

## TERMINAIS INTELIGENTES COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM CENTROS URBANOS

**Estefânia Quirla Bordin**  
**Ronaldo Balassiano**

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ

### RESUMO

A maioria das cidades brasileiras enfrenta atualmente problemas relacionados à deterioração na qualidade de vida da população em função do acelerado crescimento urbano, da baixa qualidade dos transportes públicos oferecidos à população, e ainda, do incremento significativo da frota veicular. Podem, também, ser destacados o aumento dos acidentes de trânsito, dos níveis de poluição atmosférica e sonora e o elevado consumo energético no setor transportes. Este trabalho tem por objetivo apresentar alternativas de redução do consumo energético em sistemas de transporte público operado por ônibus, através da implantação de “Terminais Inteligentes”.

### ABSTRACT

The majority of Brazilian cities currently face problems of low quality of life, as a consequence of the rapid urban growth, the low quality of public transport and the rapid increase of the private car fleet. The increase in traffic accidents, levels of air and noise pollution and high levels of energy consumption in the transport sector can also be highlighted in those cities. The main objective of this paper is to present alternatives aiming at energy consumption reduction in the transport sector based on the implementation of “Smart Bus Terminals”.

**PALAVRAS CHAVE:** terminais inteligentes, consumo energético, tecnologia de transportes, planejamento de transportes.

## 1. INTRODUÇÃO

A maioria das cidades brasileiras enfrenta atualmente problemas relacionados à deterioração na qualidade de vida da população em função do acelerado crescimento urbano, da baixa qualidade dos transportes públicos oferecido à população, e do incremento significativo da frota veicular, acarretando uma série de externalidades, entre elas, os congestionamentos. Podem, também, ser destacados o aumento dos acidentes de trânsito, dos níveis de poluição atmosférica e sonora e o elevado consumo energético no setor transportes.

Uma conseqüência do incremento da frota de veículos particulares e públicos é o aumento do consumo de energia final no setor de transportes, principalmente de combustível fóssil. Atualmente, os especialistas em energia estão preocupados em encontrar soluções ou alternativas para a redução desse consumo, pois, como se sabe, a escassez de petróleo mundial está prevista para poucas décadas.

Uma das alternativas adotadas pela cidade de São Paulo para minimizar o consumo energético no transporte público, que é o maior emissor de gases poluentes que contribuem para o efeito estufa e responsável também pelo alto índice de consumo de combustível, foi a implantação de “Terminais Inteligentes” nas vias urbanas. Esses terminais utilizam a tecnologia conhecida

como GPS (*Global Positioning System*) para o rastreamento da frota de ônibus, a bilhetagem eletrônica para facilitar e agilizar o embarque de passageiros, painéis de mensagens variadas para repassar informações aos usuários e circuito fechado de TV para o monitoramento de todo o sistema.

Este trabalho tem por objetivo apresentar alternativas de redução do consumo energético no transporte público de centros urbanos, através da implantação de Terminais Inteligentes, descrevendo as funções e potencialidades das tecnologias de rastreamento, bilhetagem eletrônica e painéis de mensagens variadas.

O trabalho apresenta, na próxima seção, a caracterização dos terminais inteligentes, seus componentes e sua operação. Na seção 3, destaca-se o uso potencial dos terminais inteligentes. As possíveis conseqüências da implantação dos terminais e das tecnologias empregadas estão apresentadas na seção 4 e, na última seção, são apresentadas as conclusões do trabalho.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DE TERMINAIS INTELIGENTES**

Terminal Inteligente é o termo utilizado para designar a gestão e monitoração do Sistema de Transporte Público e sua interface com o trânsito das cidades em geral, proporcionando o controle da frota de ônibus urbano em vias preferenciais, paradas para embarque e desembarque de passageiros, plataformas e terminais de integração. A gestão do fluxo é feita através de tecnologia avançada, permitindo um amplo acompanhamento da viagem, estando o passageiro dentro ou fora do ônibus, nos corredores ou nos terminais de integração.

A coleta de dados como data, hora, localização (latitude e longitude), velocidade, direção entre outros concentra-se nos Centros de Operação localizados nos terminais, gerando informações aos gestores do sistema, como por exemplo, relatórios e estatísticas que visam subsidiar a melhoria contínua do serviço prestado. Os operadores recebem informações sobre índices de ocupação dos ônibus, horários de maior movimentação de passageiros. Já para os usuários, são fornecidas informações sobre horários de saídas dos ônibus, condições em tempo real sobre o trânsito, além de informações institucionais.

