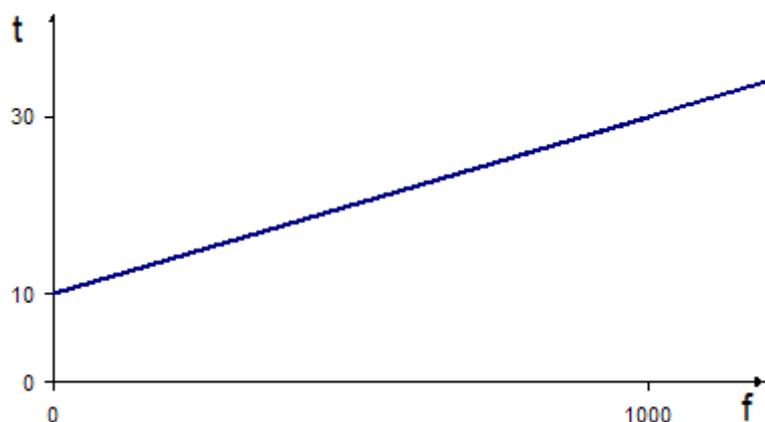


FIG. 5.4: Curva de desempenho

Fonte: ORTÚZAR e WILLUMSEN (2000)

De acordo com MANNERING e KILARESKI (1998), apesar do apelo da simplicidade, uma função de desempenho linear não é uma representação muito realista da relação entre tempo de viagem e fluxo de veículos. Uma relação um pouco mais realista é a parabólica, como mostrada na FIG. 5.5.

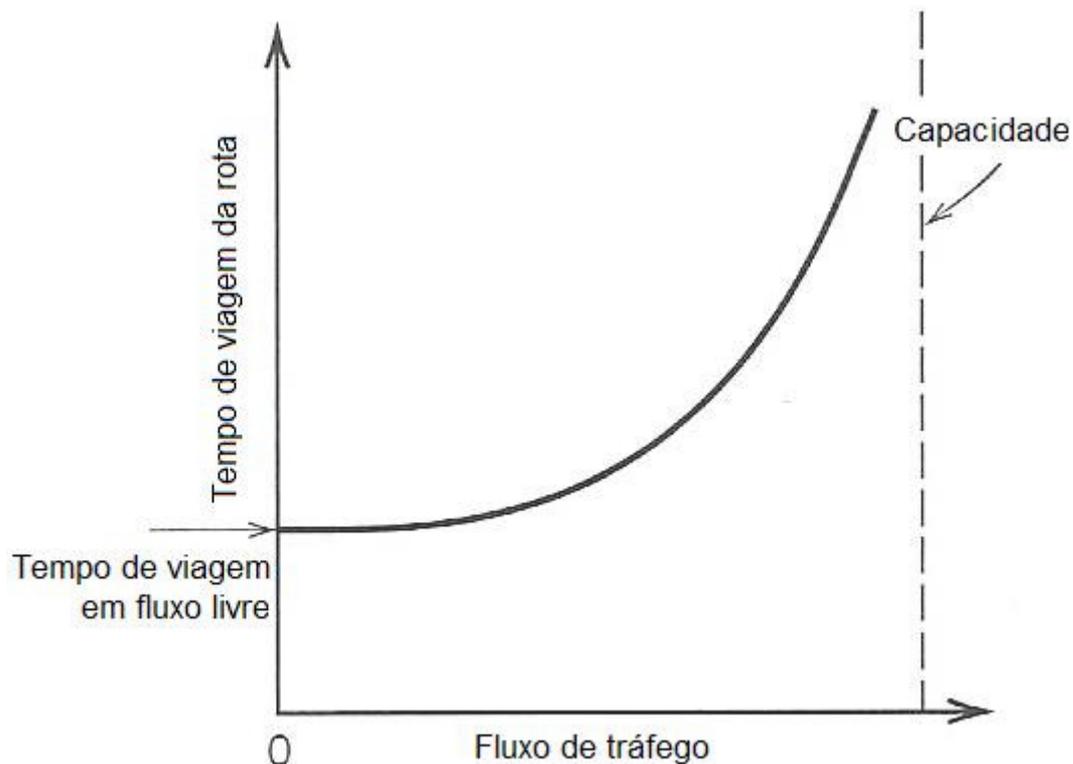


FIG. 5.5: Função de Desempenho Parabólica

Como pode ser visto na FIG. 5.5, as funções de desempenho podem levar em consideração a capacidade da via para que sejam determinados os tempos de viagem.

Um outro exemplo de função de desempenho é a utilizada para realizar a técnica de alocação da *Wayne State University* (1962), mostrada na EQ. 5.1.

$$V_i = V_0 e^{(R_i - 1)} \quad (\text{EQ. 5.1})$$

sendo:

V_i = tempo de viagem em cada via na i -ésima iteração

V_o = tempo original baseado na velocidade típica.

R_i = razão entre a média dos volumes alocados nas iterações anteriores e a capacidade da ligação;

NCHRP 387 (1997) fornece algumas equações, como a fórmula de Akçelik/Davidson, que possui a forma indicada na EQ. 5.2:

$$t = t_0 + \left\{ 0,25T \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8J_A}{QT}x} \right] \right\} \quad (\text{EQ. 5.2})$$

sendo:

t = tempo médio por unidade de distância

t_0 = tempo médio por unidade de distância em fluxo livre

T = período de tempo considerado (geralmente 1 hora)

x = grau de saturação da via = v/c

Q = capacidade (vei/h)

J_A = parâmetro de atraso = $\frac{2Q}{T}(t_c - t_0)^2$

t_c = tempo médio por unidade de distância (na capacidade)

Esta equação foi primeiramente desenvolvida para quando a demanda fosse maior que a capacidade da via, porém foi decidido, quando da sua inserção no *Highway Capacity Manual*, utilizá-la para demandas menores que a capacidade.

Outra equação que pode ser utilizada é a do *software* STEAM que prevê velocidades médias diária, de pico e entropico, através da escolha de constantes, e pode ser convertida em tempo de viagem. A equação é dada por (EQ. 5.3, 5.4, 5.5):

$$S = \frac{1}{S_f + D} \quad (\text{EQ. 5.3})$$

$$D = c_1 x^{c_2} e^{c_3 x}, \text{ para } x \leq c_0 \quad (\text{EQ. 5.4})$$

$$D = c_4 \left(1 - c_5 x^{c_6} e^{c_7 x} \right), \text{ para } x > c_0 \quad (\text{EQ. 5.5})$$

sendo:

S = velocidade média em milhas por hora

S_f = velocidade de fluxo livre

D = atraso por congestionamento em horas por veículo milha

c₀ a c₇ = constantes dadas pela TAB. 5.1

TAB. 5.1 - Constantes da fórmula STEAM

Constante	Diário	Pico	Entrepico
c ₀	10,5	12,1	11,1
c ₁	2,39x10 ⁻⁸	2,35 x10 ⁻⁷	1,13x10 ⁻⁷
c ₂	3,75	3,29	2,52
c ₃	0,287	0,235	0,259
c ₄	0,05	0,05	0,05
c ₅	1,494x10 ⁻²	2,865x10 ⁻⁴	1,058 x10 ⁻³
c ₆	3,42	7,00	4,91
c ₇	-0,372	-0,797	-0,449

Fonte: TURNER *et al.* (2000)

A função de desempenho mais conhecida e utilizada, segundo verificado em exemplos disponíveis na bibliografia pesquisada e de acordo com outros autores (SPIESS, 1989, SINGH, 1999, NAKAMURA e KOCKELMAN, 2000, entre outros) é a utilizada pelo BPR (*Bureau of Public Roads*), desenvolvida em 1968, que possui a seguinte curva (FIG. 5.6) e equação (EQ. 5.6):

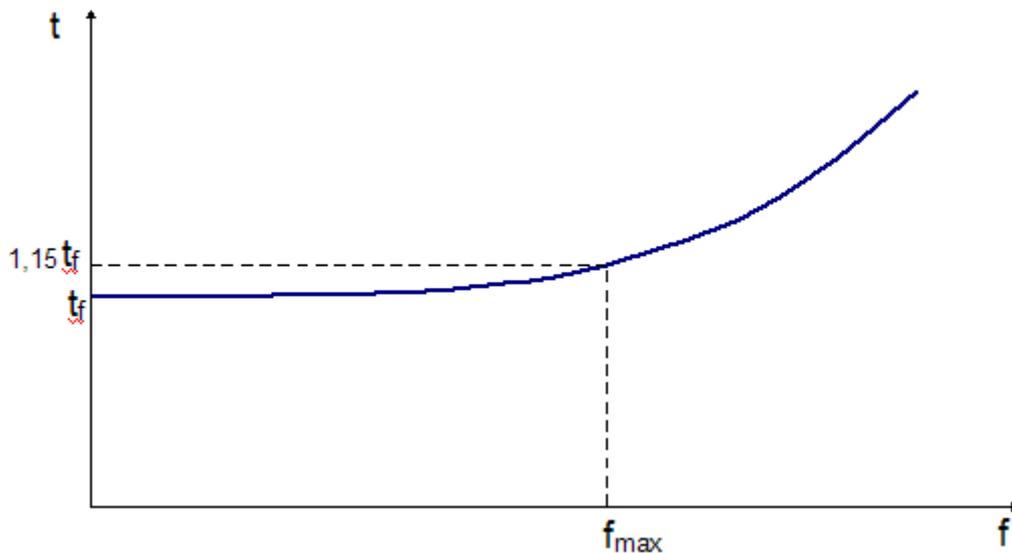


FIG. 5.6: Curva de desempenho do BPR

$$t(f) = t_f \left[1 + 0,15 \left(\frac{f}{f_{\max}} \right)^4 \right] \quad (\text{EQ. 5.6})$$

sendo:

$t(f)$ → tempo de viagem (em função do volume)

t_f → tempo de viagem para fluxo livre

f → fluxo atual no *link*

f_{\max} → fluxo máximo do *link*

coeficientes 0,15 e 4 → Parâmetros de calibração

Tomando como base a função do BPR, outras foram surgindo, levando em conta as características da região estudada. Para isso são realizados estudos para indicar como o tempo de viagem daquela via varia de acordo com o fluxo de veículos. Assim, é feita a modificação dos parâmetros por calibração. Essas funções de desempenho possuem a forma básica indicada na EQ. 5.7, sendo α , β parâmetros de calibração:

$$t(f) = t_f \left[1 + \alpha \left(\frac{f}{f_{\max}} \right)^\beta \right] \quad (\text{EQ. 5.7})$$

Em algumas dessas funções a parcela f_{\max} é representada pela capacidade máxima prática, que é tomada como 80% da capacidade máxima teórica da via. A calibração deve ser realizada para cada local, já que varia de acordo com as características da via.

NCHRP 365 (1998) traz uma tabela de coeficientes para a fórmula genérica apresentada acima (TAB. 5.2).

TAB. 5.2 – Coeficientes do BPR

Coeficiente	Freeways			Múltiplas faixas		
	112km/h	96km/h	80km/h	112km/h	96km/h	80km/h
α	0,88	0,83	0,56	1,00	0,83	0,71
β	9,8	5,5	3,6	5,4	2,7	2,1

Fonte: NCHRP 365 (1998)

Outra equação descrita por NCHRP 387 (1997) é a função de atraso cônico, que é uma alternativa computacionalmente eficiente para a equação do BPR, e é dada por (EQ. 5.8):

$$t = t_0 \left[2 + \sqrt{a^2(1-x)^2 + b^2} - a(1-x) - b \right] \quad (\text{EQ. 5.8})$$

sendo:

t = tempo médio por unidade de distância

t_0 = tempo em fluxo livre

x = grau de saturação da via = v/c

a = parâmetro de calibração (maior que 1)

$$b = \frac{2a-1}{2a-2}$$

Além disso, podem ser realizados estudos específicos para cada local, e a partir de medidas feitas *in loco* podem ser desenvolvidas equações específicas para o local. Por exemplo, a equação de desempenho da via onde foi realizada a pesquisa que resultou na curva de desempenho da FIG. 5.4 é dada pela EQ. 5.9:

$$t(f) = 10 + 0,02f \quad (\text{EQ. 5.9})$$

Quando não existem estudos específico para o local, podem ser utilizadas funções de desempenho desenvolvidas para outros sítios, ou equações mais generalizadas, como a do BPR.

As funções de desempenho devem ser escolhidas com cuidado, já que são importantes para definir o tempo de viagem no *link* e, desta forma, possuem muita importância dentro de um procedimento de informação ao usuário.

5.2.2.ALOCAÇÃO DINÂMICA

As técnicas apresentadas anteriormente são modelos de alocação estática de tráfego, já que todas elas assumem que o tráfego já está em estado estacionário e as variáveis de fluxo não variam com o tempo. Assim, os modelos estáticos representam o fluxo de tráfego médio no tempo, mas não percebe as variações que ocorrem naturalmente no tráfego, além de assumir uma distribuição uniformemente distribuída no tempo (CHEN, 1998).

Para tentar contornar esses problemas, foram desenvolvidas técnicas de alocação dinâmica de tráfego (DTA – *Dynamic Traffic Assignment*), que, ao contrário da alocação estática, está sujeita a uma demanda de viagens e rede dependentes do tempo, aumentando a complexidade da análise (FRIEDRICH *e. al.*, 2000). Assim, os sistemas de alocação estática e dinâmica podem ser comparados a partir da FIG. 5.7:

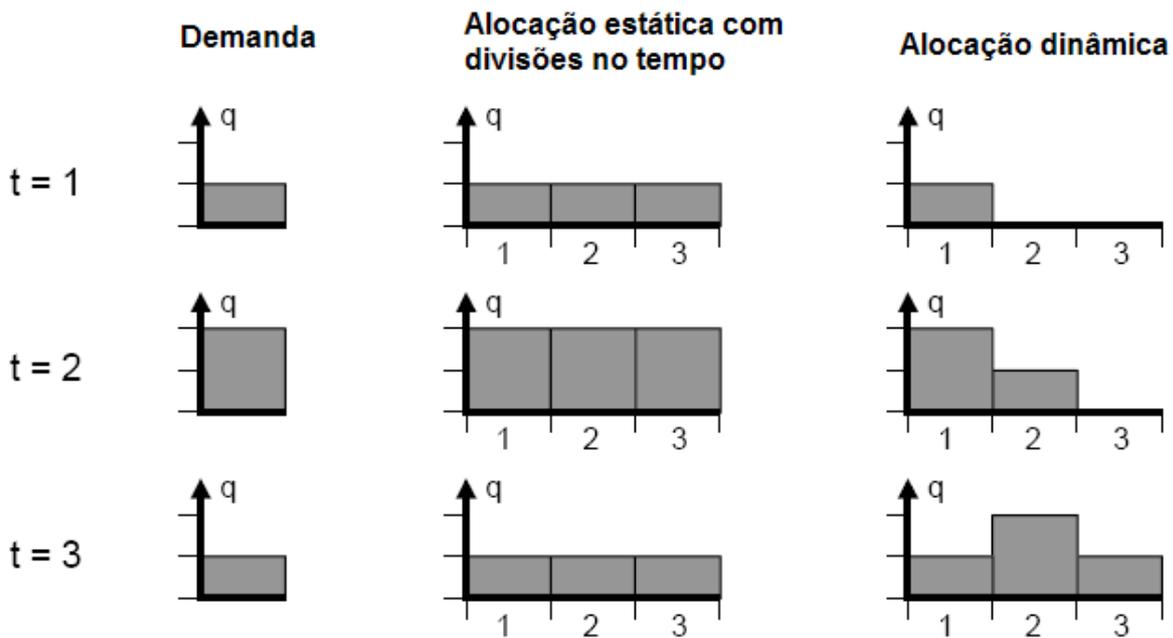


FIG. 5.7: Alocação de demanda variável no tempo

Fonte: FRIEDRICH, *et. al.*, 2000

Como pode ser percebido pela FIG. 5.7, a alocação estática de uma demanda variável no tempo faz com que todo o volume seja alocado em todo o período. Isso pode não ser verdade, por exemplo, na transição do horário de pico para o entropico, em que haverá maior demanda apenas no horário de pico. Isso pode ser resolvido utilizando DTA.

Os sistemas DTA podem ser categorizados em dois grupos, os baseados em análise e os baseados em simulação (SUNDARAM, 2002).

- Modelos analíticos – baseados em fluxos, com representação matemática da dinâmica do fluxo de tráfego (CHEN, 1998). De acordo com SUNDARAM (2002), estes modelos formulam o problema como um problema de otimização e utilizam técnicas matemáticas para resolvê-lo, tendo a desvantagem do aumento da complexidade matemática com o crescimento do problema;
- Modelos de simulação – baseados no veículo ou em pelotões, com representação detalhada do veículo ou pelotão (CHEN, 1998). Possuem a

vantagem de suportarem maior quantidade de detalhes que os modelos analíticos.

Uma desvantagem do DTA é o problema da necessidade do obediência de restrições do tipo FIFO (*First In First Out* – Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair). Por causa da variação do fluxo no tempo, a velocidade média dos veículos pode variar, e isso pode fazer com que um veículo que tenha saído depois (próximo intervalo de tempo), chegue antes de outro que saiu no intervalo de tempo anterior, como mostra a FIG. 5.8.

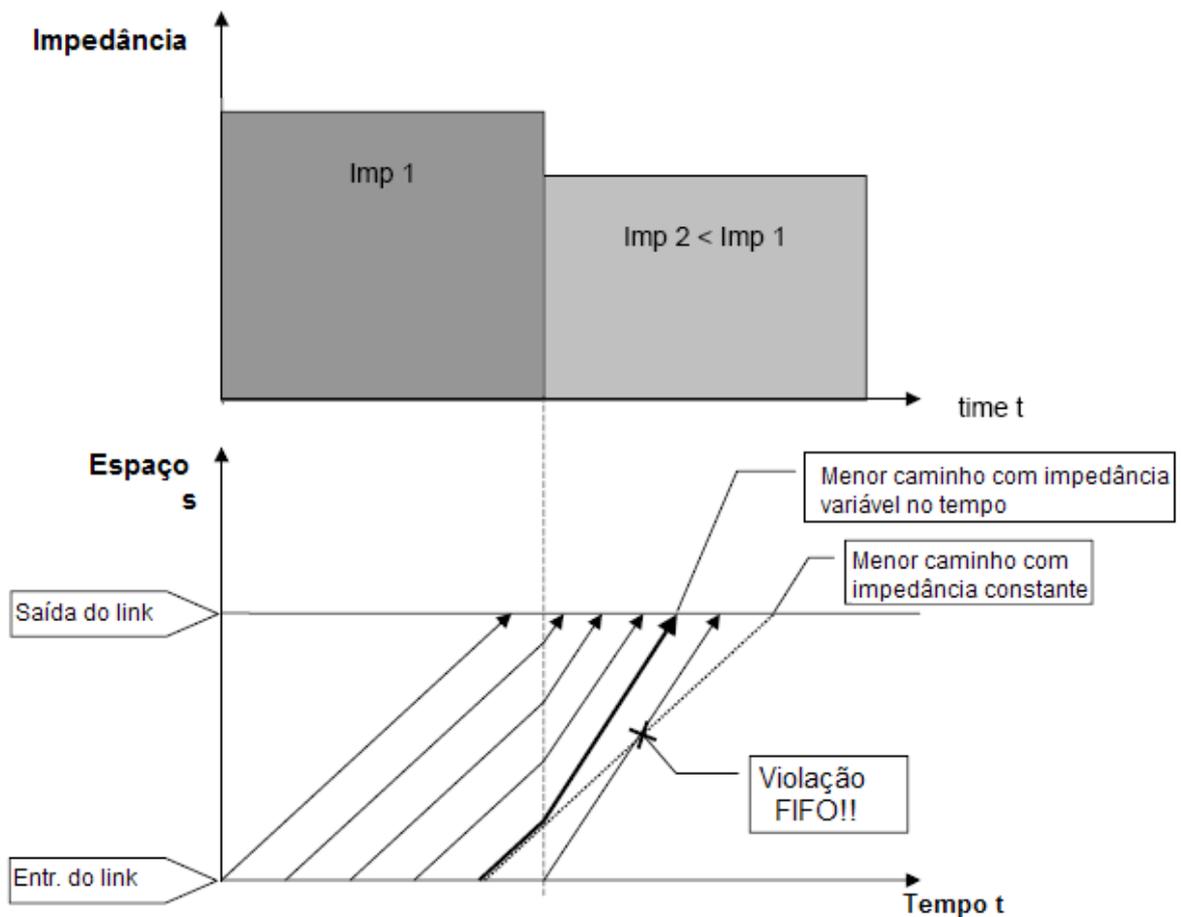


FIG. 5.8: Comparação de um DTA com impedância constante e variável no tempo

Fonte: FRIEDRICH, *et. al.*, 2000

Modelos DTA também podem realizar cálculos de controle de tráfego em tempo real. Para isso, normalmente há a necessidade de realizar a predição das condições

de tráfego, dentro de um horizonte de tempo (por exemplo, uma hora). Assim, há a necessidade de conhecer dados de tráfego a partir de coletas automáticas, que serão utilizados para realizar a previsão durante o horizonte de tempo. A partir daí, refaz-se o cálculo, tendo como período de dados histórico o período de cálculo exatamente anterior, como pode ser visto na FIG. 5.9, exemplificando como o software DynaMIT (BEN-AKIVA, *et. al.* 1998) funciona.

