

# DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO COMO APOIO A MOBILIDADE URBANA

**Vânia Barcellos Gouvêa Campos**  
**Lucélia Fehlberg Pereira**  
**Altair dos santos Ferreira Filho**  
Instituto Militar de Engenharia  
Mestrado em Engenharia de Transportes  
Praça General Tiburcio , 80 Praia Vermelha  
22290-270 - Rio de Janeiro- Brasil  
E-mail: [vania@ime.eb.br](mailto:vania@ime.eb.br)  
[luceliafp@ig.com.br](mailto:luceliafp@ig.com.br)  
[alatif@ime.eb.br](mailto:alatif@ime.eb.br)

## Tema : Controle de Tráfego e Mobilidade

### 1- INTRODUÇÃO

Os congestionamentos de tráfego e o excesso de velocidade trazem diversas conseqüências negativas para a sociedade, como o desperdício de tempo, os acidentes e os custos decorrentes destes. A solução habitual para o problema de congestionamentos é a expansão física das vias, que, apesar de trazer benefícios como o aumento da capacidade viária, e aparentemente melhorar a mobilidade urbana, termina por utilizar espaços que poderiam ser ocupados por áreas verdes ou de lazer, e assim, contribuindo para a degradação da qualidade de vida dos habitantes nos centros urbanos.

Sendo assim, várias medidas alternativas à ampliação das vias têm sido tomadas para que os sistemas viários sejam mais bem utilizados. Uma delas é a implantação de sistemas de controle do tráfego urbano, tendo como principal objetivo a otimização do uso da infraestrutura viária, reduzindo congestionamentos e melhorando as condições de segurança para motoristas e pedestres.

Para a operação destes sistemas, é necessária a coleta de diversos tipos de dados sobre as correntes de tráfego. Estas coletas podem ser feitas manualmente ou de forma automatizada utilizando-se, para isso, dispositivos eletrônicos tais como os detectores de veículos.

Porém, em muitos casos, os sistemas de controle de tráfego são implantados sem a preocupação com a utilização dos dados coletados por estes dispositivos para fins além do controle de tráfego propriamente dito, e sem uma padronização que possibilite integrar sistemas de diferentes regiões.

Sendo assim, apresenta-se neste trabalho um estudo sobre o emprego dos dados coletados por estes dispositivos, e como os mesmos podem ser utilizados para fins além do controle de tráfego, visando melhorar a fluidez do tráfego e contribuir para uma melhor mobilidade. Para exemplificar o potencial de utilização das informações dos dispositivos, desenvolveu-se um protótipo que permite uma análise do nível de serviço das vias e fornece, via internet, informação ao usuário sobre o tempo de viagem nas vias, a partir da análise dos dados fornecidos em tempo real pelos dispositivos de controle de tráfego.

Objetivou-se neste trabalho contribuir para um melhor aproveitamento das informações que podem ser obtidas pelos dispositivos de controle de tráfego e que podem auxiliar na proposta de medidas que visem melhorar a fluidez do tráfego, a redução de acidente e a perda de tempo e, conseqüentemente, melhorar a mobilidade nas áreas urbanas.