O sistema engloba três principais componentes: Via Preferencial do Transporte Coletivo, Terminais de Transbordo ao longo das vias preferenciais e Paradas Inteligentes. A Via Preferencial de ônibus é monitorada via satélite por um sistema que fornece informações, em tempo real, ao Centro de Operações do Corredor. A monitoração completa da via possibilita controlar todas as variáveis do percurso, como a velocidade média dos ônibus, acidentes ou problemas de trajeto e as condições de segurança. A informação coletada atualiza automaticamente o banco de dados do Centro de Controle, que transmite a informação de saída aos usuários por meio de painéis de mensagens variáveis.

O Centro de Controle da Via Preferencial tem por objetivo controlar o cumprimento de horários, registrando a posição dos veículos no corredor; manter o intervalo entre os veículos ao longo do itinerário; dar prioridade aos ônibus nos cruzamentos de grandes avenidas, aumentando a velocidade média operacional; manter um sistema de informações aos usuários,

com as condições do trânsito no corredor e fornecer informações estatísticas para os gestores do Sistema de Transportes.

Os Terminais de Transbordo ao longo das vias preferenciais possuem infra-estrutura equipada com fibra ótica com circuito fechado digital de TV que envia imagens da ocupação das plataformas nos Terminais de Transbordo aos operadores, e leva informações aos usuários sobre a frequência dos ônibus e condições de tráfego no corredor.

As Paradas Inteligentes são monitoradas 24 horas por dia através do circuito fechado digital de TV, instalado ao longo do percurso, possibilitando o controle da segurança e do índice de ocupação dos passageiros no decorrer do dia. As paradas estão equipadas com PMVs (Painéis de Mensagens Variadas), informando aos passageiros o tempo de espera de cada linha em relação àquele ponto, próximos ônibus, além de informações gerais de utilidade pública.

O Centro de Operações dos Terminais e das Paradas permite o planejamento antecipado da operação dos terminais, através da simulação de situações normais e excepcionais; controla e monitora o acesso dos ônibus ao terminal, oferecendo informações em tempo real aos operadores (através do Circuito Fechado Digital de TV e relatórios sobre os horários programados e os horários reais), e aos usuários (através de painéis e totens que contém mensagens variáveis); monitora a movimentação dos veículos e passageiros através do circuito fechado digital de televisão, proporcionando maior controle e segurança dentro do terminal e elabora relatórios estatísticos para os gestores do sistema de transporte.

Os Terminais Inteligentes utilizam tecnologia veicular como o GPS para possibilitar o rastreamento dos veículos, a bilhetagem eletrônica como meio de arrecadação de tarifas e ainda, os painéis de mensagens variadas, fornecendo informações aos usuários nos terminais. A seguir são detalhadas as especificações técnicas destas tecnologias e seus componentes.

## **2.1 Tecnologia de rastreamento por GPS**

O Sistema de Posicionamento Global (GPS), desenvolvido e controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, consiste em um sistema de rádio-navegação com o uso de satélites, que permite a qualquer usuário determinar sua localização geográfica, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre (ROSA, 2001).

A tecnologia de rastreamento de veículos consiste na tradução de informações geográficas para localização e monitoração de veículos através de informações espaciais sob a forma de mapas, demarcando com precisão a posição do veículo (MAGALHÃES, 2005).

Para serem localizados, os veículos são equipados com um aparelho GPS. Esses sistemas permitem que os veículos se comuniquem através de uma central de monitoração, chamada de Central de Controle Operacional (CCO) que, por sua vez, possui um computador interligado a um rádio que emite sinais e informações aos veículos. O GPS fornece a localização exata dos veículos e o rádio remete os dados para a CCO. Os dados obtidos em relação ao posicionamento dos veículos podem ser disponibilizados para o usuário previamente cadastrado, através da internet (ver Figura 1).

Os dados extraídos do sistema em operação são inseridos em *softwares* para obter relatórios gerenciais e funções que servirão de suporte para o desenvolvimento de atividades ligadas ao planejamento, operação e fiscalização do transporte público.



Figura 1: Esquema de rastreamento de veículo via GPS.