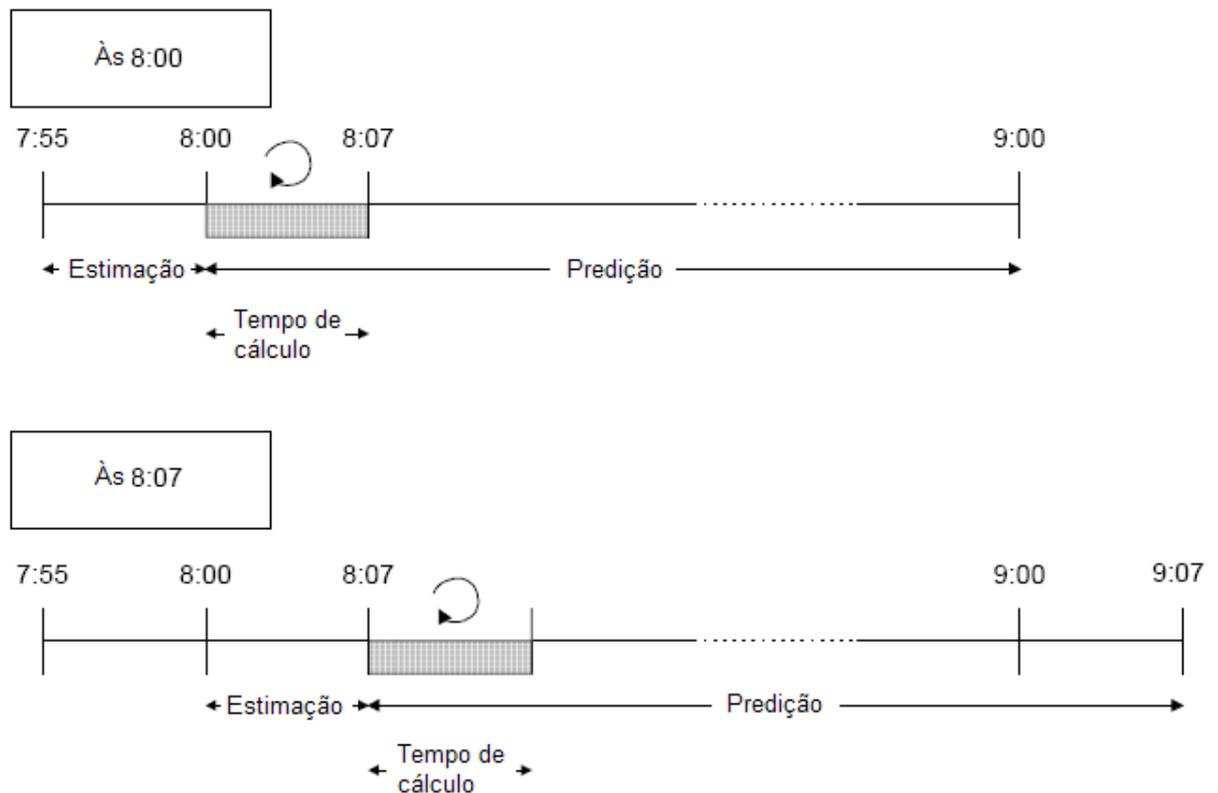


FIG. 5.9: Predição no horizonte de tempo

Fonte: BEN-AKIVA, *et. al.* (1998)

Assim, às 8:00 é iniciado o cálculo da previsão do tráfego por uma hora utilizando dados coletados nos cinco minutos anteriores. O cálculo é terminado às 8:07, e imediatamente é começado um novo cálculo (que abrangerá das 8:07 às 9:07), utilizando os dados de tráfego coletados durante o tempo de cálculo do período anterior (das 8:00 às 8:07).

5.3 SIMULAÇÃO

Existem duas técnicas principais que podem ser utilizadas para realizar a análise dos dados, técnicas analíticas e simulação.

De acordo com PORTUGAL (2005), as técnicas analíticas pressupõem um conhecimento estático no tempo quanto ao fenômeno estudado. Baseiam-se principalmente em formulações matemáticas, e geralmente consideram que o problema é determinístico.

Uma das técnicas analíticas mais utilizadas é a programação matemática, em que uma grandeza deve ser maximizada ou minimizada, através de uma função objetivo, representada através de algumas variáveis independentes e por restrições que o sistema deve levar em conta.

De acordo com SHANNON (1975) *apud* INGALLS (2002), a simulação é o processo de criar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de tanto entender o comportamento deste sistema quanto de avaliar estratégias para a operação do sistema. Assim, a simulação tenta-se reproduzir, em um programa de computador, uma seqüência de eventos ao longo do tempo de um sistema a ser modelado (PORTUGAL, 2005). A modelagem por simulação permite que sejam introduzidas aleatoriedades, podendo gerar resultados mais plausíveis com a realidade. Os modelos de alocação dinâmica de tráfego geralmente utilizam esta abordagem. A simulação pode ser agrupada em três grupos:

- **Macroscópica** – os veículos não são vistos de maneira individual, mas são todos agrupados de forma que o fluxo se comporte como um fluido;
- **Microscópica** – Os veículos são vistos de maneira individual, sendo representados com o máximo de detalhes. Assim, cada veículo possui características diferentes do próximo;
- **Mesoscópica** – Classe intermediária entre a análise macroscópica e a análise microscópica, nesse tipo de simulação os veículos são agrupados em pelotões, com características específicas não mais para cada veículo, mas sim para cada pelotão.

A utilização da simulação, através de computadores, pode aumentar o número de soluções alternativas a serem estudadas, permitindo o estudo de situações que se tornariam impraticáveis em técnicas analíticas (TRB, 2000). Além disso, de acordo com CHUNG (2004) a simulação permite verificar como um sistema realmente funciona (que pode ser diferente de como pensa-se que ele funciona), e é um processo realizado em tempo comprimido, ou seja, permite verificar processos que levam meses ou anos para ocorrer em poucos minutos.

A simulação, porém, não é garantia de sistemas otimizados, já que a ela é apenas descritiva, ou seja, informa o que aconteceria sob dadas condições e não como organizar as condições para fazer com que o sistema se porte de maneira ótima (TRICK, 1995). Os resultados podem ser difíceis de interpretar, e o tempo de simulação pode tornar quase impossível sua implementação, dependendo da quantidade de detalhes inseridos na sua programação (CHUNG, 2004).

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que seja possível o envio da informação do tempo de viagem para os motoristas, é necessário que sejam realizados estudos de alocação de tráfego, para que se saiba como os veículos irão se distribuir nas vias. Existem vários métodos de realizar a alocação de veículos, que seguem o Primeiro Princípio de Wardrop, que diz que o motorista busca minimizar seu tempo de viagem, e assim, o tráfego se distribuirá buscando alcançar este objetivo, ou seja, em rotas de menor tempo. O tempo de viagem entre um par de origem/destino é calculado através utilização de funções de desempenho, que calculam o tempo de viagem entre um par de origem/destino e, dentre estas, a mais utilizada para realizar este cálculo é a desenvolvida pelo BPR.

A função de desempenho do BPR modificada (em que é possível alterar os valores das constantes α e β) foi utilizada para o cálculo dos tempos de viagem no procedimento desenvolvido, e a simulação foi a técnica escolhida para a criação de um protótipo computacional baseado nesse procedimento, que será detalhado a seguir.

6. PROCEDIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE UM SERVIÇO DE INFORMAÇÃO SOBRE AS CONDIÇÕES DO TRÁFEGO

6.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se o detalhamento do procedimento para criação do protótipo para informação sobre o tempo de viagem ao usuário, visando o gerenciamento da demanda de tráfego em tempo real.

Este procedimento e conseqüentemente o protótipo foram desenvolvidos para serem aplicados a corredores de transporte que possuem sistema de captação de dados e PMVs para fornecer informações ao usuário. A captação de dados deve estar presente na via (ou rota) principal em pelo menos um ponto após o ponto de desvio para a via (ou rota) alternativa e, dependendo da presença ou não de um segundo ponto de captação, o problema será tratado de diferentes formas.

Caso a captação esteja presente apenas na via principal e após o desvio (FIG. 6.1a), deverá ser realizada uma pesquisa de volume de tráfego antes do desvio, para que se saiba a quantidade média de veículos que trafegam normalmente na via. Com isso, pode-se estimar a quantidade de veículos que aceitam a informação e mudam para a rota alternativa.

Caso existam dois pontos de captação de dados na via principal, um antes e outro depois do desvio (FIG. 6.1b), o número de veículos que tomam a via alternativa será sempre conhecido, não sendo necessária pesquisa de tráfego na via antes do desvio. As duas formas de captação de dados estão resumidas na FIG. 6.1.

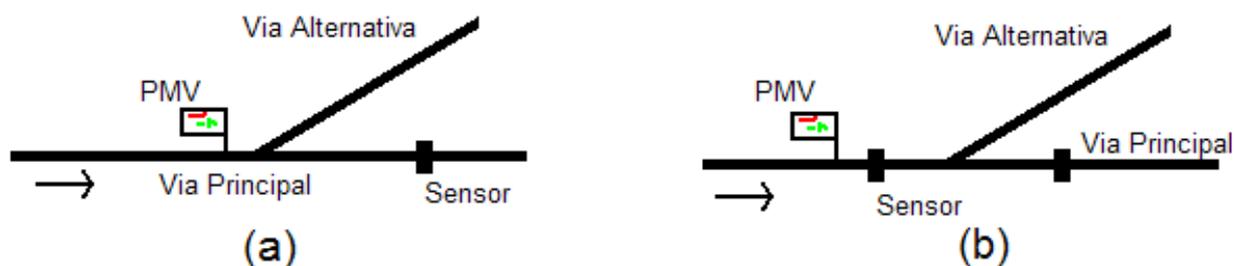


FIG. 6.1: Esquema de captura de dados do tráfego

Preferencialmente devem existir dados históricos do fluxo de tráfego na via alternativa, obtidos através de pesquisas volumétricas. Esses dados devem ser utilizados para determinar o volume de tráfego que ocupa a rota alternativa sem o desvio de veículos da rota principal, e assim determinar o custo básico dessa rota, além de poder ser utilizada para medir a eficiência da informação transmitida, ao comparar o valor inicial de veículos que utilizam a rota alternativa com o número que a utiliza depois da implementação do PMV.

É desejável que não haja outras interseções entre a saída da rota principal para a rota alternativa, ou que estas sejam apenas de vias locais, para que não haja grandes variações entre os volumes de entrada e saída dos *links* principais.

6.2 ESTRUTURA DO PROCEDIMENTO

Um sistema que disponibilize informação ao usuário sobre as condições de tráfego urbano, a partir dos dados dos sistemas de controle associado a um processo de simulação, deve seguir alguns passos principais.

O primeiro passo é de escolha das rotas em que será implantado esse sistema. Essa escolha deverá ser feita com base em um estudo que indique a existência de uma rota alternativa a uma via que já está alcançando o limite de sua utilização, principalmente na hora de pico. Essa rota alternativa deve ser de fácil interpretação para o usuário, ou seja, deve poder ser feita através de um número pequeno de diferentes vias, preferencialmente apenas uma, e que esta não seja local. Outra recomendação é que a rota alternativa deve ter uma extensão ou tempo de percurso

relativamente próximo ao da via principal, para encorajar o motorista a trocar de rotas.

O Painel de Mensagem Variável deve ser instalado a uma distância tal do desvio que permita que o motorista tenha tempo de decidir, com segurança, qual rota tomar.

A FIG. 6.2 mostra o fluxograma do programa, seguida de explicações sobre seu funcionamento.

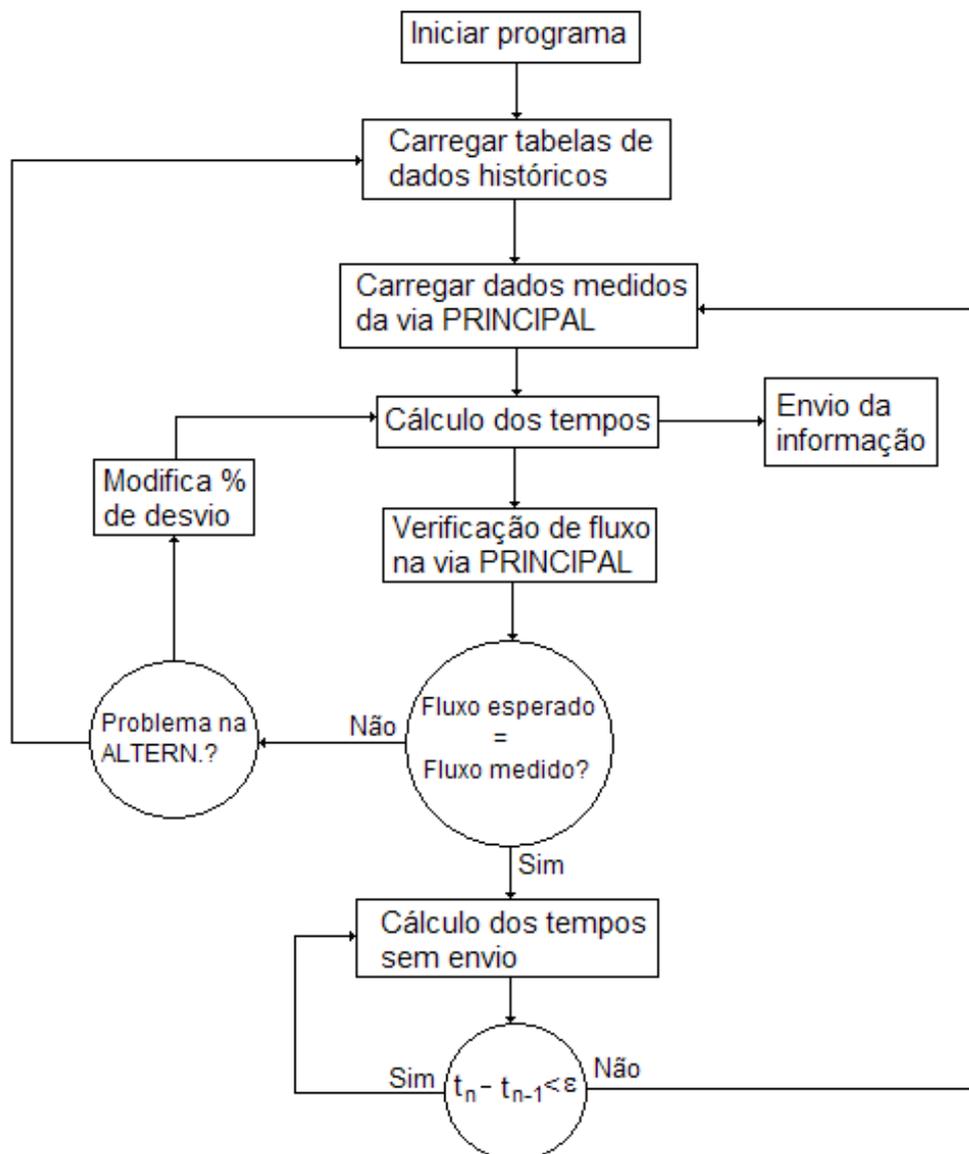


FIG. 6.2: Fluxograma do Procedimento

1. Iniciar programa

Na entrada do programa é feita a inicialização das variáveis internas do programa e das constantes das vias PRINCIPAL e ALTERNATIVA definidas pelo usuário, que são:

- **Capacidade** – a capacidade das duas vias deve ser conhecida, em veículos por hora;
- **Tempo de fluxo livre** – o tempo de fluxo livre, em minutos, pode ser conhecido ou calculado. Neste último caso são necessários conhecimento sobre a extensão da via em metros e velocidade de fluxo livre (ou de projeto) em quilômetros por hora;
- **Função de desempenho** – existem três funções de desempenho pré-definidas (BPR usual, *freeways* e rodovias de múltiplas faixas), determinadas para velocidades de projeto de 80km/h, além de uma outra opção para o operador inserir a sua própria função de desempenho;
- **Porcentagem máxima de desvio** – esta opção tem como objetivo informar ao programa a quantidade máxima de veículos, em porcentagem, que aceitarão a informação e trocarão de via. O valor padrão escolhido foi de 30%, mas estudos mostram que esta porcentagem pode variar muito de local para local, entre 20% e 50%, dependendo de suas características;
- **Intervalo mínimo de envio** – o operador deve indicar o intervalo mínimo entre tempos de viagem calculado em cada iteração a ser enviado ao motorista. O valor padrão é de 2 minutos; assim, a cada variação de dois minutos no tempo de viagem da via principal, haverá o envio de nova informação. Isso tem o objetivo de evitar confundir o motorista com duas informações muito parecidas, além de diminuir o tempo de processamento.

2. Carregar dados históricos das vias ALTERNATIVA e PRINCIPAL (tabela de volume/período de tempo)

Nesse passo são carregados os dados históricos da tabela de volume de tráfego, tanto da via ALTERNATIVA quanto da via PRINCIPAL. Os dados carregados serão utilizados para que se tenha uma estimativa sobre o número de veículos que estariam passando em cada via caso não houvesse nenhum tipo de informação disponível ao usuário, ou seja, o PMV não estivesse instalado na via. Além disso, no caso da via PRINCIPAL, esses dados serão comparados com o número real de veículos, obtendo assim uma estimativa do número de veículos que aceitaram a informação e trocaram de rota.

3. Carregar dados recebidos da via PRINCIPAL

No terceiro passo são recebidos os dados captados automaticamente da via PRINCIPAL, através de tecnologias de captação de dados como laços de indução instalados na via. Esses dados devem estar separados em intervalos pequenos de tempo, por exemplo, de 5 em 5 minutos e serão utilizados no cálculo do tempo de viagem desta rota (passo 4) e na verificação do fluxo (passo 6). Quanto menor o intervalo de tempo entre dois intervalos subseqüentes, maior a precisão do sistema, já que os tempos serão recalculados mais freqüentemente. Os dados utilizados nesse programa devem estar em formato Microsoft Excel (.xls), em uma tabela contendo os dados de volume na primeira coluna da planilha.

4. Cálculo dos tempos de viagem em cada via (PRINCIPAL e ALTERNATIVA) e envio das informações

Após o recebimento dos dados de volume, é feito o cálculo dos tempos de viagem nas duas vias utilizando a equação do BPR modificada, mostrada na EQ. 5.7 e repetida abaixo:

$$t(f) = t_f \left[1 + \alpha \left(\frac{f}{f_{\max}} \right)^\beta \right] \quad (\text{EQ. 6.1})$$

O usuário tem a opção de escolher as constantes α e β entre três opções pré-definidas: *BPR usual* (0,15 e 4, respectivamente), *Múltiplas Faixas* (0,71 e 2,1, respectivamente) ou *Freeway* (0,83 e 5,5 respectivamente), de acordo com a TAB. 5.2, considerando velocidade de fluxo livre de 80km/h ou ainda informar suas próprias constantes α e β , selecionando a opção *Própria*.

O tempo de fluxo livre e a capacidade da via foram informados pelo operador durante o primeiro passo. O fluxo de veículos, para a via PRINCIPAL é o captado no passo 3, enquanto o fluxo da via ALTERNATIVA é o recebido através da tabela do passo 2 e somado ao fluxo desviado da via PRINCIPAL. Deve-se lembrar que no primeiro cálculo após o início do programa não há fluxo desviado, portanto esse valor é zero. Nos cálculos posteriores é utilizado o fluxo desviado no passo anterior. Assim, por exemplo, durante a quarta iteração, ao fluxo histórico da via ALTERNATIVA é somado o fluxo desviado da PRINCIPAL na terceira iteração durante o cálculo do tempo de viagem.

5. Informação do tempo de viagem

O tempo de viagem calculado no passo 4 é então enviado para o usuário, através de Painéis de Mensagem Variável e outras técnicas de TDM, como serviços *on-line*. Além disso, são enviadas informações para o operador sobre

o volume de veículos real da via PRINCIPAL (veículos que passaram sobre o laço), volume histórico das duas vias (retirado das tabelas) e volume desviado (calculado no passo 6).