### 2- DISPOSITIVOS DE CONTROLE ELETRÔNICO

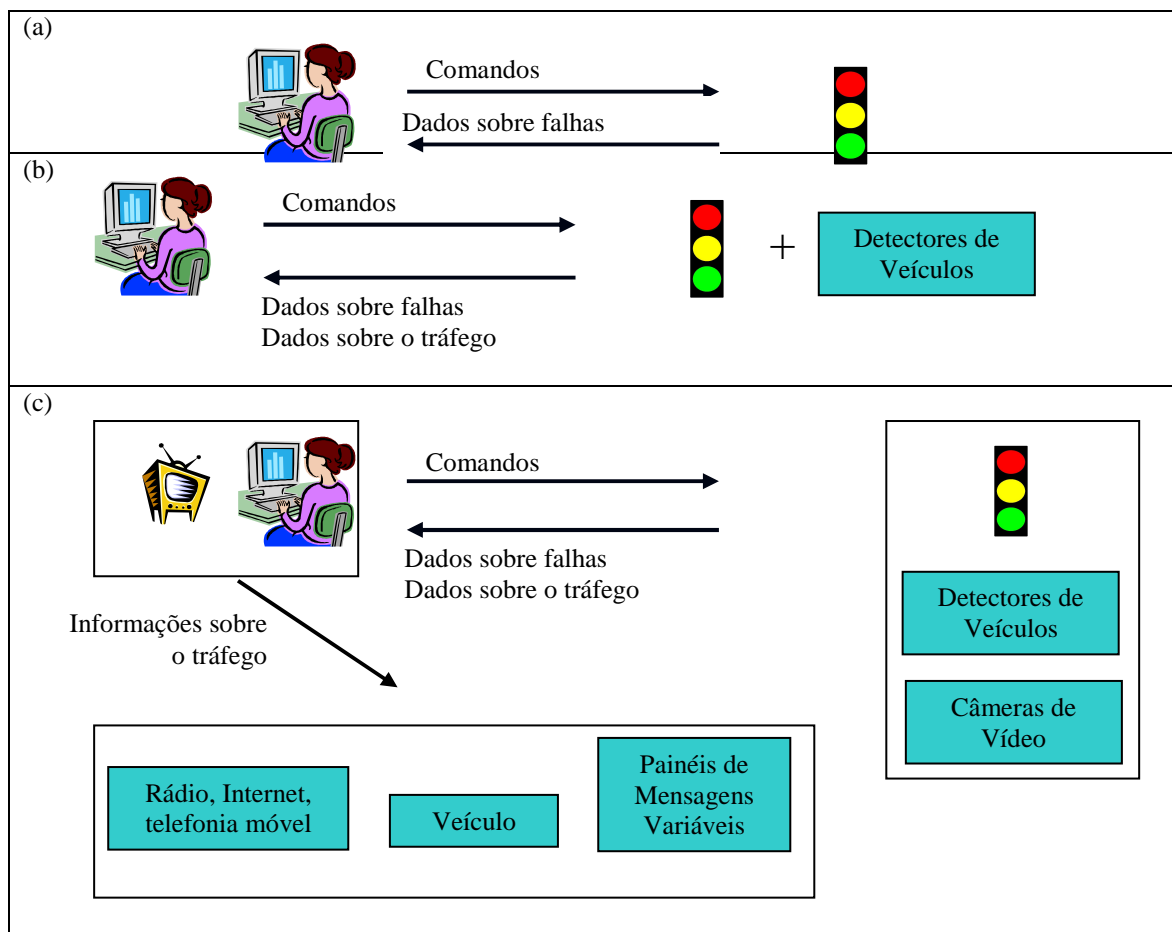
Existem diferentes estratégias de controle de tráfego, que comprovadamente trazem diversos benefícios para a sociedade, tendo em vista que por meio da redução dos congestionamentos, levam a economia de combustíveis, redução de tempos de viagem, redução das agressões ao meio ambiente (menor poluição atmosférica e menor ruído), redução de acidentes, dentre outros.

Os primeiros sistemas de controle do tráfego urbano tiveram como objetivo melhorar as condições de circulação e fluidez exclusivamente dos veículos privados. Com o tempo, estes objetivos foram se expandindo, passando a incluir, entre outros, a priorização do transporte coletivo, a maximização da segurança dos pedestres e dos ciclistas, além da redução do consumo de combustível e da emissão de poluentes (LEANDRO, 2001).

O controle semaforizado de tráfego surgiu devido à necessidade de se alternar o direito de passagem para diferentes correntes de tráfego de veículos e pedestres, de forma melhorar a fluidez e as condições de segurança em locais onde os volumes de tráfego e/ou de pedestres se tornaram significativamente grandes.

A complexidade de se controlar muitas interseções semaforizadas, a necessidade de obtenção de respostas mais rápidas à variação dos fluxos de tráfego e de economia de recursos humanos e financeiros fizeram com que houvesse uma busca por modos de executar as operações de programação dos semáforos e de detecção de falhas de forma mais eficiente. Além disso, com o crescimento dos congestionamentos, surgiu a necessidade de realizar programações semaforicas visando otimizar o tráfego em corredores inteiros ou em áreas formadas por vários corredores, ao invés de fazê-lo apenas por interseções isoladas. Surgiram, assim, softwares que permitem a realização dessas operações e centrais de controle à distância.