## 2.2 Tecnologia de bilhetagem eletrônica

"Bilhetagem" é a terminologia empregada para representar um conjunto de elementos englobando: tecnologia; organização; política tarifária e recursos humanos envolvidos na arrecadação, distribuição e controle das receitas provenientes de um sistema de cobrança de tarifas. No transporte público, a bilhetagem estabelece vínculos sociais, econômicos e tecnológicos" (VILLEGAS, 1997).

A bilhetagem eletrônica consiste na substituição dos meios de pagamento tradicionais (dinheiro, vale-transporte em papel, fichas, etc.) por meios eletrônicos de pagamento utilizado no transporte de passageiros. Isso é feito utilizando-se equipamentos eletrônicos, chamados validadores, instalados nos ônibus e terminais de embarque para debitar o valor das passagens. Nos sistemas de bilhetagem eletrônica modernos, os passageiros pagam as passagens utilizando cartões inteligentes: os *smart cards* do tipo sem contato. O sistema de bilhetagem eletrônica possui os seguintes componentes: validadores, gravador, terminais de ponto de venda e coletores de dados.

Os validadores são equipamentos eletrônicos instalados nos ônibus ou em terminais de embarque de passageiros para fazer o controle do pagamento de passagens, utilizando a tecnologia de cartões do tipo *smart card*, sem contato (ver Figura 2). O passageiro aproxima o cartão da área de leitura/gravação sinalizada no equipamento para que as transações sejam realizadas entre o cartão e o validador. O saldo do passageiro fica gravado no próprio cartão e é reajustado a cada transação de crédito ou débito realizada, operando *offline*.



Figura 2: Validador do sistema de bilhetagem automática.

Fonte: [http://www.empresal.com.br/portugues/int\\_produtos\\_bilhetagem\\_oquee.html](http://www.empresal.com.br/portugues/int_produtos_bilhetagem_oquee.html)

Os gravadores do tipo *smart card* são equipamentos para leitura e gravação de dados nos cartões de usuário e operadores do sistema de bilhetagem, são utilizados também na geração de novos cartões, vendas e desbloqueio (quando necessário). Os terminais de ponto de venda são equipamentos utilizados em estabelecimentos comerciais, permitindo operação *offline*.

Os coletores de dados são equipamentos destinados à transferência de informações entre os validadores e o banco de dados central do sistema. No processo de coleta, os eventos registrados pelos validadores durante sua operação diária são enviados ao banco de dados e novos parâmetros operacionais, lista de cartões restritos e lista de recarga são enviados aos validadores. A coleta é realizada por via do tipo *wireless* (sem fio), formando-se uma rede local entre os validadores embarcados e o computador de coleta nas garagens. Quando o veículo entra na garagem, inicia-se automaticamente a coleta de dados, sendo um processo rápido, seguro e de baixo custo operacional.

### 2.3 Painéis de mensagens variáveis

Os Terminais Inteligentes contam com painéis de mensagens variáveis que possibilitam aos usuários do transporte coletivo receber informações instantâneas sobre partidas e chegadas dos ônibus, além de avisos sonoros. Esses painéis estão localizados nos terminais e nos pontos de parada ao longo das vias preferenciais. A informação coletada atualiza automaticamente o banco de dados do Centro de Controle, que atualiza a informação de partida aos usuários por meio de painéis de mensagens variáveis (ver Figuras 3 e 4).

As informações aos usuários são disponibilizadas através de textos, filmes e vinhetas. Além das informações sobre o sistema de transporte, também são disponibilizadas notícias, campanhas institucionais, informações de utilidade pública, entre outras.



Figura 3: Detalhe do telão de informações.  
Fonte: <http://www.terminalinteligente.com.br>



Figura 4: Painéis de mensagens variadas.  
Fonte: <http://www.terminalinteligente.com.br>

### **3. POTENCIAL DE USO DOS TERMINAIS INTELIGENTES**

No município de São Paulo, anteriormente à implantação dos terminais inteligentes, os usuários, operadores e gestores públicos contavam com um sistema de transporte público precário e com poucos recursos disponíveis. A introdução das novas tecnologias tem contribuído para facilitar o controle e fiscalização da frota circulante, garantindo assim, melhores condições de conforto, limpeza e segurança aos passageiros, além de benefícios técnicos, operacionais e econômicos aos operadores.

As tecnologias empregadas nos terminais inteligentes poderão também contribuir para atrair os usuários que utilizam o transporte particular nos seus deslocamentos diários, fazendo com que os mesmos tenham acesso ao sistema de transporte público através da melhoria da qualidade do serviço oferecido. Essa melhoria poderá induzir reduções nos índices de congestionamentos nas vias urbanas, contribuindo também para a redução de emissões de gases tóxicos emitidos pela combustão dos veículos e economia de combustível.