6. Determinação do fluxo esperado na via PRINCIPAL

Nesse passo é determinado o fluxo esperado na via PRINCIPAL, dado pelo fluxo histórico subtraído dos veículos desviados, que depois será comparado ao fluxo real de veículos, para que se saiba se o tempo informado ao usuário está consistente com a realidade. O fluxo de veículos desviados é calculado através de uma equação da reta, em que, a partir do valor de diferença de tempos de viagem entre a rota PRINCIPAL e ALTERNATIVA, verifica-se a porcentagem média normalizada (entre zero e um) de veículos que aceitarão a informação e trocarão de rota, até que uma dada diferença seja alcançada, a partir da qual, a porcentagem de veículos que trocarão de rota ficará constante (a porcentagem máxima de veículos que aceitam a informação foi informada no passo de inicialização do sistema). Esse valor é normalizado entre zero e um porque a porcentagem “real” será influenciada pela porcentagem máxima de desvio definida pelo operador. Assim, se o operador indica uma porcentagem máxima de desvio de 30%, quando a porcentagem normalizada for igual a um, significa que 30% dos veículos, em média, trocam de rota e quando ela for 0,5 significa que aproximadamente metade dos veículos, ou 15%, trocam de rota. A reta utilizada no programa é mostrada na FIG. 6.3:

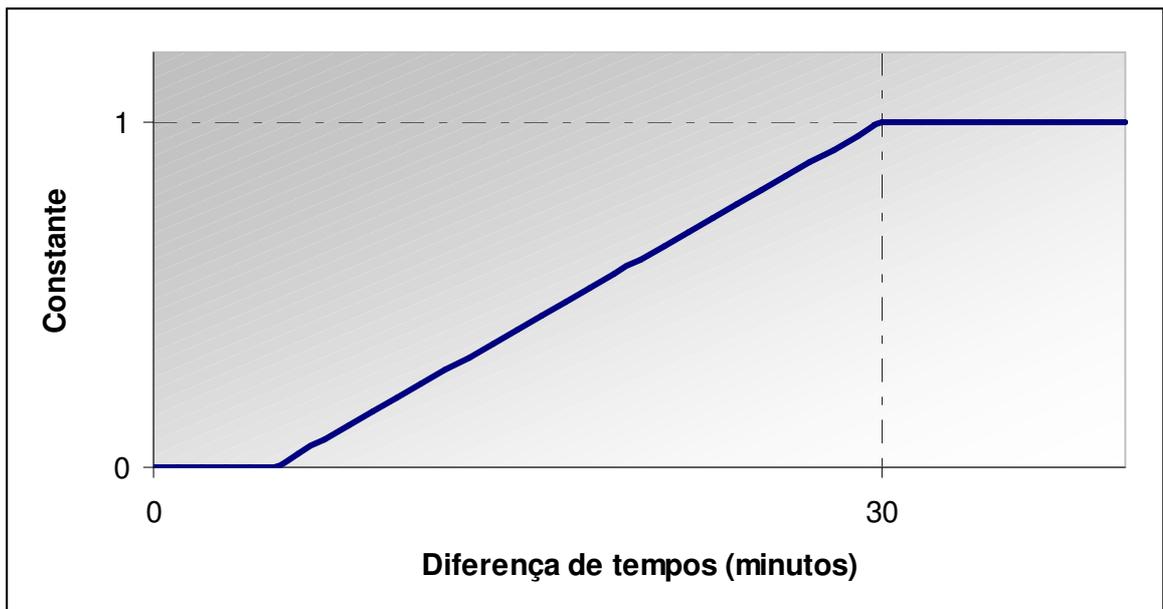


FIG. 6.3: Exemplo de reta de ajuste

Nesse exemplo, os motoristas começam a aceitar a informação apenas quando a diferença de tempo entre as rotas é maior que 5 minutos, ou seja, com uma diferença entre zero e 5 minutos nenhum veículo irá trocar de rota, já que foi considerado que essa diferença é muito pequena para incentivar os motoristas a tomarem outro caminho diferente do usual. Entre 5 e 30 minutos, o número médio de veículos que tomam o caminho alternativo segue a equação da reta dada pela EQ. 6.2:

$$y(x) = 0,04x - 0,2 \quad (\text{EQ. 6.2})$$

sendo:

$y \rightarrow$ o valor da porcentagem média de desvio (normalizada)

$x \rightarrow$ a diferença de tempos de viagem em minutos.

O valor de 30 minutos foi escolhido empiricamente, considerando que, com essa diferença, todos os usuários que fariam a troca de rotas, já a fizeram. Assim, os motoristas que continuam na rota principal a partir dessa diferença de tempos são aqueles que não tomarão outra rota em nenhuma hipótese,

seja porque não conhecem outros caminhos, seja porque seu destino se encontra naquela via. Desse modo, a partir de 30 minutos de diferença de tempos, o número médio de motoristas que fazem o desvio permanece constante, sendo este valor definido pelo operador, na inicialização do programa. Esse número é definido, em porcentagem, de acordo com pesquisas realizadas na região da instalação dos equipamentos (por exemplo, na cidade). Para o modelo inicial, a porcentagem escolhida foi de 30%, já que, de acordo com pesquisas realizadas em diferentes partes do mundo (EMMERINK, *et. al.* (1996), MV2, apud. CHATTERJEE, *et. al.*, 2002, CHATTERJEE, *et. al.*, 2002) esse valor pode variar em torno do valor utilizado nesse procedimento. Deve-se ter em mente que a porcentagem de veículos que aceitam a informação varia de acordo com vários aspectos, como a exatidão das informações transmitidas, seu detalhamento, incluindo tempo de viagem e alternativas, e conhecimento da natureza do evento, além das ações que estão sendo tomadas no caso de incidentes (LEVINSON & HUO, 2003).

Esta equação da reta foi escolhida apenas como o exemplo inicial do programa, já que devem ser realizados estudos específicos para cada localidade para que se saiba qual a diferença de tempos mínima a partir da qual o motorista aceitará a informação, além da porcentagem máxima de desvio.

Essa reta é, porém, uma indicação da porcentagem *média* de desvio. Para incluir uma variação aleatória ao sistema, todos os veículos que cruzam o sensor recebem um número aleatório, que é comparado com o valor da porcentagem média encontrado através da equação dada acima. Caso o número aleatório gerado seja menor que o valor da porcentagem média, o veículo aceitou a informação e troca de rota; caso contrário, considera-se que ele permanece na rota PRINCIPAL. Assim, se o valor resultante do cálculo da equação for o valor total de veículos que trocam de rota é então conhecido, e utilizado para calcular o tempo de viagem da via ALTERNATIVA da próxima iteração.

7. Comparação do fluxo na via PRINCIPAL

Nesse passo, é verificado se o fluxo medido na PRINCIPAL é igual ou próximo ao fluxo esperado (fluxo histórico subtraído dos veículos desviados), para que se saiba se o tempo informado ao usuário está consistente com a realidade. Essa verificação é realizada comparando-se os dois fluxos. Caso a diferença seja maior que um valor de erro aceitável (para o protótipo foi escolhido como dez por cento, que foi considerado como um valor admissível de erro), deve-se verificar se há algum problema na alternativa ou se o desvio não foi o esperado porque a porcentagem de desvio foi diferente da esperada (passo seguinte). Se a diferença está dentro do esperado (ou seja, se o fluxo esperado estiver entre 90% e 110% do fluxo real) o programa capta novamente os dados da via PRINCIPAL e recalcula o fluxo (passo 10).

8. Verificação de problema na alternativa

Caso o fluxo verificado no passo anterior não esteja dentro do previsto, deve-se conferir se há algum problema que esteja modificando a capacidade na via ALTERNATIVA. Essa verificação deve ser feita de forma manual, já que não há nenhum sensor nessa via. Caso haja algum problema, o operador indica ao programa ao ativar a tecla "*Problema na Alternativa*", na tela do programa, e deve inserir a nova capacidade da via ALTERNATIVA, fazendo o programa retornar ao passo 1; caso contrário, ou seja, se não há problemas de capacidade na rota, o programa vai automaticamente modificar a porcentagem de desvio (passo 9).

9. Modificação da porcentagem de desvio

Caso não haja problema de redução da capacidade na via alternativa, a porcentagem de desvio assumida no passo 6 está incorreta, e, assim, deve-se modificar a porcentagem de desvio para um valor mais próximo do correto,

e voltando ao passo 4. Neste protótipo escolheu-se utilizar o volume real de veículos que passou pelo sensor.

10. Cálculo do tempo de viagem da principal

O novo cálculo das informações é feito apenas se a verificação do fluxo na via PRINCIPAL realizada no passo 7 for igual ou próximo ao previsto, ou seja, caso o volume de veículos na via PRINCIPAL possuir uma diferença menor que dez por cento do valor previsto. Assim, o programa captura novamente os dados medidos da via PRINCIPAL através de laços de indução e recalcula seu tempo de viagem, sem envio. Isso é feito para que não seja necessário captar novamente os dados históricos das duas vias, além de evitar enviar ao usuário duas informações de valores muito próximos, como por exemplo com uma variação menor que um minuto, o que pode confundi-lo.

11. Verificação da variação do tempo de viagem

Para evitar enviar informações com uma variação muito pequena entre uma iteração e outra, que pode confundir o motorista, esse passo fica monitorando a diferença entre os tempos de viagem atual (t_n) e no passo anterior (t_{n-1}) na via PRINCIPAL, comparando-o com um valor mínimo (ϵ), determinado durante a inicialização do programa (o valor padrão é de dois minutos). Se $t_n - t_{n-1} < \epsilon$, o programa apenas refaz o cálculo, voltando no passo anterior, sem enviar a informação ao motorista. Caso contrário, volta-se ao passo 3, retornando ao cálculo e envio normal de informação.

O protótipo deve continuar a analisar os dados a cada intervalo de tempo pré-definido (por exemplo, a cada cinco minutos), ou até que o operador aperte o botão de finalizar o programa.

6.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi desenvolvido em linguagem MATLAB, que foi escolhida por ser uma linguagem que pode se adequar a várias áreas de conhecimento, inclusive a de Engenharia de Transportes, e é relativamente fácil de manipular, mas ao mesmo tempo possibilita uma interação fácil com o usuário do programa finalizado. O código-fonte do programa está no APÊNDICE 9.1.

O protótipo segue os passos definidos durante a criação do procedimento, recebendo a informação do tráfego em tempo real a partir da catação de dados através de laços de indução. Ao iniciar o programa, tem-se a tela apresentada na FIG. 6.4.

Tempo de viagem em duas rotas

Características das vias

PRINCIPAL

Capacidade: 0 ve/h

Tfl: 0 min

Tfl calculado

ALTERNATIVA

Capacidade: 0 ve/h

Tfl: 0 min

Tfl calculado

Calculo do Tfl

PRINCIPAL

Extensao: 0 km

Vfl: 0 km/h

ALTERNATIVA

Extensao: 0 km

Vfl: 0 km/h

OK

Funcao de desempenho

PRINCIPAL

BPR: [dropdown]

alfa: 0.15

beta: 4

ALTERNATIVA

BPR: [dropdown]

alfa: 0.15

beta: 4

Porcentagem maxima de desvio: 30 %

Intervalo minimo de envio: 2 minuto(s)

Problema na ALTERNATIVA

Iniciar programa

Finalizar programa

Volumes atual e historicos

PRINCIPAL (real)	0	ve/h
PRINCIPAL (historico)	0	ve/h
ALTERNATIVA (historico)	0	ve/h
Desviados	0	ve/h

Panel

Painel de Mensagem Variavel

Via PRINCIPAL	0	minutos
Via ALTERNATIVA	0	minutos

FIG. 6.4: Tela do protótipo

Na parte superior da tela, devem ser colocados os dados iniciais. No canto superior esquerdo, deve-se colocar as características da via, que são a capacidade

e o tempo de fluxo livre, que, se não for conhecido, pode ser calculado através do quadro “Cálculo do Tfl”, devendo ser fornecido a extensão da rota e sua velocidade de fluxo livre. No canto superior direito estão os campos para informar a função de desempenho utilizada, a porcentagem máxima de desvio possível entre as rotas e o intervalo mínimo de diferença de tempo na via principal para haver envio de informações.

Na parte inferior estão os dados de saída, que são os tempos de viagem em cada uma das rotas, além de informações úteis para o operador do sistema, como os volumes real e histórico da via PRINCIPAL, o volume histórico da via ALTERNATIVA e o número de veículos desviados.

6.4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Como exemplo de aplicação, foram utilizados valores de volume de tráfego das rodovias Bandeirantes e Anhangüera, no Estado de São Paulo, fornecidos pela concessionária das rodovias, AutoBAN.

O sistema Anhangüera-Bandeirantes liga a cidade de São Paulo ao interior, passando por importantes cidades paulistas, como Campinas e Jundiaí, como mostra a FIG. 6.5.

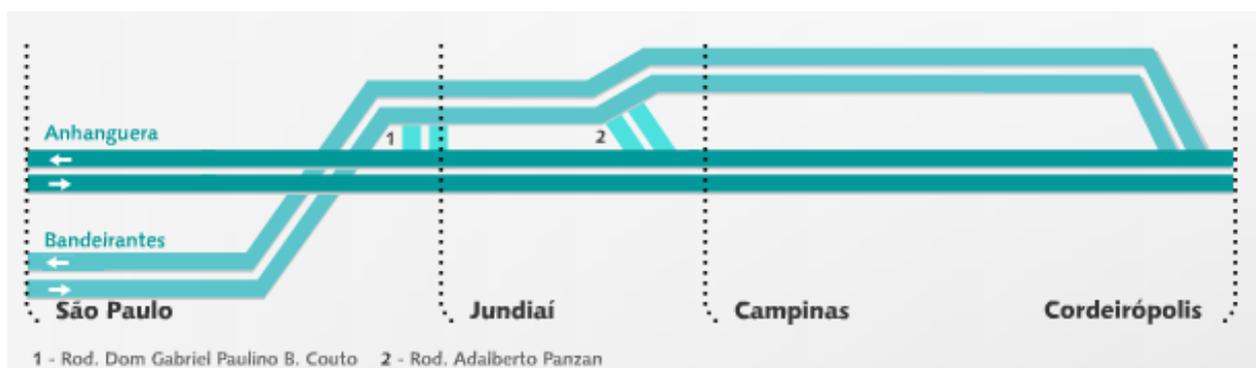


FIG. 6.5: Sistema Bandeirantes-Anhangüera

A rodovia Bandeirantes possui 160 km de extensão, e pode ser considerada uma *freeway*, pois tem controle total de acessos. A rodovia Anhangüera possui 147 km de extensão e foi considerada como uma rodovia de múltiplas faixas.

As duas rodovias possuem sensores para captação de dados, mas, para a aplicação do protótipo, considerou-se que apenas a principal (escolhida a Rodovia Anhangüera) possuía laços de indução.

Os dados utilizados para o exemplo referem-se ao mês de agosto de 2006, no sensor localizado no quilômetro 131 da Rodovia Bandeirantes, sentido sul e no quilômetro 132 da Rodovia Anhangüera.

Os dados históricos de cada rodovia foram obtidos fazendo-se a média horária em todo o período dos dados (mês de agosto de 2006), exceto o último dia, que foi utilizado como o período em que o programa foi rodado. As tabelas completas estão nos Anexos 10.1 e 10.2.

Os valores iniciais do programa estão na TAB. 6.1:

TAB. 6.1 - Características das vias

	PRINCIPAL	ALTERNATIVA
Capacidade (vei/h)	3000	2900
Tempo de fluxo livre (min)	20	-
Extensão (km)	*	20
Velocidade de fluxo livre (km/h)	*	80
Função de desempenho	Múltiplas faixas	<i>Freeway</i>
Porc. máxima de desvio (%)	30	-
Intervalo mínimo (min)	2	-

*Não há necessidade desses valores, pois o tempo de fluxo livre já foi dado

A seguir, monta-se um passo a passo de como inserir dados no protótipo. As letras de 'a' a 'e', representam o passo 1 do fluxograma, de entrada de dados.

- a) Inserir valores de capacidade e tempo de fluxo livre para a via PRINCIPAL, que são 3000 vei/h e 20 minutos, respectivamente.

Prototipo

Tempo de viagem em duas

Características das vias

PRINCIPAL

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

ALTERNATIVA

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

Calculo do Tfl

PRINCIPAL

Extensao km

Vfl km/h

ALTERNATIVA

Extensao km

Vfl km/h

FIG. 6.6: Exemplo de colocação de dados - Via PRINCIPAL

- b) Inserir valores de capacidade para a via ALTERNATIVA, que é de 2900 ve/h. O tempo de fluxo livre para a via ALTERNATIVA é calculado, e por isso seleciona-se a caixa abaixo dos dados:

Prototipo

Tempo de viagem em duas

Características das vias

PRINCIPAL

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

ALTERNATIVA

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

Calculo do Tfl

PRINCIPAL

Extensao km

Vfl km/h

ALTERNATIVA

Extensao km

Vfl km/h

FIG. 6.7: Exemplo de colocação de dados - Via ALTERNATIVA

- c) Inserir os dados de extensão e velocidade de fluxo livre da via para cálculo do tempo de fluxo livre, que são 20 quilômetros e 80 km/h, respectivamente. Ao pressionar o botão OK, o valor de Tfl é automaticamente calculado (círculo verde)

Prototipo

Tempo de viagem em dua

Características das vias

PRINCIPAL

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

ALTERNATIVA

Capacidade ve/h

Tfl min

Tfl calculado

Calculo do Tfl

PRINCIPAL

Extensao km

Vfl km/h

ALTERNATIVA

Extensao km

Vfl km/h

FIG. 6.8: Exemplo de colocação de dados - Cálculo do Tfl

- d) Escolher a função de desempenho de cada uma das vias. A via PRINCIPAL é uma via de múltiplas faixas ($\alpha = 0,72$ e $\beta = 2,11$, em vermelho, ver TAB 5.2), enquanto a via ALTERNATIVA é uma *freeway* ($\alpha = 0,83$ e $\beta = 5,5$, em verde, ver TAB 5.2)

Cálculo de viagem em duas rotas

Calculo do Tfl

PRINCIPAL

Extensao km

Vfl km/h

ALTERNATIVA

Extensao km

Vfl km/h

Funcao de desempenho

PRINCIPAL

alfa

beta

ALTERNATIVA

alfa

beta

FIG. 6.9: Exemplo de colocação de dados - Função de desempenho

- e) Escolha da porcentagem máxima de desvio (escolhida em 30%) e do intervalo mínimo de diferença de tempos (escolhido em 2 minutos)

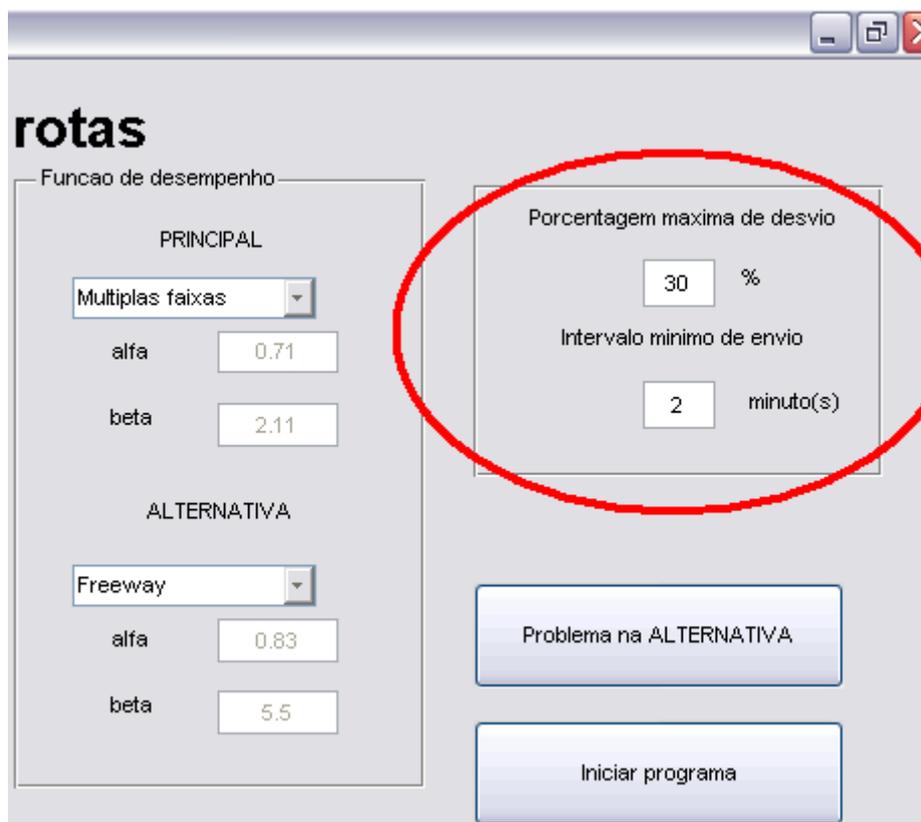


FIG. 6.10: Exemplo de colocação de dados - Porcentagem de desvio e intervalo mínimo

- f) Após a inserção dos dados iniciais, pressiona-se o botão Iniciar Programa
- g) No passo 2, o programa carrega os dados históricos das vias PRINCIPAL e ALTERNATIVA, que devem estar em formato tabela de dados, como na TAB. 6.2.