Nas últimas décadas, com a evolução tecnológica (Fig 1), os sistemas de controle de tráfego foram adquirindo uma maior complexidade e outros dispositivos foram agregados a eles. Além disso, foi adicionada ao sistema a figura do usuário, como receptor de informações e tomador de decisões. Conseqüentemente, o fluxo de dados e informações tornou-se mais complexo, conforme ilustrado na Figura1(c).



**FIG.1 Evolução dos sistemas de controle**

É importante ressaltar que, tanto sistemas mais simples, como o ilustrado na Figura 1a quanto sistemas mais sofisticados como os das Figuras 1b e Figura 1c têm sido empregados até os dias atuais pois cada um deles é adequado para diferentes situações.

O controle do tráfego é realizado em vias de fluxo interrompido e em vias de fluxo ininterrupto. Nas vias de fluxo interrompido, este controle está mais voltado para a melhora das condições de fluidez e de segurança atuando na alternância do direito de passagem dos veículos e dos pedestres. Já nas vias de fluxo ininterrupto, como as vias expressas, o controle está mais voltado para a fiscalização da velocidade dos veículos e para o controle de acesso de veículos provenientes de outras vias.

Os sistemas de controle de tráfego diferem entre si por vários motivos, dentre eles: tipos de equipamentos, meios de comunicação e estratégias de controle adotadas. Estes sistemas são compostos basicamente por equipamentos instalados nas vias e uma central de controle de tráfego interligados por algum meio de comunicação como, por exemplo, linhas telefônicas privadas. Nestas centrais, são emitidos os comandos a serem obedecidos pelos equipamentos em campo.

### 3- DETECÇÃO DE DADOS

Os detectores de veículos são utilizados para a obtenção automatizada de dados relativos ao tráfego de veículos. Cada detector coleta dados primários, a partir dos quais pode-se obter dados secundários, utilizando-se, para isso, relações matemáticas. Por exemplo: é possível, por meio de um detector de laço indutivo, a obtenção do número de veículos passando por um trecho e a taxa de ocupação deste trecho (estes são os dados primários). A partir destes parâmetros, pode-se obter a velocidade de tráfego. Porém, para isso é necessário empregar algum tipo de formulação (a velocidade neste caso é um dado secundário).

A tabela 1 a seguir apresenta quais são os dados de tráfego tipicamente fornecidos por diferentes tipos de detectores de veículos.

**TAB. 1 Tipos de dados fornecidos por diferentes tecnologias de detecção de veículos**

Tecnologia de detecção de veículos	Dados de saída				
	Volume de tráfego	Presença de veículos	Velocidade	% de Ocupação da Via	Classificação dos veículos
Laços Indutivos	X	X	XX	X	XX
Magnetômetro (Two-axis fluxgate)	X	X	XX	X	
Magnéticos (Indução ou search coil magnetometer)	X	XX	XX	X	
Radar Microondas	X	XX	X	X	XX
Infravermelhos Ativos (radar laser)	X	X	XX	X	X
Infravermelhos Passivos	X	X	XX	X	
Detectores ultra-sônicos	X	X		X	
Detectores Acústicos	X	X	X	X	
Processamento de Imagens de Vídeo	X	X	X	X	X

Fonte: adaptado de KLEIN (2001) *apud* FHWA (2003)

Nas células marcadas com a letra “xx”, as informações podem ser obtidas apenas quando são utilizados modelos específicos destes dispositivos ou quando mais de um deles é instalado, como no caso dos laços indutivos, magnetômetros e detectores magnéticos.

Os detectores de laços indutivos vêm sendo os dispositivos mais utilizados para monitorar os fluxos de tráfego e para controle semafórico devido principalmente ao seu custo relativamente baixo. Algumas das tecnologias de detecção que ficam acima da via, como processamento de imagens de vídeo, radar microondas multi-zonas e detectores

infravermelhos passivos podem substituir vários detectores de laços indutivos. Nestas aplicações, o custo mais alto desses detectores pode compensar os custos de instalação e manutenção de múltiplos detectores de laços indutivos (FHWA, 2003).

### **3- A INFORMAÇÃO COMO INSTRUMENTO DE MELHORA DA MOBILIDADE**

Para disseminação das informações obtidas por meio dos sistemas de controle de tráfego, podem ser utilizados Painéis de Mensagens Variáveis. Além desses dispositivos, as informações podem ser enviadas por meio da Internet (boletins com condições de tráfego em forma de tabelas e/ou mapas), via telefonia celular, rádio, TV, dentre outros.