Os terminais inteligentes possibilitam, através da utilização da tecnologia de rastreamento, obter informações importantes para os setores de planejamento, operação e fiscalização como: cumprimento dos itinerários, regularidade dos horários, velocidade dos veículos e posição em tempo real, proporcionando aos operadores o dimensionamento adequado da frota nos horários de pico e entre-picos. Pode contribuir ainda para uma maior economia de combustível e redução de gastos com manutenção dos veículos significativa.

De acordo com pesquisa realizada em Haia, Países Baixos, sobre os efeitos da informação em tempo real, situados em paradas e em estações, para o usuário do transporte público, os locais que oferecem informações em tempo real proporcionam menor tempo de espera, pois o passageiro chega no ponto próximo da hora de partir. Outra vantagem é prover da informação em tempo real através de serviços SMS ou através da internet (DZIEKAN et al, 2006).

A implantação da bilhetagem eletrônica propiciou maior agilidade no embarque e desembarque de passageiros e facilitou o cumprimento de horários. Os gestores poderão redimensionar a frota de acordo com os horários e trechos mais carregados.

#### **4. VANTAGENS SOB O PONTO DE VISTA DO CONSUMO ENERGÉTICO**

A implantação dos Terminais Inteligentes possibilitou a geração série de benefícios aos usuários como a regularidade de intervalos entre os ônibus, veículos operando dentro da sua capacidade, maior conforto ao usuário, previsão de tempo de espera e informações sobre a viagem disponibilizada nos telões digitais e letreiros e a segurança feita pelas câmeras instaladas nos terminais e plataformas. No caso dos operadores, a otimização da frota, a economia com equipamentos e combustível, o aumento da segurança de todo o sistema e o controle total sobre a frota foram também resultados gerados após a sua implantação.

O circuito fechado digital de TV proporciona total controle do sistema. Com isso, os operadores podem fazer qualquer alteração na programação convencional das viagens, diminuindo os custos operacionais e o consumo energético do sistema.

A regularidade de intervalos entre os ônibus, veículos operando dentro da sua capacidade, otimização da frota dentre outros, são atributos que proporcionaram uma maior economia com equipamentos, peças e combustíveis. O GPS possibilita a localização exata do veículo e o itinerário percorrido pelo mesmo, podendo-se avaliar se houve desvio da rota e, conseqüentemente, gastos desnecessários com combustível.

A bilhetagem eletrônica contribui para reduzir o alcance do mercado paralelo de venda de bilhetes de vale-transporte, dificultando o uso do transporte clandestino, minimizando os congestionamentos e a poluição atmosférica. Ela também contribui para reduzir o custo operacional do sistema de transportes. Identifica-se também uma redução no tempo de embarque e desembarque dos passageiros, permitindo maior rapidez no cumprimento do percurso programado, com melhorias para o trânsito e para a maior oferta de transportes. No caso de vias compartilhadas, reduz os congestionamentos.

De acordo com pesquisa realizada em Bogotá, na Colômbia, sobre a qualidade do ar medida em 2000 e em 2001 em uma estação de monitoração ao lado do corredor principal do Transmilênio na Avenida Caracas, e a qualidade média do ar em toda a cidade de Bogotá de 1998 a 2002, sugere que o Transmilênio teve um impacto positivo na qualidade do ar na vizinhança da Avenida Caracas, com uma redução de 43% no dióxido de enxofre, uma redução de 18% no dióxido do nitrogênio, e uma redução de 12% na matéria particular. Entretanto, para a cidade ao todo, a matéria particular aumentou por 12% e o dióxido de enxofre aumentou em 15%, quando outros três poluentes foram reduzidos. Portanto, enquanto o Transmilênio apresenta um impacto positivo localizado na poluição de ar, a cidade como um todo ainda apresenta níveis de poluição (DARIDO, 2006).

## 5. CONCLUSÕES

A possibilidade de redução do consumo energético em sistemas de transporte que operam em áreas urbanas e, mais especificamente a redução do consumo de combustíveis fósseis, pode promover a redução de impactos causados ao meio ambiente (sobretudo redução de emissões atmosféricas) por esses sistemas. Como conseqüências, pode-se ainda esperar a contribuição para uma melhor qualidade de vida para as populações dessas regiões.