TAB. 6.2 - Exemplo de dados de entrada

Data e Hora	Volume de todos os veículos
31/8/2006 23:00	138
31/8/2006 22:00	216
31/8/2006 21:00	262
31/8/2006 20:00	387
31/8/2006 19:00	564
31/8/2006 18:00	570
31/8/2006 17:00	493
31/8/2006 16:00	507
31/8/2006 15:00	483
31/8/2006 14:00	427

31/8/2006 13:00	438
31/8/2006 12:00	420

- h) O programa deve então buscar os dados em tempo real capturados da via PRINCIPAL (ver passo 3).
- i) Com os dados carregados, é feito o cálculo dos tempos, que, de acordo com o passo 4, é realizado utilizando a EQ. 6.1 com os parâmetros α e β indicados no passo 1 do procedimento (letra 'd' do exemplo). No exemplo, os parâmetros utilizados para a via PRINCIPAL (Anhangüera) foram os de uma rodovia de múltiplas faixas ($\alpha = 0,72$ e $\beta = 2,11$), enquanto para a via ALTERNATIVA (Bandeirantes) foi o de *freeway* ($\alpha = 0,83$ e $\beta = 5,5$).
- j) Após o cálculo dos primeiros tempos, o programa vai ao passo 5, onde são informados os volumes histórico da via ALTERNATIVA e histórico e real da via PRINCIPAL, além do volume desviado (que, na primeira iteração, é zero)

Volumes atual e históricos		
PRINCIPAL (real)	1199	vei/h
PRINCIPAL (historico)	1065	vei/h
ALTERNATIVA (historico)	332	vei/h
Desviados	0	vei/h

Painel de Mensagem Variavel		
Via PRINCIPAL	22	minutos
Via ALTERNATIVA	19	minutos

FIG. 6.11: Saída de dados - Primeira iteração

- l) É feita então a verificação do fluxo esperado (passos 6 e 7). Nessa iteração, há uma diferença maior que 10% entre o volume real e histórico na via PRINCIPAL. Por isso, o programa verifica se houve algum problema na alternativa (passo 8). Como não houve, a porcentagem de desvio é modificada e o cálculo dos tempos é refeito.

m) Na terceira iteração, a diferença de tempo entre as duas vias foi maior que 5 minutos e assim considera-se que haja um desvio de veículos entre as duas rotas (passo 6 do fluxograma).

Volumes atual e históricos		
PRINCIPAL (real)	3297	vei/h
PRINCIPAL (historico)	2788	vei/h
ALTERNATIVA (historico)	1502	vei/h
Desviados	151	vei/h

Painel de Mensagem Variavel		
Via PRINCIPAL	29	minutos
Via ALTERNATIVA	19	minutos

FIG. 6.12: Saída de dados - Terceira iteração

Como a diferença de tempos é de 10 minutos, tem-se a porcentagem normalizada de desvio de 0,2 (FIG. 6.3). Como a porcentagem máxima de desvio é de 30%, o valor da porcentagem média de desvio real é de 6% ($0,2 * 30\%$). O valor médio de desvio da via PRINCIPAL é, então, $3297 * 0,06 = 197$ veículos. Como cada veículo deve passar por uma checagem, para inserir uma aleatoriedade no sistema, o valor final encontrado foi de 151 veículos, valor 24% abaixo do esperado.

n) Caso tenha havido algum problema na via alternativa (passo 8), o operador do programa seleciona a tecla correspondente, localizada no canto direito da tela do programa, e muda a capacidade da via, voltando a pressionar o botão, que agora se chama “Nova Capacidade”. O programa, então, volta ao passo 2 e recarrega as tabelas de dados.

FIG. 6.13: Problema na alternativa

- o) Para sair do programa, deve-se pressionar o botão “Finalizar Programa”, localizado no canto inferior direito.

Como a tabela de volumes obtida é finita, o programa realiza apenas 24 iterações, informando o tempo em todas aquelas em que a diferença entre o tempo atual e o anterior for maior que dois minutos.

Com a construção do protótipo, viu-se que a proposta dada pelo fluxograma é viável, e que este pode ser de grande ajuda para a tomada de decisão do motorista e para o melhoramento do tráfego dos principais corredores viários de uma grande cidade.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

A quantidade de veículos que trafega atualmente nas grandes cidades implica em grandes congestionamentos nas principais vias, trazendo problemas para a movimentação de pessoas, além de um aumento da poluição ambiental, o que acarreta uma queda na sua qualidade de vida.

Este trabalho foi elaborado para ajudar na redução desses problemas. Assim, foram estudadas diferentes técnicas de Gerenciamento da Demanda de Tráfego, (TDM). Verificou-se que as técnicas tradicionais, desenvolvidas nas décadas de 1970 e 1980 visavam diminuir os problemas causados pelas viagens pendulares, induzindo o motorista a mudar seu comportamento de viagens, ficando vulnerável às suas vontades. Dentre estas técnicas destacam-se os arranjos alternativos de trabalho, o *park & ride* e o *ridesharing*. As atuais técnicas de TDM já são baseadas em informar o usuário sobre as condições do tráfego, e deixá-lo com a possibilidade da escolha, especialmente com relação às rotas utilizadas. Assim, na medida em que o motorista é avisado sobre a situação de congestionamento do tráfego, espera-se que ele mude seu itinerário ou horário de viagem, de acordo com a sua preferência.

Visando as técnicas atuais, foram estudados os Sistemas Inteligentes de Transportes, que ao ajudar a monitorar e gerenciar o fluxo de tráfego servem como base para a utilização ideal das técnicas modernas de TDM, como os Painéis de Mensagem Variável, serviços *on-line* e de televisão, que dependem de uma informação rápida e atualizada das condições de tráfego. Por fim, foram estudadas técnicas de captação de dados, que são indispensáveis para que se tenha informação em tempo real, principalmente de volume, das vias.

As técnicas de alocação de tráfego, estáticas (que não levam em consideração a variação do volume no tempo) e dinâmicas (que incluem essa variação no cálculo do tempo), além de algumas equações utilizadas para calcular o tempo de viagem entre

dois pontos de uma rota constituem a base para o desenvolvimento do protótipo. A equação do BPR (original e modificada) foi utilizada para o cálculo do tempo no protótipo por ser a mais usada por outros trabalhos.

Após esses estudos, foi desenvolvido um procedimento que gerou um protótipo de um sistema que informe ao usuário o tempo de viagem em duas rotas que possuam aproximadamente as mesmas características entre dois pontos. Esse sistema possui alguns pré-requisitos, como a presença de alguma tecnologia de captação de dados em tempo real em um ponto situado na via considerada principal, após o ponto de desvio (podendo existir, para maior eficiência do sistema, um outro ponto de captação em um local anterior ao desvio), além de um sistema de informação ao usuário, como um Painel de Mensagem Variável situado em um ponto não muito distante do desvio, para que o usuário tenha tempo de receber a informação do tempo de viagem e tomar sua decisão.

Após a entrada dos dados iniciais, o programa recebe o volume de veículos medido através da captação de dados, por meio de uma planilha e os processa utilizando funções de desempenho para calcular o tempo de viagem em cada uma das vias, e por fim os informa ao motorista, podendo ser através de PMVs ou de sites na internet.

O protótipo tem como uma de suas características a verificação da consistência do tempo de viagem informado na iteração anterior ao comparar o volume de tráfego desviado medido no sistema ITS e o volume de veículos esperado que tomariam a via alternativa calculado através da função de desempenho.

Este protótipo pode vir a ser de grande auxílio para os planejadores de tráfego, já que esse sistema ajuda a reduzir a quantidade de congestionamentos na cidade, principalmente em locais que possuam outros caminhos possíveis diferentes do usual, ao dar a opção de escolha de rotas ao usuário a partir de dados reais de tráfego.

Outra vantagem deste protótipo é sua facilidade de utilização, já que para o seu funcionamento é necessário, além de informações referentes às características das vias, como capacidade e tempo de fluxo livre, apenas que os dados de volume estejam disponíveis em uma planilha de dados, em formato Microsoft Excel, formato quase universalmente utilizado.

Além disso, também pode vir a ser de grande ajuda para os usuários do sistema viário, já que, através da utilização da informação, poderá haver redução no tempo de viagem, o que resulta em aumento do tempo disponível para outras atividades, além de uma redução do *stress* e um aumento da qualidade de vida.

Deve-se observar, porém, que para o bom funcionamento do sistema, devem existir estudos recentes de tráfego para o local de implantação, além de estudos de comportamento do usuário em relação à aceitação de informações, além de terem que ser realizados estudos periódicos para indicar a confiabilidade do sistema, para que os usuários continuem a utilizá-lo.

7.2 RECOMENDAÇÕES

Para outros estudos relacionados ao assunto tratado nesta dissertação, propõe-se:

- Verificar a possibilidade de utilização de outras técnicas, como a *neuro-fuzzy* ou inteligência artificial para a determinação da quantidade de veículos que mudam de rota, verificando a forma da curva da porcentagem de veículos que aceitam a informação e trocam de rota, bem como a diferença de tempos mínima e quantidade de veículos máxima que mudam para a via alternativa.
- Utilizar um Sistema de Informação Geográfica para que possam ser mostradas as condições do tráfego em tempo real em um mapa das vias.
- Integrar outros sistemas a este protótipo, como o de informação automática de incidentes na via.
- Realizar uma integração direta entre o sistema de captação de dados e o protótipo, sem a necessidade da criação de uma planilha de dados para ser recebida pelo programa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

511.org, 2005. Disponível em: <http://www.511.org> (capturado em 12 de novembro de 2005)

511 DEPLOYMENT COALITION, 2005. Disponível em: <http://www.deploy511.org/> (capturado em 17 de novembro de 2005)

511 TRAVEL INFORMATION. **Implementation and Operational Guidelines for 511 Services**, 2005. Disponível em: <http://www.deploy511.org/docs/511%20Guidelines%20Version%203.0.pdf> (capturado em 18 de novembro de 2005)

AJISAWA, S., **Impacts on Traffic Congestion by Switching Routes and Shifting Departure Time of Trips**, 1998. Artigo apresentado no 5th World Congress Conference on ITS, Seul, Coréia do Sul. Resumo disponível on-line em: <http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/C98B5E59795D504485256A8B0053CFE9?OpenDocument&Query=Bapp> (capturado em 20 de março de 2006).

ANFAVEA - **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**, 2005. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br> (capturado em 18 de novembro de 2005)

BARBOSA, H. M., et. al. **Sistema de identificação de veículos por meio de laços de indução: um projeto integrado de ensino e desenvolvimento tecnológico**, XVIII ANPET, Anais, Florianópolis, 2004.

BARROS, P. L., FREIRE, R. C., BALASSIANO, R., **Serviços Diferenciados de Ônibus: Uma Análise Prospectiva para a Cidade do Rio de Janeiro**, XIX ANPET, Anais, Recife, 2005.

BEN-AKIVA, M., BIERLAIRE, M., KOUTSOPOULOS, H., MISHALANI, R., **DynaMIT: a simulation-based system for traffic prediction**, Artigo apresentado no DACCORD Short Term Forecasting Workshop, Delft, Países Baixos, 1998.

BRAND, Daniel, **Applying Benefit/Cost Analysis To Identify and Measure the Benefits of Intelligent Transport Systems**, Transportation Research Record, no. 1651, pag. 23-29.

CALTRANS, **2004 HOV Annual Report – District 7 Los Angeles and Ventura County**, 2005. Disponível on-line em www.dot.ca.gov/dist7 (capturado em 08 de abril de 2006)

CHATTERJEE, K., et. al., **Driver Response to Variable Message Sign Information in London**, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 10, Issue 2, 2002, pag. 149-169.

CHEN, O. J., **Integration of Dynamic Control and Assignment**, Boston, EUA, Dissertação de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology, 1998.

CHUNG, C. A., **Simulation Modeling Handbook: a practical approach**, CRC Press, EUA, 2004.

CLARK, H e BARLOW, S., **Traveler Information Services in Rural Tourism Areas - Appendix C: Observations at Tourist Interactions with Kiosks – Final Report**. 2000. Disponível on-line em: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov//JPODOCS/REPTS_TE/@3801!.PDF (capturado em 10 de abril de 2006).

DfT (DEPARTMENT FOR TRANSPORT) – UK, **Traffic Advisory Leaflet ITS 11/03**, 2003. Disponível em: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_roads/documents/page/dft_roads_032196.pdf (capturado em 18 de novembro de 2005)

DfT (DEPARTMENT FOR TRANSPORT) – UK – **Attitudes to Roads, Congestion and Congestion Charging**, 2004. Disponível on-line em http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstats/documents/page/dft_transstats_029806.hcsp (capturado em 20 de março de 2006)

EMMERINK, R. H.,M., et. al, **Variable Message Signs And Radio Traffic Information: An Integrated Empirical Analysis Of Drivers' Route Choice Behaviour**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 30, Issue 2, 1996, Pag. 135-153

ERTICO.COM, 2005. Disponível em: www.ertico.com (capturado em 12 de novembro de 2005).

ERTICO, **ITS EUROPE – Intelligent Transportation Systems and Services. ITS – Part of Everyone's Life**, 2002

ESPLUGUES, E. B., LÓPEZ V. R. T., **Evaluación de Sistemas Inteligentes de Transporte y de las Estrategias de Gestión de Tráfico**. CIT – VI Congreso de Ingeniería de Transportes, Anais, Barcelona, 2004.

FERRONATTO, Luciana G., **Potencial de Medidas de Gerenciamento da Demanda no Transporte Público Urbano por Ônibus**, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, Engenharia de Produção – UFRGS, 2002, Capítulo 3.

FHWA, **Freeway Management and Operations Handbook**, 2003. Disponível on-line em: http://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/freeway_mgmt_handbook/index.htm (capturado em 12 de maio de 2006)

FHWA, **Hotlines**, Disponível on-line em: <http://www.fhwa.dot.gov/reports/pittd/hotlines.htm> (capturado em 22 de março de 2006)

FHWA, **Managing Demand Through Travel Information Services**, 2004.
Disponível on-line em:
http://www.ops.fhwa.dot.gov/publications/manag_demand_tis/travelinfo.htm
(capturado em 15 de abril de 2006)

FHWA, **Metropolitan Model Deployment Initiative San Antonio Evaluation Report**, 2000. Disponível on-line em:
http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/jpodocs/repts_te/9xv01!.pdf (capturado em 08 de abril de 2006).

FHWA Office of Operations. **Travel Demand Management**, 2004. Disponível em:
http://ops.fhwa.dot.gov/aboutus/one_pagers/demand_mgmt.htm (capturado em 16 de março de 2006)

FRIEDRICH, M., HOFSAËß, I., NÖKEL, K., VORSTICH,P., **A Dynamic Traffic Assignment Method for Planning and Telematic Applications**, 2000. Proceedings of Seminar K, European Transport Conference, Cambridge, p.29-40.

HAMED, Mohammad M., ABDUL-HUSSAIN A. A., **Drivers' familiarity with urban route network layout in Amman, Jordan**, Cities, Issue 2, April 2001, pag.93-101.

HOWE-STEIGER,L., **Staying in the Loop**, Tech Transfer Newsletter, Fall 2001. Disponível on-line em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/newsletter/01-4/loop.php>

INFORM, **Traffic Cable TV Channel**, 2005. Disponível on-line em:
<http://informa.enterprise.prog.org/p86.html> (capturado em 17 de abril de 2006).

INGALLS, R. G., **Introduction to Simulation**, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002.

ITSA – ITS América, 2003. Disponível em <http://www.itsa.org> (capturado em 18 de outubro de 2005)

ITS DECISION, **Services and Technologies – Pre-Trip Information**, 2003. Disponível on-line em: http://www.calccit.org/itsdecision/serv_and_tech/Traveler_information/Pretrip/pretrip_summary.html. Capturado em 17 de abril de 2006.

ITS Joint Program Office – Disponível em <http://www.its.dot.gov/index.htm> (capturado em 17 de outubro de 2005).

KLEIN, L.A., **Sensor Technologies and Data Requirements for ITS**, Norwood, MA, Artech House Publishers, 2001.

KLEIN, L., KELLEY, M. **Detection Technology for IVHS: Final Report**, 1996 disponível on-line em <http://www.tfrc.gov/advanc/ivhs/title.htm> Capturado em 25 de junho de 2006.

LEVINSON, D, HUO, H – **Effectivness Evaluation of VMS Using Empirical Loop Detector Data**. Apresentado em: Transportation Research Board Conference, 2003, Washington, EUA.

LIN, S. S., **An Institutional Deployment Framework For Intelligent Transportation Systems**, Cambridge, EUA, Dissertação de Mestrado, MIT, 2003.

LOS ANGELES MTA, **Metro HOV: Overview**, 2006. Disponível on-line em: http://www.mta.net/projects_plans/HOV/default.htm#TopOfPage (capturado em 08 de abril de 2006)

LYONS, G., HARMAN R., **The UK public transport industry and provision of multi-modal traveler information**, International Journal of Transport Management, Volume 1, Issue 1 , 2002, Pag. 1-13.

MANNERING, F., KILARESKI, W., **Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis**, John Wiley & Sons, New York, EUA, 1998.

MAPLINK – Disponível em <http://www.maplink.com.br> (capturado em 17 de novembro de 2005).

MAYORA, J. M. P., **Diseño Centrado en el Usuario de Aplicaciones ITS para Mejora de la Movilidad y la Seguridad en el Transporte**. CIT – VI Congreso de Ingeniería de Transportes, Anais, Barcelona, 2004.

MARTIN, P. T., FENG, Y. **Detector Technology Evaluation**. Mountain Plains Consortium, 2003.

MATTHEW, V. T., **Transportation Network Design**, 2005. Disponível on-line em: <http://www.civil.iitb.ac.in/~vmtom/1-cwt/14-ce744/72-tassignment/tassignment/tassignment.html> (Capturado em 08 de agosto de 2006)

MEYER, M. D., MILLER, E. J., **Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach**, McGraw-Hill, 1984.

MIMBELA, L. E. Y., KLEIN, L. A., **A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies Used in Intelligent Transportation Systems**. Enviado para FHWA Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, EUA, 2000.

MIT LABORATORY FOR ENERGY AND THE ENVIRONMENT, **Worldwide Mobility: A Status Report and Challenges to Sustainability**, e-lab Research reports, Cambridge, EUA, 2002.

MESENES, H. B., **Interface Lógica em Ambiente para Base de Dados de Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego Urbano em Tempo Real**, Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

MnDOT, **Evaluation of Cable Access Television (CATV) as a Medium for Advanced Traveler Information Systems (ATIS)**, 2003. Disponível on-line em: <http://www.dot.state.mn.us/guidestar/catvfinaljune03.doc> (capturado em 10 de abril de 2006)

MnDOT, 2001, **Evaluation of Non-Intrusive Technologies for Traffic Detection – Volume One Report**. Preparado para FHWA, EUA, 2001

MnDOT, **Guidestar ATIS Evaluation**, 1998. Disponível on-line em: <http://www.dot.state.mn.us/guidestar/pdf/atisreport.pdf> (capturado em 10 de abril de 2006).

MONTEIRO, Paulo R. S., **Gestão de Tráfego com o Uso de Dispositivos Eletrônicos de Velocidade**, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2004.