Os Painéis de Mensagens Variáveis (PMV) são dispositivos instalados ao longo das vias para exibição de mensagens aos motoristas. Estas mensagens podem ser referentes a diversos tipos de informações, como: condições do tráfego no momento em que o motorista passa pelo painel (fluidez do tráfego, tempos de viagem), indicações da melhor rota a ser seguida para se chegar a um destino (*route guidance*), alterações nas condições de operação das vias em função de incidentes ou eventos programados (exemplo: manutenção da via), condições climáticas adversas e mensagens educativas.

Além disso, as informações obtidas podem ser úteis no planejamento do tráfego, na medida em que se observa a demanda de fluxo e, por exemplo, o nível de serviço nas vias.

Assim, com o objetivo de mostrar a utilidade dos dados coletados como instrumento de auxílio a melhora da mobilidade, desenvolveu-se um protótipo computacional que possibilita por exemplo, a análise do nível de serviço de uma via a partir dos dados coletados na mesma e de informação ao usuário, via internet sobre o tempo de viagem na via. O usuário com esta informação pode decidir sobre que itinerário utilizar e o planejador decidir sobre medidas para melhorar a fluidez do tráfego

#### **3.1 Protótipo de Informação**

O desenvolvimento deste Protótipo teve por objetivo mostrar como os dados coletados por dispositivos eletrônicos podem ser utilizados para o fornecimento de informações para os planejadores e para os usuários do sistema viário (Pereira, 2005).

Para tanto foram utilizados dados de tráfego numa via de São Paulo fornecidos pela CET-SP. O setor de planejamento da CET-SP recebe dados coletados por detectores de veículos, empregados para o controle eletrônico de velocidade, instalados em diversos locais da cidade. Estes dados são enviados pela empresa que opera os controladores eletrônicos de velocidade para a CET-SP via Internet durante todo o dia e o acesso à página que contém os dados não é aberto ao público.

Para a elaboração das análises e exemplos de aplicação, foi utilizada uma amostra desses dados, referente ao km 9 da pista expressa da Marginal Pinheiros, no sentido Castelo Branco/Interlagos. Os dados obtidos referem-se ao período entre as 11:00 do dia 24/11/2004 e as 10:00 do dia 25/11/2004. Esta amostra de dados foi fornecida em formatos *php* e *html*, que são os mesmos formatos nos quais os funcionários da CET-SP têm acesso aos dados.

Foram fornecidos dados de volume de tráfego, velocidade média e taxa de ocupação com intervalos de agregação de 1 hora e de 1 minuto, durante 24 horas. Também foram fornecidos dados de distribuição de veículos quanto ao porte (classificados em moto, pequeno, médio e grande), além de dados de distribuição de veículos por faixa de velocidade.

O armazenamento de dados e a obtenção dos mesmos em tempo real possibilitam diversos tipos de aplicação. Dentre elas, está o cálculo do nível de serviço de uma via, útil para o planejador, e o tempo de viagem para o usuário, informação que pode ser obtida pela Internet. Estes tipos de aplicações foram exemplificados conforme a seguir.

##### **3.1.1 Determinação do nível de serviço em uma via expressa**

Na aplicação dos dados coletados por detectores de veículos para o planejamento de tráfego foi utilizada a amostra de dados fornecida pela CET-SP. Como não foi possível a

obtenção de informações sobre a geometria da via expressa na qual estes foram coletados, considerou-se estes dados como sendo pertencentes a uma via expressa de três faixas por sentido.

A determinação do nível de serviço na via se deu com base na metodologia para cálculo de capacidade e nível de serviço para rodovias (e vias expressas) de múltiplas faixas do *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB,2000).

A via foi segmentada em trechos de 1 km de extensão e considerou-se que esta via possui topografia plana e que predominam viagens casa-trabalho/trabalho-casa.

Sendo assim, para o cálculo da taxa de fluxo horária máxima, é necessário determinar o volume de tráfego na hora-pico da via e conhecer a classificação dos veículos quanto ao porte. Estas informações foram obtidas, neste exemplo, a partir dos dados fornecidos pela CET-SP, Com base nos dados de classificação fornecidos pelos detectores, foram calculados os percentuais de veículos pesados e de veículos recreacionais.