As cidades, em especial as de médio e grande porte, necessitam de corredores de ônibus e com relativa segregação de tráfego, assegurando maior facilidade de circulação, com menores custos operacionais. As preocupações ambientais têm promovido alguns esforços no sentido da melhoria tecnológica dos ônibus, como vem ocorrendo na fabricação dos automóveis, com a possibilidade do emprego de veículos multicomcombustíveis, operando com motores diesel, auxiliados por baterias elétricas. Ônibus utilizando tração elétrica poderiam contribuir para a eliminação (em nível local de operação) da poluição do ar e para a redução do consumo de combustível.

As tecnologias apresentadas neste trabalho como busca da melhoria tecnológica nos transportes, aliadas às pesquisas visando melhorias do meio ambiente poderão ter forte influência na economia e na qualidade dos transportes. No entanto, muito ainda há que ser feito para uma maior integração entre usuários, operadores e gestores e planejadores do setor de transportes e de ocupação do meio urbano.

Verifica-se, dessa forma, que a melhoria tecnológica da frota, com a implantação de ônibus híbridos, reduzindo em até 90% suas emissões (comparadas à de veículos convencionais) e 50% no consumo de combustíveis é uma meta viável em muitos casos. Outra alternativa relacionada à melhoria do meio ambiente seria o monitoramento do consumo de combustível em função da forma de condução dos veículos e, nesse sentido, as empresas operadoras de transporte poderiam promover treinamentos específicos aos motoristas.

A implantação de Terminais Inteligentes em cidades de médio e grande porte evidencia a existência de potencial para otimizar a operação de sistemas de transporte público, em que o ônibus é responsável pelo transporte de parcela significativa de usuários no Brasil. Da mesma forma as tecnologias analisadas nesse trabalho deverão ter papel preponderante na melhoria da operação de sistemas de transportes, mesmo que utilizadas individualmente. Assim, seria



interessante que o país promovesse políticas que incentivassem operadores e gestores de sistemas de transporte público a investir na implantação dessas tecnologias. A qualidade de vida da população residente nesses centros urbanos (médio e grande porte) poderia ser melhorada significativamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asquini, A. e Fonseca, H (2005), **A bilhetagem eletrônica avança**. Revista Movimento. n. 4, p. 40-49.
- BHTRANS. Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte. **Bilhetagem eletrônica**. Disponível na internet via [www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/transporte/bilhetagem.asp](http://www.bhtrans.pbh.gov.br/bhtrans/transporte/bilhetagem.asp) consultado em 20/08/2006.
- Branco, A. et al (2004). **Energia e poluição nos transportes públicos**. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*. Ano 27, 4 trim.
- Darido, G, Baltes, M. R., Rodriguez, P., Barrios, J. C. (2006) **Applicability of Bogotá's TransMilenio BRT System to the United States, Funded by the Federal Transit Administration**, Project Number: FL-26-7104-01.
- Dziekian, K, Vermeulen, A, (2006) **Psychological Effects of and Design Preferences for Real-Time Information Displays**, *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 1, págs 71 a 89.
- Empresa Metropolitana de Transportes e Trânsito. **Bilhetagem Eletrônica**. Disponível na internet via [www.emtu.pe.gov.br/servico\\_bilhetagem\\_eletronica.asp](http://www.emtu.pe.gov.br/servico_bilhetagem_eletronica.asp) consultado em 20/08/2006
- Magalhães, C. T. A., (2005) **Tecnologia de Rastreamento e Sistemas de Informação Geográfica aplicados ao Planejamento do Transporte Público Urbano: Projeto GeoSIT – Uberlândia**. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia/MG.
- Prefeitura Municipal de São Paulo. **Subsistemas unificam o transporte coletivo municipal**. Disponível na internet via [www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/transportes/interligado/2004/02/12/0001](http://www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/transportes/interligado/2004/02/12/0001) consultado em 19/08/2006.
- Ribeiro, S. K. (org.) (2001). **Transporte sustentável, alternativas para ônibus urbanos**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro
- Rosa, R. (2001), **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 4 ed EDUFU. Uberlândia.
- Socicam Terminais de Passageiros, Terminais Inteligentes. Disponível na internet via [www.terminalinteligente.com.br](http://www.terminalinteligente.com.br), consultado em 19/08/2006.
- Villegas, M.D. (1997). **Procedimento de avaliação dos sistemas de bilhetagem automática para transporte público por ônibus**. Tese de Mestrado – PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