NAKAMURA, K., KOCKELMAN, K. M., **Congestion Pricing and Roadspace Rationing: An Application to the San Francisco Bay Bridge Corridor**, paper enviado para o Transportation Research Board, 2000. Disponível online em http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB01BayBridgeCongestionPricing.pdf (capturado em 3 de abril de 2007)

NURIDE – Disponível em <http://www.nuride.com> (capturado em 28 de outubro de 2005)

OCARONA – Disponível em <http://www.ocarona.com.br> (capturado em 28 de outubro de 2005)

- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G., **Modelling Transport**, Wiley, 1990.
- PEREIRA, L. F., **Procedimento de Apoio ao Planejamento de Tráfego**, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2005.
- PORTUGAL, L. S., **Simulação de tráfego – Conceitos e Técnicas de Modelagem**, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2005.
- ROSE, Geoffrey; **Providing Premium Carpool Parking Using a Low-Tech ITS Initiative**, ITE Journal, Volume 72, Issue 7, 2002, Pag. 32-36.
- SAKA, A., AGBOH, D., **Assessment of the Impact of Electronic Toll Collection on Mobile Emissions in the Baltimore Metropolitan Area**, 81st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington. Resumo disponível on-line em: <http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/2A54E49709FE232D852570A7004590D8?OpenDocument> (capturado em 18 de março de 2006)
- SINGH, R., **Improved Speed-Flow Relationships: Application to Transportation Planning Models**, 7th TRB Conference on Application of Transportation Planning Methods. Boston, Massachusetts, 1999.
- SKARBADONIS, A., GALLAGHER, B. R., PATTEL, K. P., **Determining the Capacity Benefits of Real-Time Signal Control at an Intersection**, TRB 2001 Annual Meeting. Washington, EUA, 2001. Resumo disponível on-line em: <http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/ID/42419C3E5993E9CD852569EA0071D556> (capturado em 18 de março de 2006)
- SOOLMAN, S., RADIN, J, **Features of Traffic and Transit Internet Sites**, 2000. Disponível on-line em: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov//JPODOCS/REPTS_TE/9GN01!.PDF (capturado em 10 de abril de 2006).

- SPIESS, H., **Conical Volume-Delay Functions**, 1989. Disponível online em: <http://www.spiess.ch/emme2/archive/postscript/conic.pdf> (capturado em 3 de abril de 2007)
- SUNDARAM, S, **Development of a Dynamic Traffic Assignment System for a Short-Term Planning Applications**, Boston, EUA, Dissertação de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- TECH ENVIRONMENTAL, INC. **Air Quality Benefit Study of the SmarTraveler Advanced Traveler Information Service**, 1993. Resumo disponível on-line em: <http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/89C9F97102F630E7852569610051E25E?OpenDocument&Query=Bapp> (capturado em 20 de março de 2006)
- TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE, **Researcher Study Changeable Message Sign Format**, Texas Transportation Researcher, Vol. 37, No. 2, 2001, pag13.
- TRB, **Transit Cooperative Research Program Report 95 – Park-And-Ride/Pool**, 2004. Disponível on-line em: http://gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_95c3.pdf (acessado em 07 de abril de 2006)
- TRB, **Traffic Analysis Software Tools – Circular No E-C014**, National Research Council, Washington, EUA, 2000.
- TRICK, M. A., **An Introduction to Simulation**, 2005. Disponível on-line em: <http://mat.gsia.cmu.edu/simul/simul.html> (capturado em 18 de setembro de 2006).
- TURNER, S. M, *et al.*, **Using archived ITS data for sensitivity analyses in the estimation of mobile source emissions**, Texas Transportation Institute, College Station, 2000.

UNIVERSITY OF LEEDS, **Institute For Transport Studies**, 2005. Disponível em: <http://www.its.leeds.ac.uk> (capturado em 18 de novembro de 2005)

USDOT, **What Have We Learned About Intelligent Transportation Systems?**, Federal Highway Administration, Washington, EUA, 2000.

VDOT, **VDOT HOV Calculator**, 2003. Disponível on-line em: <http://www.hovcalculator.com/rules.asp> (capturado em 17 de março de 2006)

VIANNA, Marcelo M. B., **A Telemática e o Gerenciamento Integrado de Estacionamentos: Uma Estrutura de Procedimentos**, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado Acadêmico, Engenharia de Transportes – COPPE – UFRJ, 2000.

VTPI - **Victoria Transport Policy Institute** - Disponível em <http://www.vtpi.org> (capturado em 19 de outubro de 2005).

V-TRAFIC, **Trafic pour votre navigation**, 2005. Disponível em: <http://www.v-traffic.com> (capturado em 18 de novembro de 2005)

WASHINGTON STATE UNIVERSITY COOPERATIVE EXTENSION ENERGY PROGRAM AND COMMUTER CHALLENGE. **Commuter Challenge**, 2005. Disponível on-line em <http://www.commuterchallenge.org> (capturado em 07 de abril de 2006)

WISCONSIN DOT. **Intelligent Transportation Systems Design Manual**, 2001. Disponível em <http://www.uwm.edu/Dept/CUTS/itsdm/> (capturado em 17 de novembro de 2005)

WORLD DAB, 2005. Disponível em: <http://www.worlddab.org> (capturado em 17 de novembro de 2005)

WSDOT, **HOT Lanes Overview**, 2006. Disponível on-line em:
<http://www.wsdot.wa.gov/HOV/hotlanes.htm> (capturado em 7 de abril de 2006)

WSDOT, **HOV Lanes: Rules of the Road**, 2006. Disponível on-line em:
<http://www.wsdot.wa.gov/HOV/guide.htm> (capturado em 17 de março de 2006)

9. APÊNDICES

9.1 CÓDIGO-FONTE DO PROGRAMA

```
function varargout = teste8(varargin)
% TESTE8 M-file for teste8.fig
%   TESTE8, by itself, creates a new TESTE8 or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = TESTE8 returns the handle to a new TESTE8 or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   TESTE8('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in TESTE8.M with the given input arguments.
%
%   TESTE8('Property','Value',...) creates a new TESTE8 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before teste8_OpeningFunction gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to teste8_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help teste8

% Last Modified by GUIDE v2.5 11-Feb-2007 17:12:56

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @teste8_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @teste8_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [], ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before teste8 is made visible.
function teste8_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to teste8 (see VARARGIN)
```

```

% Choose default command line output for teste8
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes teste8 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = teste8_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
cap_princ = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(cap_princ)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('Capacidade deve ser um número!', 'Erro');
end

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
tfl_princ = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(tfl_princ)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('Tempo de viagem deve ser um número!', 'Erro');
end

```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
cap_alt = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(cap_alt)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('Capacidade deve ser um número!','Erro');
end
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
tfl_alt = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(tfl_alt)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('Tempo de viagem deve ser um número!','Erro');
end

if tfl_alt == 0
    %INFORMAR EXTENSÃO E VELOCIDADE!!
end
```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

str = get(hObject, 'String');
val = get(hObject,'Value');
% Coloca os dados.
switch str{val};
case 'BPR'
    set(handles.alfapric, 'String', 0.15);
    set(handles.alfapric, 'Enable', 'off');
    set(handles.betapric, 'String', 4);
    set(handles.betapric, 'Enable', 'off');
case 'Multiplas faixas'
    set(handles.alfapric, 'String', 0.71);
    set(handles.alfapric, 'Enable', 'off');
    set(handles.betapric, 'String', 2.11);
    set(handles.betapric, 'Enable', 'off');
case 'Freeway'
    set(handles.alfapric, 'String', 0.83);
    set(handles.alfapric, 'Enable', 'off');
    set(handles.betapric, 'String', 5.5);
    set(handles.betapric, 'Enable', 'off');
case 'Propria'
    set(handles.alfapric, 'String', '');
    set(handles.alfapric, 'Enable', 'on');
    set(handles.betapric, 'String', '');
    set(handles.betapric, 'Enable', 'on');
end
% Save the handles structure.
guidata(hObject,handles)

% Hints: contents = get(hObject,'String') returns popupmenu2 contents as cell array
%      contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from popupmenu2

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% --- Executes on button press in inicio.
function inicio_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to inicio (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

%Desabilitação dos menus

```

set(handles.edit1, 'Enable', 'off');
set(handles.edit2, 'Enable', 'off');
set(handles.edit3, 'Enable', 'off');
set(handles.edit4, 'Enable', 'off');
set(handles.edit6, 'Enable', 'off');
set(handles.edit7, 'Enable', 'off');
set(handles.edit8, 'Enable', 'off');
set(handles.edit9, 'Enable', 'off');

set(handles.checkbox1, 'Enable', 'off');
set(handles.checkbox2, 'Enable', 'off');

set(handles.pushbutton3, 'Enable', 'off');

set(handles.popupmenu2, 'Enable', 'off');
set(handles.popupmenu3, 'Enable', 'off');

set(handles.alfapric, 'Enable', 'off');
set(handles.betapric, 'Enable', 'off');
set(handles.alfaalt, 'Enable', 'off');
set(handles.betaalt, 'Enable', 'off');

set(handles.porcmax, 'Enable', 'off');
set(handles.intermin, 'Enable', 'off');

```

%INICIALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS

```

c = 1;
numerohist_mes = zeros(24,1); %Aux para históricos via principal, já que estão dados em hora.
numeroalt_mes = zeros(24,1); %Aux para históricos via alternativa, já que estão dados em hora.

vol_princ1 = 0;
vol_hist_alt1 = 0;
vol_hist_princ1 = 0;

desviados = 0;
desviados1 = 0;

carregamento_alt = 1;
epsilon_ = str2double(get(handles.intermin, 'String'));
diferenca_tempo = 2;

```

```

problemas = 0;
calculo = 1;
porcentagem = 0;
finalizar = 0;

var_repeticao = 0;

t_princant = 0;

%Início do carregamento dos volumes
%Dados históricos da via PRINCIPAL
tabhist = xlsread ('Dados','132SA e 132NA');
for j = 1:24
    for i = (j+24):24:(length(tabhist))
        numerohist_mes(j) = tabhist(i,1) + numerohist_mes(j);
    end
    vol_hist_princ(j) = numerohist_mes(j)/30;
end

%Veículos que passam pelo sensor na via PRINCIPAL
tablaco = xlsread ('Dados','132SA e 132NA');
for i = 1:24
    numeroprincipal(i) = tablaco(i,1);
    %OBS.: Esse valor deve ser recebido automaticamente pelo programa.
end

%Fim do carregamento dos volumes
horario = 24;

while finalizar == 0
    %Carregamento da tabela de volume HORÁRIO da ALTERNATIVA
    %Dados históricos da via alternativa
    tabalt = xlsread ('Dados','131SB e 131NB');

    for j = 1:24
        for i = (j+24):24:(length(tabalt))
            numeroalt_mes(j) = tabalt(i,1)+ numeroalt_mes(j); %Veículos que passam pela via alternativa
        end
        volume_hist_alt(j) = numeroalt_mes(j)/30;
    end

    %Fim do carregamento da tabela de volume horário da ALTERNATIVA

    while calculo == 1
        %Carregamento do volume HORÁRIO da PRINCIPAL

        for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
volumetotal da última hora
            vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
            vol_hist_alt1 = volume_hist_alt(i) + vol_hist_alt1;
            vol_hist_princ1 = vol_hist_princ(i) + vol_hist_princ1;
        end
        vol_princ = vol_princ1;
        vol_princ1 = 0;

        vol_hist_alt = vol_hist_alt1;
        vol_hist_alt1 = 0;
    end
end

```

```

vol_hist_princ_hor = vol_hist_princ1;
vol_hist_princ1 = 0;

horario = horario - 1;

%Fim do carregamento do volume horário da PRINCIPAL

%Envio dos volumes para o programa
set(handles.volumeprincipalreal,'String', num2str(vol_princ));
set(handles.volumeadalternativahist,'String', num2str(int16(vol_hist_alt)));
set(handles.volumeprincipalhist,'String', num2str(int16(vol_hist_princ_hor)));

pause(5)

porcentagem = 0;
while porcentagem == 0
    %Verificar finalização de programa
    finaliz = get(handles.Final, 'Value');
    if finaliz == 1
        mudando_cap = 0;
    end
    %Fim da verificação de finalização

    %Cálculo do tempo de viagem
    %A equação de desempenho é:  $T = T_{fl} * [1 + \alpha_{fprinc} (V/C)^{\beta_{fprinc}}]$ 
    %sendo: T = tempo de viagem
    %    Tfl = Tempo em fluxo livre
    %    V = Fluxo atual
    %    C = Capacidade da via

    %Cálculo do tempo da via PRINCIPAL
    tfl_princ = str2double(get(handles.edit2, 'String'));
    cap_princ = str2double(get(handles.edit1, 'String'));
    alfapric = str2double(get(handles.alfapric, 'String'));
    betapric = str2double(get(handles.betapric, 'String'));

    t_princ = tfl_princ * (1 + alfapric * (vol_princ/cap_princ)^betapric);

    set(handles.temprincipal, 'String', num2str(int16(t_princ)));

    %Cálculo do tempo da Via Alternativa
    tfl_alt = str2double(get(handles.edit4, 'String'));
    cap_alt = str2double(get(handles.edit3, 'String'));
    alfaalt = str2double(get(handles.alfaalt, 'String'));
    betaalt = str2double(get(handles.betaalt, 'String'));

    t_alt = tfl_alt * (1 + alfaalt * ((vol_hist_alt + desviados)/cap_alt)^betaalt);

    set(handles.temalternativa, 'String', num2str(int16(t_alt)));

    %Função de verificação
    diferenca = t_princ - t_alt % (diferença dos tempos)
    if diferenca < 5           %A função sugerida foi:
        desvio = 0;           %< 5min -> não há desvio
    elseif diferenca > 30
        desvio = 1;
    else

```

```

    desvio = 0.04*diferenca-0.2; %> 5min -> ATÉ 40% (alcançado em 30 min)
end

for i = 1 : vol_princ
    if desvio > rand
        desviados1 = desviados1 + 1;
    end
end
porcmaxima = str2double(get(handles.porcmax, 'String'));
desviados = desviados1 * 0.01*porcmaxima %Máximo de X% desviam de rota
set(handles.veidesv, 'String', num2str(int16(desviados)));

desviados1 = 0;

%Verificação da função. Se a diferença for maior que 10% para mais ou
%para menos, verifica se a tecla de PROBLEMAS foi acionada (if
%problemas == 1) Se foi acionada, muda a variável problemas para 1,
%obrigando um novo carregamento da ALTERNATIVA. Se não foi acionada, a
%porcentagem de desvio é alterada e é feito o recálculo.

%Para isso é necessário coletar novamente os dados da
%principal
for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
volume total da última hora
    vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
    vol_hist_alt1 = volume_hist_alt(i) + vol_hist_alt1;
    vol_hist_princ1 = vol_hist_princ(i) + vol_hist_princ1;
end
vol_princ = vol_princ1;
vol_princ1 = 0;

vol_hist_princ_hor = vol_hist_princ1;
vol_hist_princ1 = 0;

%Fim do novo carregamento

if ((vol_hist_princ_hor - desviados) / vol_princ <= 0.9) || ((vol_hist_princ_hor - desviados) /
vol_princ >= 1.1)
    problemas = get(handles.problemasnaalt, 'Value');
    pause(0.01) % O programa precisa pausar para que seja possível verificar se há
problema
    if problemas == 1 %Mudar essa variável para a saída da tecla PROBLEMAS
        %set(handles.probalt, 'String', 'Nova Capacidade');
        mudando_cap = 1;

        while mudando_cap == 1
            %Verificar finalização de programa
            finaliz = get(handles.Final, 'Value');
            if finaliz == 1
                mudando_cap = 0;
            end
            %Fim da verificação de finalização

            pause(0.01) %Para que a nova capacidade possa ser recebida
            set(handles.edit3, 'Enable', 'on')
            Nova_cap_alt = get(handles.Novacapalt, 'Value')
            if Nova_cap_alt == 1
                mudando_cap = 0
                set(handles.edit3, 'Enable', 'off')
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end

    carregamento_alt = 0;
    porcentagem = 0;
    set(handles.problemasnaalt, 'Value', 0);
    set(handles.Novacapalt, 'Value', 0);
else
    porcentagem = 1; %Para voltar no while
    var_repeticao = var_repeticao + 1; %variável para saber quantas vezes o loop de
    porcentagem foi chamado

    t_princ = tfl_princ*(1 + alfaprinc*(vol_princ/cap_princ)^betaprinc);
    t_alt = tfl_alt*(1 + alfaalt*((vol_hist_alt + desviados)/cap_alt)^betaalt);

end

else
    %Recálculo e loop de verificação.
    porcentagem = 1; %Para sair do loop de porcentagem
end

%Verificar finalização de programa
finaliz = get(handles.Final, 'Value');
if finaliz == 1
    porcentagem = 1;
end
%Fim da verificação de finalização

end %do while porcentagem

intervalo = t_princ - t_princant; %tn - tn-1
t_princant = t_princ;

while (intervalo < epsilon_) && (intervalo > 0) %Verificação de tn-tn-1
    %Carregar volume PRINCIPAL novamente
    for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
    volume total da última hora
        vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
    end
    vol_princ = vol_princ1;
    vol_princ1 = 0;

    horario = horario - 1

    %Cálculo do tempo da PRINCIPAL
    tfl_princ = str2double(get(handles.edit2, 'String'));
    cap_princ = str2double(get(handles.edit1, 'String'));
    alfaprinc = str2double(get(handles.alfaprinc, 'String'));
    betaprinc = str2double(get(handles.betaprinc, 'String'));

    t_princ = tfl_princ*(1 + alfaprinc*(vol_princ/cap_princ)^betaprinc);

    %Verificar tn - tn-1;
    intervalo = t_princ - t_princant %tn - tn-1
    t_princant = t_princ

    pause(5)
end

```

```

    %Verificar finalização de programa
    finaliz = get(handles.Final, 'Value');
    if finaliz == 1
        intervalo = -1000;
    end
    %Fim da verificação de finalização

end %do while intervalo > epsilon_

%Verificar finalização de programa
finaliz = get(handles.Final, 'Value');
if finaliz == 1
    calculo = 0;
end
%Fim da verificação de finalização

end %do while calculo

%Verificar finalização de programa
finaliz = get(handles.Final, 'Value');
if finaliz == 1
    finalizar = 1;
end
%Fim da verificação de finalização

end %do while finalizar == 0
clear
clc

% --- Executes on button press in probalt.
function probalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to probalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
a = get(handles.problemasnaalt, 'Value')

if a == 1
    set(handles.Novacapalt, 'Value', 1.0);
    set(handles.probalt, 'String', 'Problemas na Alternativa');
end

b = get(handles.Novacapalt, 'Value')

if b == 0
    set(handles.problemasnaalt, 'Value', 1.0);
    set(handles.probalt, 'String', 'Nova Capacidade');

end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
extensao_princ = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(extensao_princ)

```

```

set(hObject, 'String', 0);
errorDlg('Extensão deve ser um número!', 'Erro');
end
% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit6 as text
%      str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit6 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'), get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
vel_princ = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(vel_princ)
    set(hObject, 'String', 0);
    errorDlg('Velocidade deve ser um número!', 'Erro');
end
% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit7 as text
%      str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'), get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
extensao_alt = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(extensao_alt)
    set(hObject, 'String', 0);
    errorDlg('Extensão deve ser um número!', 'Erro');
end
% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit8 as text
%      str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit8 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
vel_alt = str2double(get(hObject, 'String'));
if isnan(vel_alt)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('Tempo de viagem deve ser um número!', 'Erro');
end
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit9 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% --- Executes on button press in checkbox1.
function checkbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
tfl_princ_calc = get(hObject, 'Value');

```

```

if (tfl_princ_calc == 1)
    set(handles.edit6, 'Enable', 'on');
    set(handles.edit7, 'Enable', 'on');
    set(handles.edit2, 'Enable', 'off');
end

```

```

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of checkbox1

```

```

% --- Executes on button press in checkbox2.
function checkbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to checkbox2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
tfl_princ_alt = get(hObject, 'Value');

if (tfl_princ_alt == 1)
    set(handles.edit8, 'Enable', 'on');
    set(handles.edit9, 'Enable', 'on');
    set(handles.edit4, 'Enable', 'off');
end
% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of checkbox2

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
verif_princ = get(handles.checkbox1, 'Value');
verif_alt = get(handles.checkbox2, 'Value');
if verif_princ == 1
    tfl_princ = 60*str2double(get(handles.edit6, 'String'))/str2double(get(handles.edit7, 'String'));
else
    tfl_princ = get(handles.edit2, 'String');
end

if verif_alt == 1
    tfl_alt = 60*str2double(get(handles.edit8, 'String'))/str2double(get(handles.edit9, 'String'));
else
    tfl_alt = get(handles.edit4, 'String');
end

%Os próximos quatro são da PRINCIPAL
set(handles.edit6, 'Enable', 'off');
set(handles.edit7, 'Enable', 'off');
set(handles.edit2, 'String', num2str(tfl_princ));
set(handles.edit2, 'Enable', 'on');

%Os próximos quatro são da ALTERNATIVA
set(handles.edit8, 'Enable', 'off');
set(handles.edit9, 'Enable', 'off');
set(handles.edit4, 'String', num2str(tfl_alt));
set(handles.edit4, 'Enable', 'on');

% --- Executes on button press in alfaprinc.
function alfaprinc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to alfaprinc (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
alfa = str2double(get(handles.alfaprinc, 'String'))
if isnan(alfa)
    set(hObject, 'String', 0);
    errorDlg('alfa deve ser um número!', 'Erro');
end

