

AValiação da EMISSÃO DE POLUENTES EM CORREDORES DE ÔNIBUS DE SÃO PAULO

Carlos Fernando Carvalho de Castro

Orlando Strambi

Escola Politécnica

Universidade de São Paulo

RESUMO

A implantação de corredores de ônibus em áreas urbanas tem sido feita, em geral, com a finalidade de melhorar as condições dos sistemas de transporte público do ponto de vista da obtenção de maiores capacidades, menores tempos de viagem e/ou, genericamente, melhoria dos níveis de serviço. Cresce, entretanto, a importância de introduzir a componente ambiental tanto no planejamento / projeto como na operação desses corredores, em especial no que diz respeito à emissão de poluentes. Nesse sentido, o objetivo da dissertação será analisar as metodologias utilizadas para estimativas dessas emissões e avaliar sua aplicação em corredores de ônibus da cidade de São Paulo. Será feita também a avaliação da utilização de dados de controle operacional dos ônibus, através de *GPS* instalados nos veículos, associados a resultados de medições de campo de emissões de ônibus para estimativa dos níveis de emissão nas condições reais de operação.

ABSTRACT

The building of bus rapid transits in urban areas has been made, generally, to improve public transportation systems in the point of view of getting bigger capacities, less travel time and/or, generically, service level improvements. However, it grows the importance of introducing an environmental component both in planning/project and in these corridors operation, specially in the vehicle emissions. The dissertation goal will be to analyse the methodologies used to estimate these emissions and to evaluate its application in São Paulo buses corridors. It will be also done the evaluation of the possibility of using data from buses operational controls, through GPS installed in the vehicles to verify the estimatives of emission in the operation real conditions.

1. INTRODUÇÃO

A gravidade da questão da poluição do ar nos grandes centros urbanos, representada pelos efeitos danosos à saúde e por mortes prematuras (Saldiva *et al.*, 1995), está diretamente associada às emissões veiculares. O Relatório Anual de Qualidade do Ar relativo ao ano de 2006 (CETESB, 2007) indica, para a RMSP, que a frota de 7,3 milhões de veículos automotores responde por 97% das emissões de CO, 97% das emissões de HC, 96% das emissões de NOx, 35% do SOx e 40% do material particulado (MP).

O PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, implantado no país a partir de 1986, ao estabelecer padrões de emissões progressivamente mais restritivos para os veículos novos e a diminuição do teor de enxofre nos combustíveis, proporcionou uma substancial redução nas concentrações de CO e SOx no ar da RMSP. Entretanto, as concentrações de MP e ozônio ainda se mantêm em níveis elevados.

Aliada a questão da redução dos poluentes citados deve-se destacar também a necessidade de reduzir os níveis de emissão de CO₂, de acordo com a estratégia global de redução dos gases responsáveis pelo “efeito estufa”.

Ao lado da continuidade das ações tecnológicas visando à produção de motores e sistemas de catalisadores e filtros que levem a níveis menores de emissões, associadas à utilização de combustíveis menos poluentes, em especial combustíveis com menores teores de enxofre, é de fundamental importância o desenvolvimento de ações de planejamento de transportes que

busquem aumento da eficiência e/ou redução das demandas por viagens motorizadas nos centros urbanos de modo a contribuir para a redução das concentrações de poluentes. Nesse sentido, é necessário que, além dos aspectos técnicos e econômicos, a componente ambiental seja introduzida na fase de elaboração dos estudos de transporte.

De maneira geral, uma das principais estratégias de ação compatíveis com essa filosofia é a melhoria dos sistemas de transporte público. Uma das soluções que tem sido adotada para tanto é a implantação de corredores de ônibus de alta capacidade ou *BRT – Bus Rapid Transit*. De maneira geral, os corredores propiciam uma redução da poluição do ar em relação à situação pré-existente. Entretanto, segundo Branco e Walsh (2005), mesmo após essa redução, o tráfego intenso de veículos diesel ao longo dos corredores leva a concentrações médias de material particulado (MP) de 30% a 100% acima do nível médio de bairros adjacentes.

Por outro lado, conforme mostrou Landmann (2004) a própria análise geral da emissão de poluentes em toda a RMSP é consideravelmente alterada quando se consideram os corredores de tráfego.