O nível de serviço da via foi obtido consultando-se a tabela 21-2 do HCM, entrando-se com os valores encontrados para a VFL e a taxa de fluxo horária máxima. Sendo assim, para uma VFL = 76 km/h , obtida a partir de uma análise dos dados coletados, e uma taxa de fluxo horária máxima de 1586 cp/hora/faixa, observou-se para a via o nível de serviço D.

A informação sobre o nível de serviço é importante para aplicações como a elaboração de relatórios de impacto urbano para instalação de novos empreendimentos nas cidades e para o planejamento de novas vias com características semelhantes da analisada. É útil também para a avaliação do desempenho do controle de velocidade, que pode trazer benefícios quanto a segurança, mas também pode ocasionar congestionamentos em certos horários. Vale ressaltar que, em alguns países, já se utiliza o controle de velocidade com limites variáveis durante o dia, os quais são trocados na central de controle e informados aos motoristas via painéis de mensagens variáveis, tendo como consequência o equilíbrio entre a redução de acidentes e a manutenção de níveis aceitáveis de serviço.

### **3.1.2 Informação sobre tempos de viagem**

Além da utilidade dos dados para o planejamento, existe a possibilidade de empregá-los para fins operacionais. Uma dessas aplicações é a obtenção de tempos de viagem, que é um tipo de informação relevante para usuários que desejam realizar deslocamentos nas vias urbanas.

A velocidade e/ou tempo de viagem são freqüentemente usados como medidas de qualidade de serviço do tráfego, visto que ambos são imediatamente discerníveis aos motoristas e afetam seu conforto e comodidade. Pode-se comparar uma informação como “o tráfego do trecho A para o trecho B está livre”, que está repleta de subjetividade para o usuário que a interpreta, com a informação “tempo médio de viagem do trecho A para o trecho B = 15 minutos”, que é menos sujeita a interpretações discrepantes entre os usuários.

Além da sua aplicação operacional, os tempos de viagem são informações utilizadas no planejamento e, portanto, o seu armazenamento em base de dados é importante. Sendo assim, além das análises descritas no item anterior, será mostrado um exemplo no qual foram calculados tempos de viagem em uma via expressa para alguns horários selecionados dentre todos os fornecidos pela CET-SP.

Para isso, foi utilizada a seguinte equação (SHBAKLO *et al.*, 1992) de tempo de viagem:

$$T(g) = \frac{L(g)}{L(ef)} * \left( \frac{OCC(g)}{q(g)} \right) \quad (1)$$

onde:

T(g) = Tempo de viagem no segmento g

L(g) = Comprimento do segmento g

L(ef) = Comprimento médio efetivo do veículo (obtido por amostras de dados previamente coletadas na via)

OCC(g) = Taxa de ocupação do segmento g

$q(g)$  = Velocidade do veículo em um fluxo de tráfego uniforme ao longo do segmento, usando as informações de ocupação e fluxo sobre o segmento<sup>1</sup>.

A equação de tempo de viagem empregada neste exemplo é aplicável a vias expressas com detectores de veículos igualmente espaçados instalados na via. Os tempos de viagem ponto a ponto são obtidos somando-se os tempos de viagem nos segmentos ao longo do caminho de pontos.

Para o exemplo deste trabalho, foi utilizada a mesma via fictícia do exemplo de cálculo do nível de serviço. Para tanto, foram considerados, então, 6 trechos em uma via expressa com detectores de veículos instalados em intervalos de 1 km (Figura 2). Os pontos em cor lilás representam os detectores de veículos. No trecho 1, que se inicia no ponto "A", foram inseridas as informações de tempos de viagem (em minutos) calculadas a partir dos dados da amostra da CET-SP. Nos demais trechos foram utilizados dados fictícios.

Sendo assim, os mapas a seguir foram gerados a partir de uma base de dados sobre a rede viária que foi alimentada em um dos pontos com as informações de tempos de viagem calculadas a partir dos dados reais e nos outros pontos com tempos de viagem fictícios.

É importante que as informações estejam disponíveis para os usuários durante todo o dia, sendo assim, é necessário estabelecer um período de atualização dos mesmos. Em situações já existentes, como no caso do site da CET-SP (<http://www.cetesp.com.br>), as informações sobre a fluidez do tráfego são atualizadas em média a cada 30 minutos das 7:00h às 20:00h de segunda a sexta-feira.