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function alfaprint_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to alfaprint (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

function betaprint_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to betaprint (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
beta = str2double(get(handles.betaprint, 'String'))
if isnan(beta)
    set(hObject, 'String', 0);
    errordlg('alfa deve ser um número!', 'Erro');
end

```

```

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of betaprint as text
%       str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of betaprint as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function betaprint_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to betaprint (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'), get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

function temprincipal_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to temprincipal (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of temprincipal as text
%       str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of temprincipal as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temprincipal_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to temprincipal (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function temalternativa_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to temalternativa (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of temalternativa as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of temalternativa as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function temalternativa_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to temalternativa (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in checkbox3.
function checkbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to checkbox3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of checkbox3

% --- Executes on button press in Problemasnaalt.
function Problemasnaalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Problemasnaalt (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Problemasnaalt

% --- Executes on button press in togglebutton1.
function togglebutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to togglebutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of togglebutton1

% --- Executes on button press in problemasnaalt.
function problemasnaalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to problemasnaalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of problemasnaalt

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function probalt_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to probalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% --- If Enable == 'on', executes on mouse press in 5 pixel border.
% --- Otherwise, executes on mouse press in 5 pixel border or over probalt.
function probalt_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to probalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
set(handles.problemasnaalt, 'Value', 1.0);

function Porcmax_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Porcmax (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Porcmax as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Porcmax as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Porcmax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Porcmax (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function porcmax_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to porcmax (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of porcmax as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of porcmax as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function porcmax_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to porcmax (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu3.
function popupmenu3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to popupmenu3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
str = get(hObject, 'String');
val = get(hObject, 'Value');
% Coloca os dados.
switch str{val};
case 'BPR'
    set(handles.alfaalt, 'String', 0.15);
    set(handles.alfaalt, 'Enable', 'off');
    set(handles.betaalt, 'String', 4);
    set(handles.betaalt, 'Enable', 'off');
case 'Multiplas faixas'
    set(handles.alfaalt, 'String', 0.71);
    set(handles.alfaalt, 'Enable', 'off');
    set(handles.betaalt, 'String', 2.11);
    set(handles.betaalt, 'Enable', 'off');
case 'Freeway'
    set(handles.alfaalt, 'String', 0.83);
    set(handles.alfaalt, 'Enable', 'off');
    set(handles.betaalt, 'String', 5.5);
    set(handles.betaalt, 'Enable', 'off');
case 'Propria'
    set(handles.alfaalt, 'String', "");
    set(handles.alfaalt, 'Enable', 'on');
    set(handles.betaalt, 'String', "");
    set(handles.betaalt, 'Enable', 'on');
end

% Hints: contents = get(hObject,'String') returns popupmenu3 contents as cell array
% contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from popupmenu3

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popuptmenu3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popuptmenu3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: popuptmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function betaalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to betaalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of betaalt as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of betaalt as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function betaalt_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to betaalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function alfaalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to alfaalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of alfaalt as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of alfaalt as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function alfaalt_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to alfaalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% --- Executes on button press in fimprog.
function fimprog_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to fimprog (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
set(handles.Final, 'Value', 1.0);

function intermin_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to intermin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of intermin as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of intermin as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function intermin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to intermin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in Novacapalt.
function Novacapalt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Novacapalt (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Novacapalt

% --- Executes on button press in Final.
function Final_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Final (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of Final

```

9.2 CÓDIGO-FONTE DO PROGRAMA PRINCIPAL

```
% --- Executes on button press in inicio.
function inicio_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to inicio (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

%Desabilitação dos menus
set(handles.edit1, 'Enable', 'off');
set(handles.edit2, 'Enable', 'off');
set(handles.edit3, 'Enable', 'off');
set(handles.edit4, 'Enable', 'off');
set(handles.edit6, 'Enable', 'off');
set(handles.edit7, 'Enable', 'off');
set(handles.edit8, 'Enable', 'off');
set(handles.edit9, 'Enable', 'off');

set(handles.checkbox1, 'Enable', 'off');
set(handles.checkbox2, 'Enable', 'off');

set(handles.pushbutton3, 'Enable', 'off');

set(handles.popupmenu2, 'Enable', 'off');
set(handles.popupmenu3, 'Enable', 'off');

set(handles.alfaprinc, 'Enable', 'off');
set(handles.betaprinc, 'Enable', 'off');
set(handles.alfaalt, 'Enable', 'off');
set(handles.betaalt, 'Enable', 'off');

set(handles.porcmax, 'Enable', 'off');
set(handles.intermin, 'Enable', 'off');

%INICIALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS

c = 1;
numerohist_mes = zeros(24,1); %Aux para históricos via principal, já que estão dados em hora.
numeroalt_mes = zeros(24,1); %Aux para históricos via alternativa, já que estão dados em hora.

vol_princ1 = 0;
vol_hist_alt1 = 0;
vol_hist_princ1 = 0;

desviados = 0;
desviados1 = 0;

carregamento_alt = 1;
epsilon_ = str2double(get(handles.intermin, 'String'));
diferenca_tempo = 2;

problemas = 0;
calculo = 1;
porcentagem = 0;
finalizar = 0;

var_repeticao = 0;
```

```

t_princant = 0;

%Início do carregamento dos volumes
%Dados históricos da via PRINCIPAL
tabhist = xlsread ('Dados','132SA e 132NA');
for j = 1:24
    for i = (j+24):24:(length(tabhist))
        numerohist_mes(j) = tabhist(i,1) + numerohist_mes(j);
    end
    vol_hist_princ(j) = numerohist_mes(j)/30;
end

%Veículos que passam pelo sensor na via PRINCIPAL
tablaco = xlsread ('Dados','132SA e 132NA');
for i = 1:24
    numeroprincipal(i) = tablaco(i,1);
    %OBS.: Esse valor deve ser recebido automaticamente pelo programa.
end

%Fim do carregamento dos volumes
horario = 24;

while finalizar == 0
    %Carregamento da tabela de volume HORÁRIO da ALTERNATIVA
    %Dados históricos da via alternativa
    tabalt = xlsread ('Dados','131SB e 131NB');

    for j = 1:24
        for i = (j+24):24:(length(tabalt))
            numeroalt_mes(j) = tabalt(i,1)+ numeroalt_mes(j); %Veículos que passam pela via alternativa
        end
        volume_hist_alt(j) = numeroalt_mes(j)/30;
    end

    %Fim do carregamento da tabela de volume horário da ALTERNATIVA

    while calculo == 1
        %Carregamento do volume HORÁRIO da PRINCIPAL

        for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
        volume total da última hora
            vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
            vol_hist_alt1 = volume_hist_alt(i) + vol_hist_alt1;
            vol_hist_princ1 = vol_hist_princ(i) + vol_hist_princ1;
        end
        vol_princ = vol_princ1;
        vol_princ1 = 0;

        vol_hist_alt = vol_hist_alt1;
        vol_hist_alt1 = 0;

        vol_hist_princ_hor = vol_hist_princ1;
        vol_hist_princ1 = 0;

        horario = horario - 1;
    end
end

```

```

%Fim do carregamento do volume horário da PRINCIPAL

%Envio dos volumes para o programa
set(handles.volumepincipalreal,'String', num2str(vol_princ));
set(handles.volumeadalternativahist,'String', num2str(int16(vol_hist_alt)));
set(handles.volumepincipalhist,'String', num2str(int16(vol_hist_princ_hor)));

pause(5)

porcentagem = 0;
while porcentagem == 0
    %Verificar finalização de programa
    finaliz = get(handles.Final, 'Value');
    if finaliz == 1
        mudando_cap = 0;
    end
    %Fim da verificação de finalização

    %Cálculo do tempo de viagem
    %A equação de desempenho é:  $T = T_{fl} * [1 + \alpha_{fprinc} (V/C)^{\beta_{fprinc}}]$ 
    %sendo: T = tempo de viagem
    %    Tfl = Tempo em fluxo livre
    %    V = Fluxo atual
    %    C = Capacidade da via

    %Cálculo do tempo da via PRINCIPAL
    tfl_princ = str2double(get(handles.edit2, 'String'));
    cap_princ = str2double(get(handles.edit1, 'String'));
    alfaprinc = str2double(get(handles.alfaprinc, 'String'));
    betaprinc = str2double(get(handles.betaprinc, 'String'));

    t_princ = tfl_princ*(1 + alfaprinc*(vol_princ/cap_princ)^betaprinc);

    set(handles.temprincipal, 'String', num2str(int16(t_princ)));

    %Cálculo do tempo da Via Alternativa
    tfl_alt = str2double(get(handles.edit4, 'String'));
    cap_alt = str2double(get(handles.edit3, 'String'));
    alfaalt = str2double(get(handles.alfaalt, 'String'));
    betaalt = str2double(get(handles.betaalt, 'String'));

    t_alt = tfl_alt*(1 + alfaalt*((vol_hist_alt + desviados)/cap_alt)^betaalt);

    set(handles.temalternativa, 'String', num2str(int16(t_alt)));

    %Função de verificação
    diferenca = t_princ - t_alt %(diferença dos tempos)
    if diferenca < 5          %A função sugerida foi:
        desvio = 0;          %< 5min -> não há desvio
    elseif diferenca > 30
        desvio = 1;
    else
        desvio = 0.04*diferenca-0.2; %> 5min -> ATÉ 40% (alcançado em 30 min)
    end

    for i = 1 : vol_princ
        if desvio > rand
            desviados1 = desviados1 + 1;
        end
    end
end

```

```

    end
end
porcmaxima = str2double(get(handles.porcmax, 'String'));
desviados = desviados1 * 0.01*porcmaxima %Máximo de X% desviam de rota
set(handles.veidesv, 'String', num2str(int16(desviados)));

desviados1 = 0;

%Verificação da função. Se a diferença for maior que 10% para mais ou
%para menos, verifica se a tecla de PROBLEMAS foi acionada (if
%problemas == 1) Se foi acionada, muda a variável problemas para 1,
%obrigando um novo carregamento da ALTERNATIVA. Se não foi acionada, a
%porcentagem de desvio é alterada e é feito o recálculo.

%Para isso é necessário coletar novamente os dados da
%principal
for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
volume total da última hora
    vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
    vol_hist_alt1 = volume_hist_alt(i) + vol_hist_alt1;
    vol_hist_princ1 = vol_hist_princ(i) + vol_hist_princ1;
end
vol_princ = vol_princ1;
vol_hist_princ1 = 0;

vol_hist_princ_hor = vol_hist_princ1;
vol_hist_princ1 = 0;

%Fim do novo carregamento

if ((vol_hist_princ_hor - desviados) / vol_princ <= 0.9) || ((vol_hist_princ_hor - desviados) /
vol_princ >= 1.1)
    problemas = get(handles.problemasnaalt, 'Value');
    pause(0.01) % O programa precisa pausar para que seja possível verificar se há
problema
    if problemas == 1 %Mudar essa variável para a saída da tecla PROBLEMAS
        %set(handles.probalt, 'String', 'Nova Capacidade');
        mudando_cap = 1;

        while mudando_cap == 1
            %Verificar finalização de programa
            finaliz = get(handles.Final, 'Value');
            if finaliz == 1
                mudando_cap = 0;
            end
            %Fim da verificação de finalização

            pause(0.01) %Para que a nova capacidade possa ser recebida
            set(handles.edit3, 'Enable', 'on')
            Nova_cap_alt = get(handles.Novacapalt, 'Value')
            if Nova_cap_alt == 1
                mudando_cap = 0
                set(handles.edit3, 'Enable', 'off')
            end
        end
    end

    carregamento_alt = 0;
    porcentagem = 0;
    set(handles.problemasnaalt, 'Value', 0);

```

```

        set(handles.Novacapalt, 'Value', 0);
    else
        porcentagem = 1; %Para voltar no while
        var_repeticao = var_repeticao + 1; %variável para saber quantas vezes o loop de
        porcentagem foi chamado

        t_princ = tfl_princ*(1 + alfaprinc*(vol_princ/cap_princ)^betaprinc);
        t_alt = tfl_alt*(1 + alfaalt*((vol_hist_alt + desviados)/cap_alt)^betaalt);

    end

    else
        %Recálculo e loop de verificação.
        porcentagem = 1; %Para sair do loop de porcentagem
    end

    %Verificar finalização de programa
    finaliz = get(handles.Final, 'Value');
    if finaliz == 1
        porcentagem = 1;
    end
    %Fim da verificação de finalização

end %do while porcentagem

intervalo = t_princ - t_princant; %tn - tn-1
t_princant = t_princ;

while (intervalo < epsilon_) && (intervalo > 0) %Verificação de tn-tn-1
    %Carregar volume PRINCIPAL novamente
    for i = horario:-1:(horario-3) %Como os horários estão divididos em 15 minutos, pega-se o
    volume total da última hora
        vol_princ1 = numeroprincipal(i) + vol_princ1;
    end
    vol_princ = vol_princ1;
    vol_princ1 = 0;

    horario = horario - 1

    %Cálculo do tempo da PRINCIPAL
    tfl_princ = str2double(get(handles.edit2, 'String'));
    cap_princ = str2double(get(handles.edit1, 'String'));
    alfaprinc = str2double(get(handles.alfaprinc, 'String'));
    betaprinc = str2double(get(handles.betaprinc, 'String'));

    t_princ = tfl_princ*(1 + alfaprinc*(vol_princ/cap_princ)^betaprinc);

    %Verificar tn - tn-1;
    intervalo = t_princ - t_princant %tn - tn-1
    t_princant = t_princ

    pause(5)

    %Verificar finalização de programa
    finaliz = get(handles.Final, 'Value');
    if finaliz == 1
        intervalo = -1000;
    end
    %Fim da verificação de finalização

```

```
end %do while intervalo > epsilon_  
  
%Verificar finalização de programa  
finaliz = get(handles.Final, 'Value');  
if finaliz == 1  
    calculo = 0;  
end  
%Fim da verificação de finalização  
  
end %do while calculo  
  
%Verificar finalização de programa  
finaliz = get(handles.Final, 'Value');  
if finaliz == 1  
    finalizar = 1;  
end  
%Fim da verificação de finalização  
  
end %do while finalizar == 0  
clear  
clc
```

10. ANEXOS

10.1 DADOS DA VIA ALTERNATIVA (VIA BANDEIRANTES)

Data e Hora	Volume de todos os veículos
31/8/2006 23:00	138
31/8/2006 22:00	216
31/8/2006 21:00	262
31/8/2006 20:00	387
31/8/2006 19:00	564
31/8/2006 18:00	570
31/8/2006 17:00	493
31/8/2006 16:00	507
31/8/2006 15:00	483
31/8/2006 14:00	427
31/8/2006 13:00	438
31/8/2006 12:00	420
31/8/2006 11:00	460
31/8/2006 10:00	477
31/8/2006 09:00	523
31/8/2006 08:00	546
31/8/2006 07:00	341
31/8/2006 06:00	227
31/8/2006 05:00	127
31/8/2006 04:00	69
31/8/2006 03:00	38
31/8/2006 02:00	69
31/8/2006 01:00	67
31/8/2006 00:00	112
30/8/2006 23:00	112
30/8/2006 22:00	191
30/8/2006 21:00	252
30/8/2006 20:00	252
30/8/2006 19:00	495
30/8/2006 18:00	521
30/8/2006 17:00	497
30/8/2006 16:00	432
30/8/2006 15:00	459
30/8/2006 14:00	410
30/8/2006 13:00	433
30/8/2006 12:00	433
30/8/2006 11:00	418
30/8/2006 10:00	428
30/8/2006 09:00	475
30/8/2006 08:00	551
30/8/2006 07:00	323
30/8/2006 06:00	216
30/8/2006 05:00	114

30/8/2006 04:00	53
30/8/2006 03:00	39
30/8/2006 02:00	54
30/8/2006 01:00	51
30/8/2006 00:00	90
29/8/2006 23:00	90
29/8/2006 22:00	167
29/8/2006 21:00	233
29/8/2006 20:00	316
29/8/2006 19:00	464
29/8/2006 18:00	500
29/8/2006 17:00	493
29/8/2006 16:00	509
29/8/2006 15:00	420
29/8/2006 14:00	401
29/8/2006 13:00	401
29/8/2006 12:00	427
29/8/2006 11:00	413
29/8/2006 10:00	445
29/8/2006 09:00	536
29/8/2006 08:00	560
29/8/2006 07:00	560
29/8/2006 06:00	223
29/8/2006 05:00	97
29/8/2006 04:00	50
29/8/2006 03:00	50
29/8/2006 02:00	57
29/8/2006 01:00	57
29/8/2006 00:00	114
28/8/2006 23:00	144
28/8/2006 22:00	169
28/8/2006 21:00	257
28/8/2006 20:00	357
28/8/2006 19:00	495
28/8/2006 18:00	509
28/8/2006 17:00	503
28/8/2006 16:00	510
28/8/2006 15:00	534
28/8/2006 14:00	467
28/8/2006 13:00	467
28/8/2006 12:00	531
28/8/2006 11:00	531
28/8/2006 10:00	575
28/8/2006 09:00	674
28/8/2006 08:00	658
28/8/2006 07:00	522

28/8/2006 06:00	371
28/8/2006 05:00	185
28/8/2006 04:00	144
28/8/2006 03:00	128
28/8/2006 02:00	144
28/8/2006 01:00	192
28/8/2006 00:00	314
27/8/2006 23:00	314
27/8/2006 22:00	718
27/8/2006 21:00	718
27/8/2006 20:00	1087
27/8/2006 19:00	1091
27/8/2006 18:00	1218
27/8/2006 17:00	1055
27/8/2006 16:00	743
27/8/2006 15:00	564
27/8/2006 14:00	439
27/8/2006 13:00	416
27/8/2006 12:00	426
27/8/2006 11:00	368
27/8/2006 10:00	312
27/8/2006 09:00	237
27/8/2006 08:00	162
27/8/2006 07:00	89
27/8/2006 06:00	89
27/8/2006 05:00	60
27/8/2006 04:00	39
27/8/2006 03:00	54
27/8/2006 02:00	39
27/8/2006 01:00	62
27/8/2006 00:00	96
26/8/2006 23:00	96
26/8/2006 22:00	130
26/8/2006 21:00	178
26/8/2006 20:00	274
26/8/2006 19:00	408
26/8/2006 18:00	414
26/8/2006 17:00	414
26/8/2006 16:00	401
26/8/2006 15:00	373
26/8/2006 14:00	371
26/8/2006 13:00	351
26/8/2006 12:00	362
26/8/2006 11:00	406
26/8/2006 10:00	385
26/8/2006 09:00	331

26/8/2006 08:00	333
26/8/2006 07:00	293
26/8/2006 06:00	134
26/8/2006 05:00	72
26/8/2006 04:00	58
26/8/2006 03:00	58
26/8/2006 02:00	64
26/8/2006 01:00	53
26/8/2006 00:00	95
25/8/2006 23:00	127
25/8/2006 22:00	241
25/8/2006 21:00	271
25/8/2006 20:00	415
25/8/2006 19:00	634
25/8/2006 18:00	688
25/8/2006 17:00	677
25/8/2006 16:00	604
25/8/2006 15:00	660
25/8/2006 14:00	588
25/8/2006 13:00	433
25/8/2006 12:00	485
25/8/2006 11:00	491
25/8/2006 10:00	463
25/8/2006 09:00	508
25/8/2006 08:00	517
25/8/2006 07:00	316
25/8/2006 06:00	215
25/8/2006 05:00	108
25/8/2006 04:00	65
25/8/2006 03:00	63
25/8/2006 02:00	63
25/8/2006 01:00	64
25/8/2006 00:00	110
24/8/2006 23:00	110
24/8/2006 22:00	196
24/8/2006 21:00	254
24/8/2006 20:00	390
24/8/2006 19:00	549
24/8/2006 18:00	555
24/8/2006 17:00	553
24/8/2006 16:00	553
24/8/2006 15:00	496
24/8/2006 14:00	396
24/8/2006 13:00	396
24/8/2006 12:00	429
24/8/2006 11:00	483
24/8/2006 10:00	467
24/8/2006 09:00	507
24/8/2006 08:00	507
24/8/2006 07:00	355

24/8/2006 06:00	213
24/8/2006 05:00	141
24/8/2006 04:00	70
24/8/2006 03:00	39
24/8/2006 02:00	49
24/8/2006 01:00	68
24/8/2006 00:00	116
23/8/2006 23:00	116
23/8/2006 22:00	206
23/8/2006 21:00	268
23/8/2006 20:00	268
23/8/2006 19:00	531
23/8/2006 18:00	528
23/8/2006 17:00	491
23/8/2006 16:00	477
23/8/2006 15:00	448
23/8/2006 14:00	410
23/8/2006 13:00	368
23/8/2006 12:00	394
23/8/2006 11:00	442
23/8/2006 10:00	427
23/8/2006 09:00	427
23/8/2006 08:00	517
23/8/2006 07:00	333
23/8/2006 06:00	221
23/8/2006 05:00	115
23/8/2006 04:00	55
23/8/2006 03:00	53
23/8/2006 02:00	53
23/8/2006 01:00	72
23/8/2006 00:00	92
22/8/2006 23:00	92
22/8/2006 22:00	192
22/8/2006 21:00	238
22/8/2006 20:00	381
22/8/2006 19:00	454
22/8/2006 18:00	501
22/8/2006 17:00	478
22/8/2006 16:00	478
22/8/2006 15:00	438
22/8/2006 14:00	371
22/8/2006 13:00	325
22/8/2006 12:00	426
22/8/2006 11:00	417
22/8/2006 10:00	424
22/8/2006 09:00	528
22/8/2006 08:00	567
22/8/2006 07:00	371
22/8/2006 06:00	232
22/8/2006 05:00	123

22/8/2006 04:00	51
22/8/2006 03:00	41
22/8/2006 02:00	53
22/8/2006 01:00	55
22/8/2006 00:00	110
21/8/2006 23:00	110
21/8/2006 22:00	167
21/8/2006 21:00	294
21/8/2006 20:00	409
21/8/2006 19:00	483
21/8/2006 18:00	496
21/8/2006 17:00	452
21/8/2006 16:00	489
21/8/2006 15:00	445
21/8/2006 14:00	367
21/8/2006 13:00	479
21/8/2006 12:00	467
21/8/2006 11:00	520
21/8/2006 10:00	572
21/8/2006 09:00	618
21/8/2006 08:00	668
21/8/2006 07:00	525
21/8/2006 06:00	381
21/8/2006 05:00	195
21/8/2006 04:00	113
21/8/2006 03:00	70
21/8/2006 02:00	105
21/8/2006 01:00	146
21/8/2006 00:00	272
20/8/2006 23:00	272
20/8/2006 22:00	774
20/8/2006 21:00	774
20/8/2006 20:00	1140
20/8/2006 19:00	1165
20/8/2006 18:00	1225
20/8/2006 17:00	1089
20/8/2006 16:00	835
20/8/2006 15:00	550
20/8/2006 14:00	421
20/8/2006 13:00	406
20/8/2006 12:00	381
20/8/2006 11:00	348
20/8/2006 10:00	315
20/8/2006 09:00	267
20/8/2006 08:00	200
20/8/2006 07:00	120
20/8/2006 06:00	77
20/8/2006 05:00	77
20/8/2006 04:00	49
20/8/2006 03:00	49

20/8/2006 02:00	48
20/8/2006 01:00	59
20/8/2006 00:00	96
19/8/2006 23:00	96
19/8/2006 22:00	160
19/8/2006 21:00	207
19/8/2006 20:00	296
19/8/2006 19:00	296
19/8/2006 18:00	427
19/8/2006 17:00	427
19/8/2006 16:00	437
19/8/2006 15:00	347
19/8/2006 14:00	361
19/8/2006 13:00	407
19/8/2006 12:00	395
19/8/2006 11:00	449
19/8/2006 10:00	440
19/8/2006 09:00	383
19/8/2006 08:00	376
19/8/2006 07:00	263
19/8/2006 06:00	125
19/8/2006 05:00	74
19/8/2006 04:00	53
19/8/2006 03:00	53
19/8/2006 02:00	69
19/8/2006 01:00	69
19/8/2006 00:00	158
18/8/2006 23:00	158
18/8/2006 22:00	306
18/8/2006 21:00	438
18/8/2006 20:00	595
18/8/2006 19:00	727
18/8/2006 18:00	703
18/8/2006 17:00	643
18/8/2006 16:00	632
18/8/2006 15:00	632
18/8/2006 14:00	466
18/8/2006 13:00	466
18/8/2006 12:00	500
18/8/2006 11:00	489
18/8/2006 10:00	473
18/8/2006 09:00	504
18/8/2006 08:00	499
18/8/2006 07:00	342
18/8/2006 06:00	230
18/8/2006 05:00	119
18/8/2006 04:00	59
18/8/2006 03:00	51
18/8/2006 02:00	63
18/8/2006 01:00	77

18/8/2006 00:00	124
17/8/2006 23:00	124
17/8/2006 22:00	221
17/8/2006 21:00	280
17/8/2006 20:00	280
17/8/2006 19:00	593
17/8/2006 18:00	549
17/8/2006 17:00	556
17/8/2006 16:00	468
17/8/2006 15:00	460
17/8/2006 14:00	407
17/8/2006 13:00	397
17/8/2006 12:00	422
17/8/2006 11:00	422
17/8/2006 10:00	459
17/8/2006 09:00	524
17/8/2006 08:00	507
17/8/2006 07:00	360
17/8/2006 06:00	360
17/8/2006 05:00	118
17/8/2006 04:00	62
17/8/2006 03:00	63
17/8/2006 02:00	55
17/8/2006 01:00	71
17/8/2006 00:00	71
16/8/2006 23:00	119
16/8/2006 22:00	193
16/8/2006 21:00	277
16/8/2006 20:00	406
16/8/2006 19:00	532
16/8/2006 18:00	508
16/8/2006 17:00	480
16/8/2006 16:00	468
16/8/2006 15:00	411
16/8/2006 14:00	411
16/8/2006 13:00	360
16/8/2006 12:00	427
16/8/2006 11:00	427
16/8/2006 10:00	448
16/8/2006 09:00	491
16/8/2006 08:00	499
16/8/2006 07:00	499
16/8/2006 06:00	236
16/8/2006 05:00	115
16/8/2006 04:00	115
16/8/2006 03:00	63
16/8/2006 02:00	43
16/8/2006 01:00	66
16/8/2006 00:00	119
15/8/2006 23:00	177

15/8/2006 22:00	202
15/8/2006 21:00	282
15/8/2006 20:00	364
15/8/2006 19:00	442
15/8/2006 18:00	510
15/8/2006 17:00	468
15/8/2006 16:00	437
15/8/2006 15:00	441
15/8/2006 14:00	374
15/8/2006 13:00	371
15/8/2006 12:00	440
15/8/2006 11:00	434
15/8/2006 10:00	457
15/8/2006 09:00	580
15/8/2006 08:00	581
15/8/2006 07:00	415
15/8/2006 06:00	223
15/8/2006 05:00	122
15/8/2006 04:00	122
15/8/2006 03:00	62
15/8/2006 02:00	73
15/8/2006 01:00	78
15/8/2006 00:00	132
14/8/2006 23:00	132
14/8/2006 22:00	203
14/8/2006 21:00	249
14/8/2006 20:00	362
14/8/2006 19:00	461
14/8/2006 18:00	521
14/8/2006 17:00	455
14/8/2006 16:00	445
14/8/2006 15:00	470
14/8/2006 14:00	458
14/8/2006 13:00	431
14/8/2006 12:00	496
14/8/2006 11:00	561
14/8/2006 10:00	644
14/8/2006 09:00	672
14/8/2006 08:00	691
14/8/2006 07:00	540
14/8/2006 06:00	350
14/8/2006 05:00	196
14/8/2006 04:00	120
14/8/2006 03:00	62
14/8/2006 02:00	90
14/8/2006 01:00	160
14/8/2006 00:00	340
13/8/2006 23:00	340
13/8/2006 22:00	936
13/8/2006 21:00	1142

13/8/2006 20:00	1220
13/8/2006 19:00	1351
13/8/2006 18:00	1246
13/8/2006 17:00	1021
13/8/2006 16:00	739
13/8/2006 15:00	429
13/8/2006 14:00	279
13/8/2006 13:00	385
13/8/2006 12:00	432
13/8/2006 11:00	435
13/8/2006 10:00	377
13/8/2006 09:00	210
13/8/2006 08:00	156
13/8/2006 07:00	81
13/8/2006 06:00	81
13/8/2006 05:00	46
13/8/2006 04:00	30
13/8/2006 03:00	28
13/8/2006 02:00	44
13/8/2006 01:00	84
13/8/2006 00:00	84
12/8/2006 23:00	84
12/8/2006 22:00	138
12/8/2006 21:00	201
12/8/2006 20:00	293
12/8/2006 19:00	416
12/8/2006 18:00	443
12/8/2006 17:00	394
12/8/2006 16:00	410
12/8/2006 15:00	382
12/8/2006 14:00	374
12/8/2006 13:00	436
12/8/2006 12:00	429
12/8/2006 11:00	495
12/8/2006 10:00	436
12/8/2006 09:00	436
12/8/2006 08:00	322
12/8/2006 07:00	250
12/8/2006 06:00	141
12/8/2006 05:00	75
12/8/2006 04:00	58
12/8/2006 03:00	61
12/8/2006 02:00	59
12/8/2006 01:00	91
12/8/2006 00:00	91
11/8/2006 23:00	148
11/8/2006 22:00	234
11/8/2006 21:00	470
11/8/2006 20:00	617
11/8/2006 19:00	758

11/8/2006 18:00	758
11/8/2006 17:00	664
11/8/2006 16:00	614
11/8/2006 15:00	571
11/8/2006 14:00	483
11/8/2006 13:00	426
11/8/2006 12:00	447
11/8/2006 11:00	416
11/8/2006 10:00	441
11/8/2006 09:00	483
11/8/2006 08:00	479
11/8/2006 07:00	304
11/8/2006 06:00	226
11/8/2006 05:00	127
11/8/2006 04:00	64
11/8/2006 03:00	47
11/8/2006 02:00	81
11/8/2006 01:00	60
11/8/2006 00:00	119
10/8/2006 23:00	119
10/8/2006 22:00	171
10/8/2006 21:00	283
10/8/2006 20:00	411
10/8/2006 19:00	528
10/8/2006 18:00	612
10/8/2006 17:00	493
10/8/2006 16:00	545
10/8/2006 15:00	545
10/8/2006 14:00	410
10/8/2006 13:00	384
10/8/2006 12:00	428
10/8/2006 11:00	426
10/8/2006 10:00	447
10/8/2006 09:00	575
10/8/2006 08:00	490
10/8/2006 07:00	341
10/8/2006 06:00	341
10/8/2006 05:00	148
10/8/2006 04:00	76
10/8/2006 03:00	61
10/8/2006 02:00	79
10/8/2006 01:00	79
10/8/2006 00:00	116
9/8/2006 23:00	116
9/8/2006 22:00	220
9/8/2006 21:00	262
9/8/2006 20:00	368
9/8/2006 19:00	498
9/8/2006 18:00	529
9/8/2006 17:00	526

9/8/2006 16:00	529
9/8/2006 15:00	433
9/8/2006 14:00	444
9/8/2006 13:00	402
9/8/2006 12:00	455
9/8/2006 11:00	455
9/8/2006 10:00	442
9/8/2006 09:00	538
9/8/2006 08:00	516
9/8/2006 07:00	361
9/8/2006 06:00	220
9/8/2006 05:00	168
9/8/2006 04:00	85
9/8/2006 03:00	52
9/8/2006 02:00	68
9/8/2006 01:00	80
9/8/2006 00:00	115
8/8/2006 23:00	115
8/8/2006 22:00	186
8/8/2006 21:00	186
8/8/2006 20:00	323
8/8/2006 19:00	486
8/8/2006 18:00	472
8/8/2006 17:00	490
8/8/2006 16:00	429
8/8/2006 15:00	392
8/8/2006 14:00	358
8/8/2006 13:00	419
8/8/2006 12:00	403
8/8/2006 11:00	398
8/8/2006 10:00	454
8/8/2006 09:00	554
8/8/2006 08:00	554
8/8/2006 07:00	390
8/8/2006 06:00	188
8/8/2006 05:00	123
8/8/2006 04:00	71
8/8/2006 03:00	45
8/8/2006 02:00	57
8/8/2006 01:00	76
8/8/2006 00:00	96
7/8/2006 23:00	96
7/8/2006 22:00	176
7/8/2006 21:00	255
7/8/2006 20:00	350
7/8/2006 19:00	442
7/8/2006 18:00	495
7/8/2006 17:00	422
7/8/2006 16:00	442
7/8/2006 15:00	452

7/8/2006 14:00	386
7/8/2006 13:00	394
7/8/2006 12:00	472
7/8/2006 11:00	458
7/8/2006 10:00	489
7/8/2006 09:00	585
7/8/2006 08:00	690
7/8/2006 07:00	520
7/8/2006 06:00	335
7/8/2006 05:00	186
7/8/2006 04:00	91
7/8/2006 03:00	71
7/8/2006 02:00	81
7/8/2006 01:00	115
7/8/2006 00:00	212
6/8/2006 23:00	437
6/8/2006 22:00	605
6/8/2006 21:00	800
6/8/2006 20:00	963
6/8/2006 19:00	1155
6/8/2006 18:00	1034
6/8/2006 17:00	921
6/8/2006 16:00	674
6/8/2006 15:00	460
6/8/2006 14:00	460
6/8/2006 13:00	363
6/8/2006 12:00	358
6/8/2006 11:00	373
6/8/2006 10:00	316
6/8/2006 09:00	238
6/8/2006 08:00	173
6/8/2006 07:00	173
6/8/2006 06:00	86
6/8/2006 05:00	54
6/8/2006 04:00	33
6/8/2006 03:00	31
6/8/2006 02:00	47
6/8/2006 01:00	60
6/8/2006 00:00	101
5/8/2006 23:00	119
5/8/2006 22:00	119
5/8/2006 21:00	206
5/8/2006 20:00	272
5/8/2006 19:00	371
5/8/2006 18:00	480
5/8/2006 17:00	451
5/8/2006 16:00	451
5/8/2006 15:00	367
5/8/2006 14:00	332
5/8/2006 13:00	372

5/8/2006 12:00	405
5/8/2006 11:00	372
5/8/2006 10:00	404
5/8/2006 09:00	351
5/8/2006 08:00	339
5/8/2006 07:00	271
5/8/2006 06:00	139
5/8/2006 05:00	84
5/8/2006 04:00	55
5/8/2006 03:00	45
5/8/2006 02:00	56
5/8/2006 01:00	87
5/8/2006 00:00	87
4/8/2006 23:00	235
4/8/2006 22:00	308
4/8/2006 21:00	410
4/8/2006 20:00	410
4/8/2006 19:00	672
4/8/2006 18:00	694
4/8/2006 17:00	694
4/8/2006 16:00	633
4/8/2006 15:00	581
4/8/2006 14:00	581
4/8/2006 13:00	458
4/8/2006 12:00	456
4/8/2006 11:00	479
4/8/2006 10:00	446
4/8/2006 09:00	446
4/8/2006 08:00	481
4/8/2006 07:00	289
4/8/2006 06:00	200
4/8/2006 05:00	130
4/8/2006 04:00	65
4/8/2006 03:00	60
4/8/2006 02:00	66
4/8/2006 01:00	66
4/8/2006 00:00	139
3/8/2006 23:00	139
3/8/2006 22:00	225
3/8/2006 21:00	256
3/8/2006 20:00	382
3/8/2006 19:00	382
3/8/2006 18:00	541
3/8/2006 17:00	528
3/8/2006 16:00	462
3/8/2006 15:00	450
3/8/2006 14:00	417
3/8/2006 13:00	431
3/8/2006 12:00	413
3/8/2006 11:00	439

3/8/2006 10:00	477
3/8/2006 09:00	541
3/8/2006 08:00	488
3/8/2006 07:00	319
3/8/2006 06:00	243
3/8/2006 05:00	123
3/8/2006 04:00	66
3/8/2006 03:00	41
3/8/2006 02:00	55
3/8/2006 01:00	74
3/8/2006 00:00	92
2/8/2006 23:00	147
2/8/2006 22:00	177
2/8/2006 21:00	217
2/8/2006 20:00	353
2/8/2006 19:00	557
2/8/2006 18:00	589
2/8/2006 17:00	480
2/8/2006 16:00	517
2/8/2006 15:00	460
2/8/2006 14:00	413
2/8/2006 13:00	435
2/8/2006 12:00	424
2/8/2006 11:00	466
2/8/2006 10:00	480
2/8/2006 09:00	486
2/8/2006 08:00	498
2/8/2006 07:00	300
2/8/2006 06:00	209
2/8/2006 05:00	138
2/8/2006 04:00	65
2/8/2006 03:00	55
2/8/2006 02:00	59
2/8/2006 01:00	84
2/8/2006 00:00	119
1/8/2006 23:00	119
1/8/2006 22:00	167
1/8/2006 21:00	222
1/8/2006 20:00	368
1/8/2006 19:00	368
1/8/2006 18:00	502
1/8/2006 17:00	485
1/8/2006 16:00	458
1/8/2006 15:00	431
1/8/2006 14:00	422
1/8/2006 13:00	392
1/8/2006 12:00	392
1/8/2006 11:00	453
1/8/2006 10:00	434
1/8/2006 09:00	511

1/8/2006 08:00	511
1/8/2006 07:00	544
1/8/2006 06:00	181
1/8/2006 05:00	120

1/8/2006 04:00	91
1/8/2006 03:00	55
1/8/2006 02:00	71
1/8/2006 01:00	88

1/8/2006 00:00	88
----------------	----

10.2 DADOS DA VIA PRINCIPAL (VIA ANHANGUERA)

Data e Hora	Volume de todos os veículos				
31/8/2006 23:00	487	30/8/2006 05:00	562	28/8/2006 08:00	1252
31/8/2006 22:00	558	30/8/2006 04:00	440	28/8/2006 07:00	1467