Assim, permanece o interesse na busca de metodologias mais exatas e confiáveis para a estimativa das emissões em corredores tanto para a análise de alternativas de projeto ou de estudo de cenários como para avaliação de modificações em sistemas existentes.

Alem disso, ocorrem muitas vezes alterações no projeto durante a fase operacional como, por exemplo, a impossibilidade da implantação completa da troncalização das linhas de ônibus, o que leva à necessidade de aferir os níveis de emissão nas condições reais de operação.

2. OBJETIVOS

Os objetivos da dissertação estão ligados à determinação das emissões de poluentes veiculares em corredores de ônibus, para as condições da região metropolitana de São Paulo (RMSP), considerando as etapas de estudos / projetos e de operação.

Dessa forma, em síntese os objetivos podem ser expressos como:

- Avaliar as metodologias utilizadas para estimativa das emissões em corredores de ônibus e as limitações existentes;
- Verificar a viabilidade de utilização de informações oriundas do sistema de controle operacional das linhas, através de *GPS*, associado a resultados de medições de emissões realizadas em São Paulo para estimar as emissões em condições reais de operação.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Em termos básicos a determinação de emissões veiculares pode ser sintetizada na expressão geral a seguir (Osses, 2006):

$$E_t = E_q + E_f + E_{ev} + E_p \quad (1)$$

onde: E_t = emissões totais de um poluente, dada como uma função de espaço e tempo;

E_q = emissões a quente, na fase de estabilização térmica do funcionamento do motor;

E_f = emissões a frio, entre a partida e a temperatura ótima de operação;

E_{ev} = emissões geradas pela evaporação do combustível (cárter, carburador e tanque).

E_p = emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus e freios e ressuspensão de poeira.

As emissões a quente são as que efetivamente importam no caso da análise de corredores de ônibus já que as emissões a frio ocorrem apenas no período de tempo de aquecimento do motor; as emissões evaporativas, constituídas por hidrocarbonetos (HC), ocorrem apenas nos veículos leves (ciclo Otto) sendo praticamente nulas nos veículos pesados (ciclo Diesel) e as emissões de partículas podem ser computadas a partir de fatores médios por veículo.

Verifica-se, entretanto, que diversos fatores influem na composição e quantidade das emissões a quente através do cano de escape, a saber: características do motor, sistemas de filtros e catalisadores, características do combustível, velocidades e acelerações, além de condições ambientais como a altitude.

Na estimativa de emissões que ocorrem num corredor de ônibus ou, de maneira mais geral, no corredor de tráfego onde o *BRT* foi implantado, devem ser integradas as emissões de cada veículo que percorre o trecho em estudos num determinado intervalo de tempo. Isso inclui os dados sobre as demais faixas de trânsito laterais ao corredor de ônibus. São necessárias, portanto, informações basicamente sobre três fatores:

- composições das frotas de veículos que compõem o volume de tráfego, em termos de modelos, idades e combustíveis utilizados;
- fatores de emissão relativos aos veículos considerados para as condições locais do corredor estudado, normalmente expressos, para cada um dos poluentes considerados, em [g/km];
- características do ciclo operacional em termos de acelerações e desacelerações, tempos de parada e trechos percorridos em “velocidade de cruzeiro”;

Uma das maneiras mais simples de definir a emissão horária do poluente i para os veículos da categoria k , percorrendo um determinado trecho do corredor, de comprimento L pode ser expressa como (GEF *et al.*, 2006) :

$$E_i = \sum_k FV_k \cdot FE_{ki} \cdot L \quad (2)$$

em que: E_i : emissão horária do poluente i [g/h];
 FV_k : fluxo de veículos da categoria k no trecho e horário avaliados [veic/h];
 FE_{ki} : fator de emissão do veículo k para o poluente i [g/km];
 L : comprimento do trecho [km]

Os fatores de emissão FE_{ki} empregados em (2) devem ser relativos a um ciclo de condução, isto é, a uma curva de velocidades *versus* tempo (Filizola *et al.*, 2005), compatível com o ciclo real de operação.