Como exemplos, foram apresentadas quatro situações distintas, com o tráfego apresentando diferentes carregamentos, conforme os mapas a seguir, onde são apresentados os tempos de viagem para diferentes horários do dia. Foram criadas escalas de cores e, quanto maiores os tempos de viagem, mais escuras são as cores no mapa.



FIG. 2 Tempos de viagem às 4:00

<sup>1</sup> Velocidade medida pelo detector ou calculada em função de dados de fluxo e taxa de ocupação coletados por um detector no momento da passagem do veículo.



FIG. 3 Tempos de viagem às 9:00

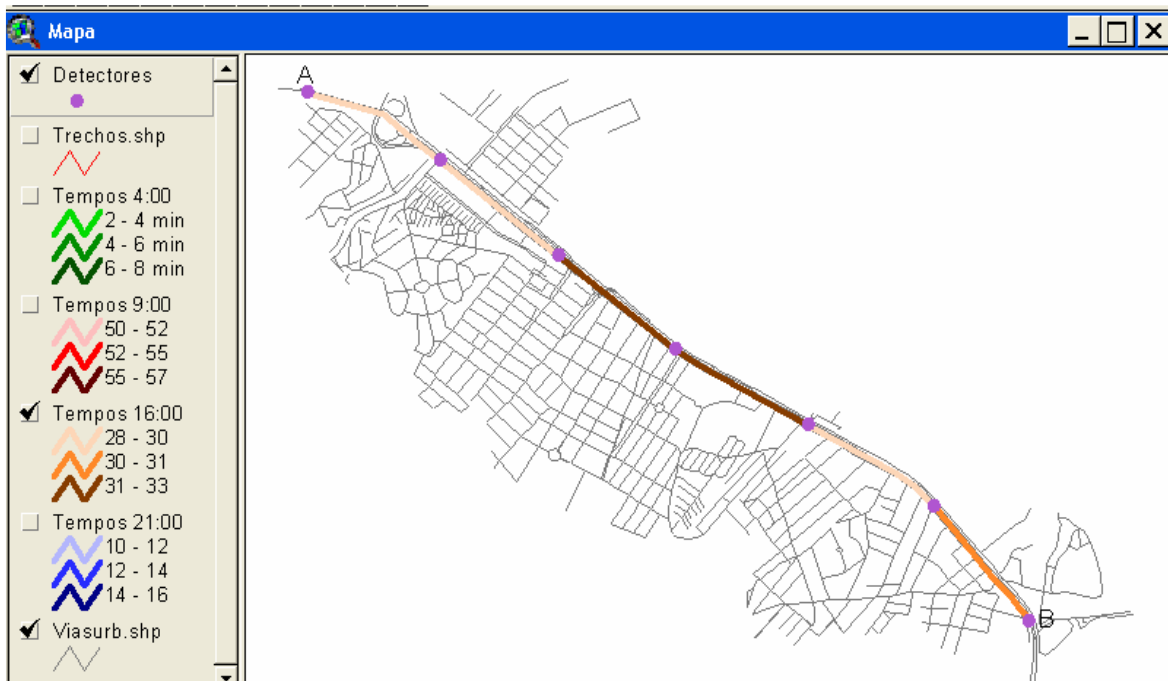


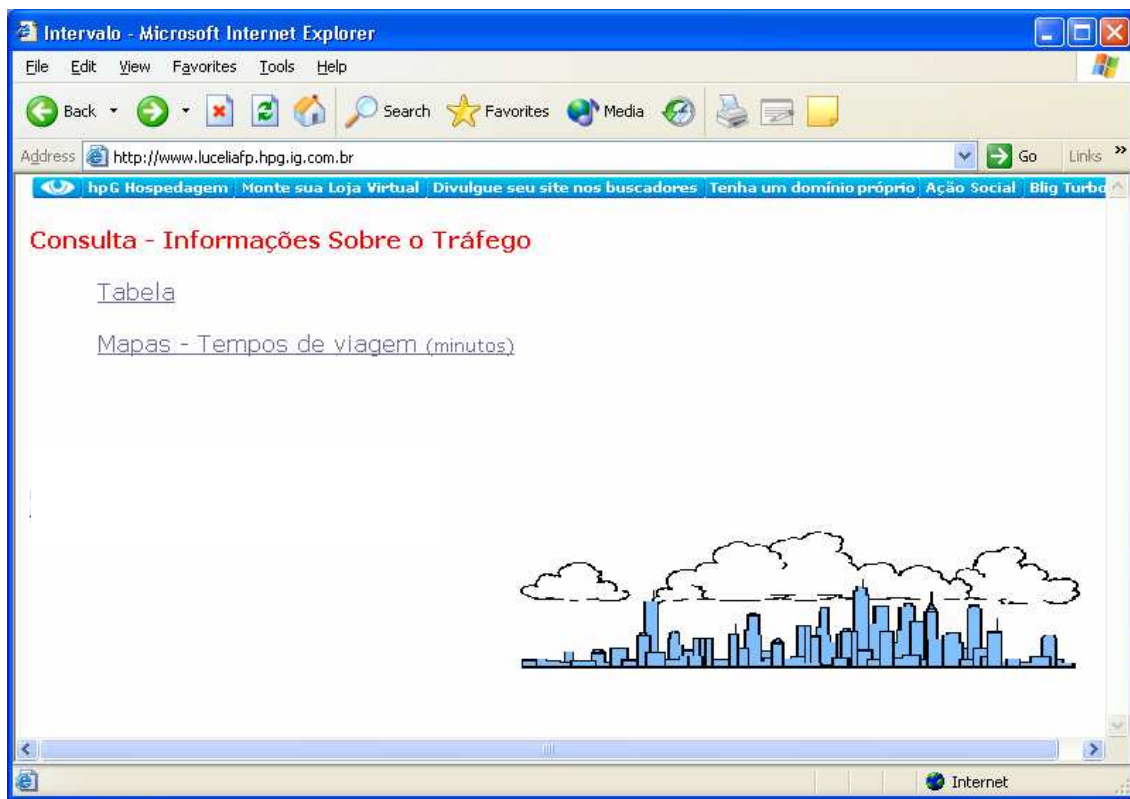
FIG..4 Tempos de viagem às 16:00



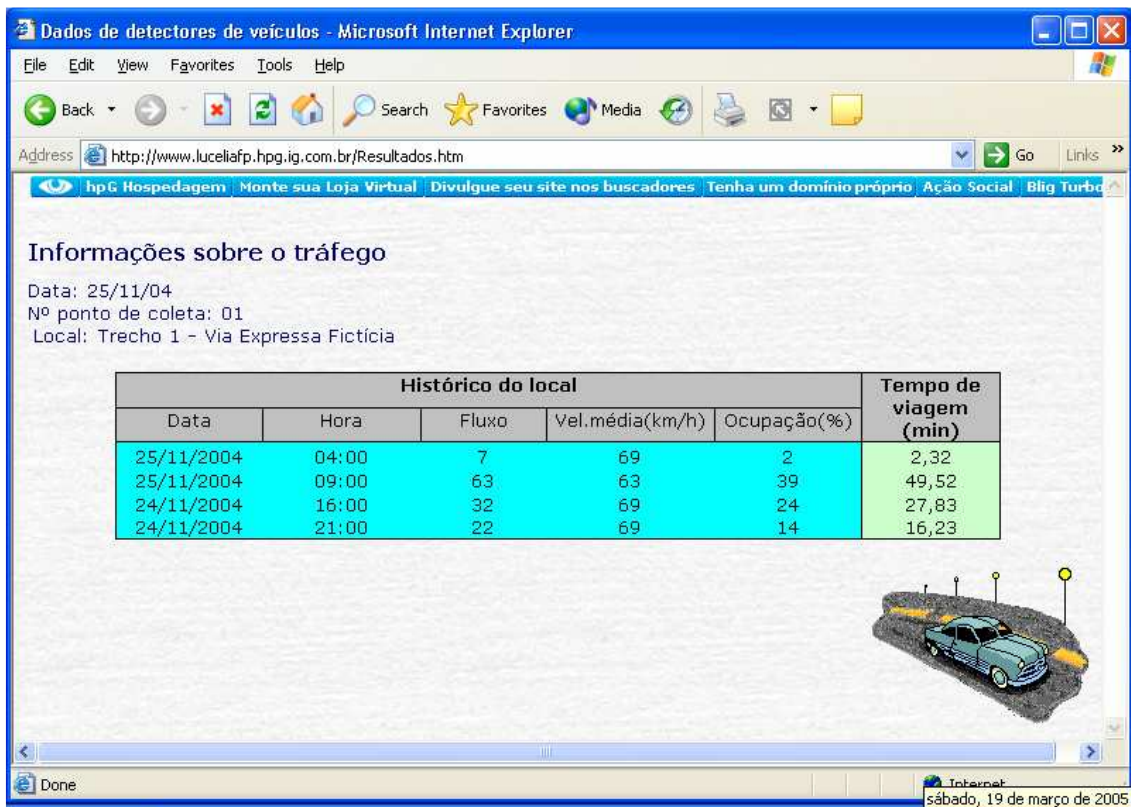
**FIG. 5 Tempos de viagem às 21:00**

Como as informações apresentadas nas figuras 2, 3, 4 e 5 são úteis para os usuários do sistema viário, é interessante apresentá-las de uma forma acessível a um grande número de pessoas. Sendo assim, foi montada uma página da Internet com as informações sobre os tempos de viagem em tempo real, além das informações anteriores. A página pode ser acessada no endereço [www.luceliafp.hpg.ig.com.br](http://www.luceliafp.hpg.ig.com.br) (criado para este trabalho) e pode ter suas partes visualizadas nas Figuras 6, e Figura 7 a seguir.

Na Figura 6 é apresentada a página inicial, que contém os links para as informações apresentadas na Figura 7.



**FIG. 6 Página principal**



**FIG. 7 Tela apresentando a tabela de dados sobre o tráfego**

#### **4- CONCLUSÕES**

Neste trabalho, foram feitas duas demonstrações do emprego de dados de detectores de veículos. Muitas outras poderiam ser feitas e sistemas de apresentação de informações aos usuários mais evoluídos já existem implantados em cidades européias e americanas. O que se pretendeu com estes exemplos foi mostrar que realmente é possível aplicar, com relativa simplicidade, dados de detectores de veículos fornecidos via Internet, assim como utiliza-los para planejamento. Mas para tal é importante que na implantação dos dispositivos de controle seja solicitado que as informações possam ser disponibilizadas e facilmente manipuladas pelos técnicos que operam o sistema.

No desenvolvimento dos exemplos, a conversão dos dados para diferentes formatos e a transferência dos mesmos para diferentes aplicativos não foi feita de forma automatizada. Entretanto, existe a possibilidade de se automatizar estas operações, o que tornaria mais rápido o processo de obtenção das informações e conseqüentemente das análises.

A equação de tempo de viagem utilizada neste trabalho tem limitações relativas à sua aplicabilidade em vias arteriais, já que é assumida uniformidade de velocidades nos segmentos viários, uma condição que é claramente violada em vias arteriais. Assim, como o valor adotado para o comprimento médio efetivo dos veículos certamente não condiz com as condições brasileiras, uma vez que a composição da frota americana difere da frota brasileira. Sendo assim, sugere-se, a elaboração de trabalhos que visem investigar valores para este comprimento no Brasil. Além disso, alguns autores afirmam que é melhor considerar comprimentos médios efetivos variáveis - e não um valor médio - para que os cálculos de tempos de viagem sejam mais realistas.

Conforme citado anteriormente, considera-se que este trabalho tem como principal objetivo mostrar como se pode trabalhar com os dados dos dispositivos para melhorar a mobilidade na medida em que informa ao usuário e assim gerencia a demanda e dá informação ao planejador para definir medidas que melhorem a fluidez do tráfego.

## REFERÊNCIAS

- FHWA – Federal Highway Administration, 2003. **A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems.** FHWA Intelligent Transportation Systems Program Office, USA.
- LEANDRO, C. H. P., 2001. **Procedimento Multicriterial para Estruturação e Caracterização de Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego Urbano,** Dissertação: Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia..
- PEREIRA L.F. , 2005 **Um Procedimento De Apoio A Decisão Para Escolha De Sistemas De Controle De Tráfego Considerando A Coleta Automatizada De Dados.** Dissertação: Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia..
- SHBAKLO, S., BHAT, C., KOPPELMAN, F., LI, J., THAKURIAH, P., SEN., A., ROUPHAIL, N., 1992, **Short-Term Travel Time Prediction.** Advance Project Report TRF-TT-01, Illinois University Transportation Research Consortium, Northwestern University Transportation Center, The University of Illinois at Chicago and Urban Transportation Center.
- TRB – Transportation Research Board, 2000, **Highway Capacity Manual 2000,** National Research Council, Washington, D.C.,