31/8/2006 21:00	595	30/8/2006 03:00	302	28/8/2006 06:00	1042
31/8/2006 20:00	806	30/8/2006 02:00	230	28/8/2006 05:00	716
31/8/2006 19:00	991	30/8/2006 01:00	254	28/8/2006 04:00	590
31/8/2006 18:00	1407	30/8/2006 00:00	285	28/8/2006 03:00	379
31/8/2006 17:00	1463	29/8/2006 23:00	453	28/8/2006 02:00	289
31/8/2006 16:00	1352	29/8/2006 22:00	509	28/8/2006 01:00	309
31/8/2006 15:00	1227	29/8/2006 21:00	595	28/8/2006 00:00	358
31/8/2006 14:00	1217	29/8/2006 20:00	709	27/8/2006 23:00	482
31/8/2006 13:00	1046	29/8/2006 19:00	999	27/8/2006 22:00	779
31/8/2006 12:00	1058	29/8/2006 18:00	1294	27/8/2006 21:00	983
31/8/2006 11:00	1055	29/8/2006 17:00	1337	27/8/2006 20:00	1011
31/8/2006 10:00	1044	29/8/2006 16:00	1323	27/8/2006 19:00	1228
31/8/2006 09:00	1177	29/8/2006 15:00	1102	27/8/2006 18:00	1439
31/8/2006 08:00	1189	29/8/2006 14:00	1179	27/8/2006 17:00	1431
31/8/2006 07:00	1226	29/8/2006 13:00	1018	27/8/2006 16:00	1328
31/8/2006 06:00	939	29/8/2006 12:00	969	27/8/2006 15:00	1058
31/8/2006 05:00	631	29/8/2006 11:00	1035	27/8/2006 14:00	902
31/8/2006 04:00	501	29/8/2006 10:00	1058	27/8/2006 13:00	778
31/8/2006 03:00	356	29/8/2006 09:00	1130	27/8/2006 12:00	735
31/8/2006 02:00	272	29/8/2006 08:00	1218	27/8/2006 11:00	779
31/8/2006 01:00	283	29/8/2006 07:00	1230	27/8/2006 10:00	636
31/8/2006 00:00	288	29/8/2006 06:00	870	27/8/2006 09:00	548
30/8/2006 23:00	440	29/8/2006 05:00	517	27/8/2006 08:00	480
30/8/2006 22:00	550	29/8/2006 04:00	424	27/8/2006 07:00	416
30/8/2006 21:00	654	29/8/2006 03:00	321	27/8/2006 06:00	267
30/8/2006 20:00	731	29/8/2006 02:00	235	27/8/2006 05:00	144
30/8/2006 19:00	1046	29/8/2006 01:00	279	27/8/2006 04:00	129
30/8/2006 18:00	1443	29/8/2006 00:00	257	27/8/2006 03:00	114
30/8/2006 17:00	1507	28/8/2006 23:00	434	27/8/2006 02:00	126
30/8/2006 16:00	1318	28/8/2006 22:00	555	27/8/2006 01:00	156
30/8/2006 15:00	1197	28/8/2006 21:00	525	27/8/2006 00:00	283
30/8/2006 14:00	1202	28/8/2006 20:00	636	26/8/2006 23:00	402
30/8/2006 13:00	1066	28/8/2006 19:00	875	26/8/2006 22:00	373
30/8/2006 12:00	970	28/8/2006 18:00	1245	26/8/2006 21:00	408
30/8/2006 11:00	995	28/8/2006 17:00	1390	26/8/2006 20:00	534
30/8/2006 10:00	1076	28/8/2006 16:00	1200	26/8/2006 19:00	676
30/8/2006 09:00	1133	28/8/2006 15:00	1087	26/8/2006 18:00	815
30/8/2006 08:00	1151	28/8/2006 14:00	1106	26/8/2006 17:00	864
30/8/2006 07:00	1281	28/8/2006 13:00	1134	26/8/2006 16:00	871
30/8/2006 06:00	871	28/8/2006 12:00	1028	26/8/2006 15:00	870
		28/8/2006 11:00	1000	26/8/2006 14:00	852
		28/8/2006 10:00	1112	26/8/2006 13:00	857
		28/8/2006 09:00	1201	26/8/2006 12:00	910

26/8/2006 11:00	966
26/8/2006 10:00	915
26/8/2006 09:00	840
26/8/2006 08:00	946
26/8/2006 07:00	842
26/8/2006 06:00	581
26/8/2006 05:00	353
26/8/2006 04:00	267
26/8/2006 03:00	189
26/8/2006 02:00	191
26/8/2006 01:00	275
26/8/2006 00:00	287
25/8/2006 23:00	504
25/8/2006 22:00	561
25/8/2006 21:00	665
25/8/2006 20:00	834
25/8/2006 19:00	1137
25/8/2006 18:00	1550
25/8/2006 17:00	1565
25/8/2006 16:00	1379
25/8/2006 15:00	1331
25/8/2006 14:00	1211
25/8/2006 13:00	1123
25/8/2006 12:00	1061
25/8/2006 11:00	1056
25/8/2006 10:00	1139
25/8/2006 09:00	1185
25/8/2006 08:00	1204
25/8/2006 07:00	1206
25/8/2006 06:00	842
25/8/2006 05:00	594
25/8/2006 04:00	490
25/8/2006 03:00	359
25/8/2006 02:00	256
25/8/2006 01:00	294
25/8/2006 00:00	356
24/8/2006 23:00	439
24/8/2006 22:00	562
24/8/2006 21:00	637
24/8/2006 20:00	717
24/8/2006 19:00	952
24/8/2006 18:00	1379
24/8/2006 17:00	1455
24/8/2006 16:00	1301
24/8/2006 15:00	1209
24/8/2006 14:00	1217
24/8/2006 13:00	1121
24/8/2006 12:00	981
24/8/2006 11:00	1036

24/8/2006 10:00	1151
24/8/2006 09:00	1172
24/8/2006 08:00	1234
24/8/2006 07:00	1277
24/8/2006 06:00	867
24/8/2006 05:00	589
24/8/2006 04:00	479
24/8/2006 03:00	351
24/8/2006 02:00	267
24/8/2006 01:00	270
24/8/2006 00:00	250
23/8/2006 23:00	479
23/8/2006 22:00	521
23/8/2006 21:00	572
23/8/2006 20:00	691
23/8/2006 19:00	1002
23/8/2006 18:00	1359
23/8/2006 17:00	1422
23/8/2006 16:00	1270
23/8/2006 15:00	1155
23/8/2006 14:00	1173
23/8/2006 13:00	1069
23/8/2006 12:00	957
23/8/2006 11:00	1016
23/8/2006 10:00	994
23/8/2006 09:00	1090
23/8/2006 08:00	1164
23/8/2006 07:00	1221
23/8/2006 06:00	836
23/8/2006 05:00	521
23/8/2006 04:00	486
23/8/2006 03:00	318
23/8/2006 02:00	238
23/8/2006 01:00	257
23/8/2006 00:00	333
22/8/2006 23:00	419
22/8/2006 22:00	533
22/8/2006 21:00	562
22/8/2006 20:00	742
22/8/2006 19:00	955
22/8/2006 18:00	1385
22/8/2006 17:00	1407
22/8/2006 16:00	1211
22/8/2006 15:00	1071
22/8/2006 14:00	1137
22/8/2006 13:00	1011
22/8/2006 12:00	971
22/8/2006 11:00	1044
22/8/2006 10:00	1056

22/8/2006 09:00	1136
22/8/2006 08:00	1250
22/8/2006 07:00	1307
22/8/2006 06:00	846
22/8/2006 05:00	543
22/8/2006 04:00	427
22/8/2006 03:00	305
22/8/2006 02:00	264
22/8/2006 01:00	232
22/8/2006 00:00	300
21/8/2006 23:00	452
21/8/2006 22:00	511
21/8/2006 21:00	509
21/8/2006 20:00	668
21/8/2006 19:00	949
21/8/2006 18:00	1281
21/8/2006 17:00	1367
21/8/2006 16:00	1242
21/8/2006 15:00	1070
21/8/2006 14:00	1077
21/8/2006 13:00	1009
21/8/2006 12:00	979
21/8/2006 11:00	1038
21/8/2006 10:00	1098
21/8/2006 09:00	1100
21/8/2006 08:00	1313
21/8/2006 07:00	1532
21/8/2006 06:00	1062
21/8/2006 05:00	686
21/8/2006 04:00	545
21/8/2006 03:00	361
21/8/2006 02:00	247
21/8/2006 01:00	234
21/8/2006 00:00	314
20/8/2006 23:00	477
20/8/2006 22:00	751
20/8/2006 21:00	956
20/8/2006 20:00	1091
20/8/2006 19:00	1245
20/8/2006 18:00	1517
20/8/2006 17:00	1412
20/8/2006 16:00	1322
20/8/2006 15:00	1039
20/8/2006 14:00	837
20/8/2006 13:00	733
20/8/2006 12:00	787
20/8/2006 11:00	757
20/8/2006 10:00	738
20/8/2006 09:00	654

20/8/2006 08:00	553
20/8/2006 07:00	425
20/8/2006 06:00	250
20/8/2006 05:00	175
20/8/2006 04:00	166
20/8/2006 03:00	119
20/8/2006 02:00	119
20/8/2006 01:00	163
20/8/2006 00:00	258
19/8/2006 23:00	399
19/8/2006 22:00	396
19/8/2006 21:00	388
19/8/2006 20:00	520
19/8/2006 19:00	663
19/8/2006 18:00	876
19/8/2006 17:00	995
19/8/2006 16:00	852
19/8/2006 15:00	885
19/8/2006 14:00	785
19/8/2006 13:00	874
19/8/2006 12:00	924
19/8/2006 11:00	888
19/8/2006 10:00	931
19/8/2006 09:00	945
19/8/2006 08:00	851
19/8/2006 07:00	825
19/8/2006 06:00	578
19/8/2006 05:00	347
19/8/2006 04:00	238
19/8/2006 03:00	236
19/8/2006 02:00	216
19/8/2006 01:00	255
19/8/2006 00:00	302
18/8/2006 23:00	487
18/8/2006 22:00	550
18/8/2006 21:00	628
18/8/2006 20:00	852
18/8/2006 19:00	1175
18/8/2006 18:00	1425
18/8/2006 17:00	1574
18/8/2006 16:00	1442
18/8/2006 15:00	1273
18/8/2006 14:00	1263
18/8/2006 13:00	1135
18/8/2006 12:00	1046
18/8/2006 11:00	1087
18/8/2006 10:00	1132
18/8/2006 09:00	1173
18/8/2006 08:00	1152

18/8/2006 07:00	1326
18/8/2006 06:00	820
18/8/2006 05:00	640
18/8/2006 04:00	454
18/8/2006 03:00	385
18/8/2006 02:00	270
18/8/2006 01:00	285
18/8/2006 00:00	330
17/8/2006 23:00	480
17/8/2006 22:00	579
17/8/2006 21:00	577
17/8/2006 20:00	744
17/8/2006 19:00	984
17/8/2006 18:00	1298
17/8/2006 17:00	1510
17/8/2006 16:00	1304
17/8/2006 15:00	1194
17/8/2006 14:00	1157
17/8/2006 13:00	1130
17/8/2006 12:00	1009
17/8/2006 11:00	1043
17/8/2006 10:00	1028
17/8/2006 09:00	1137
17/8/2006 08:00	1221
17/8/2006 07:00	1228
17/8/2006 06:00	872
17/8/2006 05:00	610
17/8/2006 04:00	424
17/8/2006 03:00	341
17/8/2006 02:00	369
17/8/2006 01:00	220
17/8/2006 00:00	306
16/8/2006 23:00	431
16/8/2006 22:00	468
16/8/2006 21:00	546
16/8/2006 20:00	700
16/8/2006 19:00	934
16/8/2006 18:00	1397
16/8/2006 17:00	1479
16/8/2006 16:00	1207
16/8/2006 15:00	1182
16/8/2006 14:00	1158
16/8/2006 13:00	1128
16/8/2006 12:00	1030
16/8/2006 11:00	1056
16/8/2006 10:00	1019
16/8/2006 09:00	1033
16/8/2006 08:00	1233
16/8/2006 07:00	1212

16/8/2006 06:00	834
16/8/2006 05:00	542
16/8/2006 04:00	455
16/8/2006 03:00	350
16/8/2006 02:00	249
16/8/2006 01:00	273
16/8/2006 00:00	286
15/8/2006 23:00	401
15/8/2006 22:00	499
15/8/2006 21:00	537
15/8/2006 20:00	685
15/8/2006 19:00	851
15/8/2006 18:00	1313
15/8/2006 17:00	1346
15/8/2006 16:00	1241
15/8/2006 15:00	1133
15/8/2006 14:00	1159
15/8/2006 13:00	1057
15/8/2006 12:00	998
15/8/2006 11:00	1075
15/8/2006 10:00	1131
15/8/2006 09:00	1172
15/8/2006 08:00	1341
15/8/2006 07:00	1324
15/8/2006 06:00	876
15/8/2006 05:00	580
15/8/2006 04:00	412
15/8/2006 03:00	350
15/8/2006 02:00	248
15/8/2006 01:00	265
15/8/2006 00:00	252
14/8/2006 23:00	384
14/8/2006 22:00	486
14/8/2006 21:00	561
14/8/2006 20:00	641
14/8/2006 19:00	865
14/8/2006 18:00	1226
14/8/2006 17:00	1255
14/8/2006 16:00	1203
14/8/2006 15:00	1028
14/8/2006 14:00	1109
14/8/2006 13:00	1006
14/8/2006 12:00	1001
14/8/2006 11:00	1073
14/8/2006 10:00	1076
14/8/2006 09:00	1151
14/8/2006 08:00	1372
14/8/2006 07:00	1526
14/8/2006 06:00	1065

14/8/2006 05:00	691
14/8/2006 04:00	550
14/8/2006 03:00	367
14/8/2006 02:00	238
14/8/2006 01:00	302
14/8/2006 00:00	359
13/8/2006 23:00	592
13/8/2006 22:00	901
13/8/2006 21:00	1211
13/8/2006 20:00	1349
13/8/2006 19:00	1474
13/8/2006 18:00	1709
13/8/2006 17:00	1678
13/8/2006 16:00	1485
13/8/2006 15:00	997
13/8/2006 14:00	736
13/8/2006 13:00	594
13/8/2006 12:00	639
13/8/2006 11:00	790
13/8/2006 10:00	673
13/8/2006 09:00	618
13/8/2006 08:00	484
13/8/2006 07:00	325
13/8/2006 06:00	254
13/8/2006 05:00	165
13/8/2006 04:00	124
13/8/2006 03:00	135
13/8/2006 02:00	144
13/8/2006 01:00	170
13/8/2006 00:00	279
12/8/2006 23:00	346
12/8/2006 22:00	440
12/8/2006 21:00	414
12/8/2006 20:00	551
12/8/2006 19:00	705
12/8/2006 18:00	870
12/8/2006 17:00	1018
12/8/2006 16:00	871
12/8/2006 15:00	858
12/8/2006 14:00	885
12/8/2006 13:00	815
12/8/2006 12:00	867
12/8/2006 11:00	955
12/8/2006 10:00	952
12/8/2006 09:00	898
12/8/2006 08:00	877
12/8/2006 07:00	862
12/8/2006 06:00	542
12/8/2006 05:00	351

12/8/2006 04:00	248
12/8/2006 03:00	218
12/8/2006 02:00	235
12/8/2006 01:00	242
12/8/2006 00:00	320
11/8/2006 23:00	456
11/8/2006 22:00	611
11/8/2006 21:00	701
11/8/2006 20:00	923
11/8/2006 19:00	1173
11/8/2006 18:00	1507
11/8/2006 17:00	1579
11/8/2006 16:00	1410
11/8/2006 15:00	1369
11/8/2006 14:00	1301
11/8/2006 13:00	1115
11/8/2006 12:00	1065
11/8/2006 11:00	1010
11/8/2006 10:00	1107
11/8/2006 09:00	1034
11/8/2006 08:00	1136
11/8/2006 07:00	1220
11/8/2006 06:00	826
11/8/2006 05:00	593
11/8/2006 04:00	524
11/8/2006 03:00	368
11/8/2006 02:00	274
11/8/2006 01:00	295
11/8/2006 00:00	360
10/8/2006 23:00	488
10/8/2006 22:00	556
10/8/2006 21:00	570
10/8/2006 20:00	704
10/8/2006 19:00	936
10/8/2006 18:00	1369
10/8/2006 17:00	1496
10/8/2006 16:00	1264
10/8/2006 15:00	1219
10/8/2006 14:00	1224
10/8/2006 13:00	1090
10/8/2006 12:00	898
10/8/2006 11:00	1030
10/8/2006 10:00	1131
10/8/2006 09:00	1109
10/8/2006 08:00	1235
10/8/2006 07:00	1338
10/8/2006 06:00	909
10/8/2006 05:00	569
10/8/2006 04:00	453

10/8/2006 03:00	333
10/8/2006 02:00	251
10/8/2006 01:00	233
10/8/2006 00:00	285
9/8/2006 23:00	442
9/8/2006 22:00	490
9/8/2006 21:00	555
9/8/2006 20:00	678
9/8/2006 19:00	950
9/8/2006 18:00	1296
9/8/2006 17:00	1504
9/8/2006 16:00	1348
9/8/2006 15:00	1202
9/8/2006 14:00	1128
9/8/2006 13:00	1034
9/8/2006 12:00	970
9/8/2006 11:00	1014
9/8/2006 10:00	1063
9/8/2006 09:00	1085
9/8/2006 08:00	1199
9/8/2006 07:00	1225
9/8/2006 06:00	836
9/8/2006 05:00	577
9/8/2006 04:00	499
9/8/2006 03:00	323
9/8/2006 02:00	241
9/8/2006 01:00	235
9/8/2006 00:00	284
8/8/2006 23:00	439
8/8/2006 22:00	513
8/8/2006 21:00	584
8/8/2006 20:00	670
8/8/2006 19:00	973
8/8/2006 18:00	1268
8/8/2006 17:00	1388
8/8/2006 16:00	1228
8/8/2006 15:00	1191
8/8/2006 14:00	1128
8/8/2006 13:00	978
8/8/2006 12:00	961
8/8/2006 11:00	1026
8/8/2006 10:00	1008
8/8/2006 09:00	1054
8/8/2006 08:00	1232
8/8/2006 07:00	1267
8/8/2006 06:00	847
8/8/2006 05:00	551
8/8/2006 04:00	412
8/8/2006 03:00	326

8/8/2006 02:00	267
8/8/2006 01:00	211
8/8/2006 00:00	283
7/8/2006 23:00	394
7/8/2006 22:00	513
7/8/2006 21:00	491
7/8/2006 20:00	661
7/8/2006 19:00	925
7/8/2006 18:00	1232
7/8/2006 17:00	1325
7/8/2006 16:00	1108
7/8/2006 15:00	1129
7/8/2006 14:00	1115
7/8/2006 13:00	961
7/8/2006 12:00	877
7/8/2006 11:00	985
7/8/2006 10:00	1044
7/8/2006 09:00	1102
7/8/2006 08:00	1344
7/8/2006 07:00	1556
7/8/2006 06:00	996
7/8/2006 05:00	707
7/8/2006 04:00	493
7/8/2006 03:00	334
7/8/2006 02:00	219
7/8/2006 01:00	210
7/8/2006 00:00	305
6/8/2006 23:00	473
6/8/2006 22:00	735
6/8/2006 21:00	947
6/8/2006 20:00	1089
6/8/2006 19:00	1181
6/8/2006 18:00	1369
6/8/2006 17:00	1388
6/8/2006 16:00	1190
6/8/2006 15:00	958
6/8/2006 14:00	861
6/8/2006 13:00	729
6/8/2006 12:00	775
6/8/2006 11:00	710
6/8/2006 10:00	648
6/8/2006 09:00	595
6/8/2006 08:00	487
6/8/2006 07:00	466
6/8/2006 06:00	291
6/8/2006 05:00	223
6/8/2006 04:00	156
6/8/2006 03:00	122
6/8/2006 02:00	101

6/8/2006 01:00	138
6/8/2006 00:00	219
5/8/2006 23:00	347
5/8/2006 22:00	458
5/8/2006 21:00	416
5/8/2006 20:00	532
5/8/2006 19:00	665
5/8/2006 18:00	879
5/8/2006 17:00	840
5/8/2006 16:00	844
5/8/2006 15:00	903
5/8/2006 14:00	826
5/8/2006 13:00	866
5/8/2006 12:00	899
5/8/2006 11:00	896
5/8/2006 10:00	847
5/8/2006 09:00	849
5/8/2006 08:00	860
5/8/2006 07:00	890
5/8/2006 06:00	551
5/8/2006 05:00	367
5/8/2006 04:00	260
5/8/2006 03:00	223
5/8/2006 02:00	222
5/8/2006 01:00	220
5/8/2006 00:00	286
4/8/2006 23:00	417
4/8/2006 22:00	602
4/8/2006 21:00	724
4/8/2006 20:00	899
4/8/2006 19:00	1167
4/8/2006 18:00	1435
4/8/2006 17:00	1534
4/8/2006 16:00	1448
4/8/2006 15:00	1319
4/8/2006 14:00	1228
4/8/2006 13:00	1151
4/8/2006 12:00	1084
4/8/2006 11:00	1046
4/8/2006 10:00	1101
4/8/2006 09:00	1129
4/8/2006 08:00	1104
4/8/2006 07:00	1259
4/8/2006 06:00	881
4/8/2006 05:00	563
4/8/2006 04:00	471
4/8/2006 03:00	357
4/8/2006 02:00	237
4/8/2006 01:00	241

4/8/2006 00:00	299
3/8/2006 23:00	450
3/8/2006 22:00	542
3/8/2006 21:00	603
3/8/2006 20:00	699
3/8/2006 19:00	1012
3/8/2006 18:00	1396
3/8/2006 17:00	1403
3/8/2006 16:00	1313
3/8/2006 15:00	1151
3/8/2006 14:00	1171
3/8/2006 13:00	1067
3/8/2006 12:00	980
3/8/2006 11:00	1018
3/8/2006 10:00	1039
3/8/2006 09:00	1130
3/8/2006 08:00	1163
3/8/2006 07:00	1260
3/8/2006 06:00	870
3/8/2006 05:00	530
3/8/2006 04:00	452
3/8/2006 03:00	339
3/8/2006 02:00	256
3/8/2006 01:00	258
3/8/2006 00:00	281
2/8/2006 23:00	415
2/8/2006 22:00	450
2/8/2006 21:00	560
2/8/2006 20:00	659
2/8/2006 19:00	893
2/8/2006 18:00	1341
2/8/2006 17:00	1405
2/8/2006 16:00	1315
2/8/2006 15:00	1182
2/8/2006 14:00	1124
2/8/2006 13:00	1112
2/8/2006 12:00	969
2/8/2006 11:00	950
2/8/2006 10:00	1096
2/8/2006 09:00	1111
2/8/2006 08:00	1130
2/8/2006 07:00	1230
2/8/2006 06:00	874
2/8/2006 05:00	510
2/8/2006 04:00	440
2/8/2006 03:00	300
2/8/2006 02:00	224
2/8/2006 01:00	273
2/8/2006 00:00	296

1/8/2006 23:00	381
1/8/2006 22:00	508
1/8/2006 21:00	533
1/8/2006 20:00	658
1/8/2006 19:00	922
1/8/2006 18:00	1317
1/8/2006 17:00	1411
1/8/2006 16:00	1247
1/8/2006 15:00	1171

1/8/2006 14:00	1114
1/8/2006 13:00	1068
1/8/2006 12:00	1023
1/8/2006 11:00	1094
1/8/2006 10:00	1050
1/8/2006 09:00	1115
1/8/2006 08:00	1146
1/8/2006 07:00	1266
1/8/2006 06:00	812

1/8/2006 05:00	523
1/8/2006 04:00	426
1/8/2006 03:00	309
1/8/2006 02:00	244
1/8/2006 01:00	245
1/8/2006 00:00	242

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)