Análises mais complexas que, no entanto, podem levar a resultados mais precisos resultam do uso de modelos que consideram a desagregação dos dados, conforme discutido por Mahamassani (2006) e Zietsman e Rillet (2001).

4. DESCRIÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa em desenvolvimento abrange os seguintes tópicos:

- Caracterização da emissão de poluentes veiculares – situação da Região Metropolitana de São Paulo;
- Corredores de ônibus (*BRT*) – concepção e conceitos básicos;
- Planejamento de corredores no município de São Paulo – evolução histórica, situação atual e

planos de expansão;

- Avaliação das metodologias utilizadas para estimativas de emissão de poluentes em corredores de ônibus – modelos agregados e desagregados, determinação experimental dos fatores de emissão;
- Utilização de controles operacionais dos corredores, através de GPS, associados a testes de campo de medidas de emissões, tais como as citadas em Lents *et al.* (2004) para estimativa das emissões totais em corredores;
- Análise de diferentes cenários e estudo comparativo de emissões;
- Estudo de caso – corredor de ônibus Pirituba-Centro.

Agradecimentos

Os autores agradecem a São Paulo Transportes S.A. – SPTrans pela colaboração e fornecimento de dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Branco, G. M. (2006) *Emission Reduction in Public Transportation by Technology and Fuel Improvements..* CAI-LAC 2006, São Paulo.
- Branco, G. M. e Walsh, M. (2005) *Controle da Poluição dos Veículos a Diesel – Uma Estratégia para o Progresso no Brasil.* Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Fundação Hewlett, São Paulo
- CETESB (2007) *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – 2006.* Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Filizola, I. M.; Yamashita, Y e Veras, C. A. G. (2005) *Valores Referenciais do Nível de Emissão de Gases de Veículos Automotores Leves do Ciclo Otto.* XIX Congresso da ANPET.
- GEF - Global Environmental Facility, PMSP, Banco Mundial (2006) *Incentivo ao uso do Transporte Público e Melhoria de sua Eficiência (Modelo AINSUM NG – Corredor 9 de Julho)*
- Jacondino, G. B. e Cybis, H. B. B. (2002) *Avaliação de Modelos de Emissão de Poluentes em Simuladores de Tráfego.* . XVI Congresso da ANPET, Natal, Rio Grande do Norte.
- Landmann, M. C. (2004) *Estimativa das Emissões de Poluentes dos Automóveis da RMSP Considerando as Rotas de Tráfego.* Programa de Ciência Ambiental – Universidade de São Paulo.
- Lents, J.; Nikkila, N.; Osses, M.; Melo, O. e Martins, H. (2005) *Measurement of In-Use Passenger Vehicle Emissions in Three Urban Areas of Developing Nations.* International Sustainable Systems Research Center (ISSRC), USA
- Lents, J.; Nikkila, N.; Osses, M. e Davis, N. (2004) *São Paulo Vehicle Activity Study.* International Sustainable Systems Research Center (ISSRC), USA.
- Mahmassani, H.S. (2006) *Transportation Network Modeling for Predicting Impacts of Traffic and Travel Management Policies.* EMBARQ Project, World Resources Institute, Washington, USA
- Osses, M. (2006) *Base Year Emissions measurement, Monitoring, Inventories and Links to Public Awareness.* CAI-LAC 2006, São Paulo.
- Saldiva, P.H.N; Pereira, L.A.A. e Braga, A. (1995) *Poluição Atmosférica e seus efeitos na saúde humana.* Faculdade de Medicina da USP, São Paulo
- SPTRANS (2006) *Expresso Tiradentes – Relatório de Impacto Ambiental.* Secretaria Municipal dos Transportes, Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo.
- Vincent, W. e Jerram, L. C. (2006) *The Potential for Bus Rapid Transit to Reduce Transportation- Related CO₂ Emissions.* Breakthrough Technologie Institute
- Zietsman, J. E. e Rillett, L. (2001) *Analysis of Aggregation Effects in Vehicular Emission Estimation.* Transportation Research Record n. 1750.

Endereços dos autores:

Carlos Fernando C. Castro (cfernando@bmcengenharia.com.br)

Orlando Strambi (ostrambi@usp.br)

Departamento de Engenharia de Transportes

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo