

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS EM DECORRÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE RÁPIDO E DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS EM BOGOTÁ – O CASO DO TRANSMILÊNIO

Renata Almeida Motta
Adrianna Andrade de Abreu
Suzana Kahn Ribeiro

Programa de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O desenvolvimento de sistemas eficientes e sustentáveis de transporte público deve constituir prioridade em cidades altamente urbanizadas, congestionadas e com problemas de poluição. A análise dos impactos ambientais gerados por corredores exclusivos de ônibus mostra que esses sistemas de transporte acarretam a redução de emissões de gases do efeito estufa e de poluentes locais, além de proporcionar outros benefícios como melhor aproveitamento de energia, diminuição do consumo de combustíveis e redução de acidentes. Este estudo apresenta uma breve análise do Transmilênio, o Sistema de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus de Bogotá, Colômbia. A análise deste sistema mostra que o mesmo vem proporcionando uma redução significativa das emissões de poluentes locais e dos gases responsáveis pelo aquecimento global.

ABSTRACT

The development of efficient and sustainable public transport systems are priority in cities highly urbanized, congested and with problems of pollution. The analysis of the environmental impacts generated by exclusive bus corridors shows that these transport systems lead to the reduction of greenhouse gases emissions and local pollution and provide other benefits such as better use of energy, reduction of fuel consumption and accidents. This study presents a brief analysis of the Transmilenio, the Bus Rapid Transit System of Bogota, Colombia. The analysis of this system shows that it is providing a significant reduction in emissions of local pollutants and greenhouse gases responsible for global warming.

1. INTRODUÇÃO

Nos grandes centros urbanos o modo de transporte predominante é o rodoviário, com participação significativa do automóvel particular. Nas últimas décadas, houve um aumento na maioria das cidades da dependência de automóveis e houve paralelamente uma queda no uso do transporte público (THE ROYAL COMMISSION ON TRANSPORT AND ENVIRONMENT, 1994; GOODWIN, 1999 APUD IPCC, 2007).

O excesso de automóveis em circulação é a principal causa de congestionamentos e da deterioração da qualidade do ar, afetando a saúde da população, sobretudo nas grandes cidades. É expressivo o crescimento da frota mundial de veículos, que de 53 milhões de unidades em 1950, passou para 547 milhões em 2000. Em 2006, a frota mundial já contava com 635 milhões de automóveis (DAVIS e DIEGEL, 2008).

A emissão de poluentes locais - monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) - ocorre devido à composição dos combustíveis e à sua queima incompleta em motores. A emissão desses poluentes pelos veículos representa parte importante das emissões totais em grandes centros urbanos, sendo que, muitas vezes, são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica.

Com relação ao aquecimento global - fenômeno climático ocasionado pelo incremento de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tais como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) - o setor de transportes é um dos maiores responsáveis pela produção de

GEE, em consequência do consumo de combustíveis fósseis e com o agravante de ter a demanda por tais combustíveis aumentada a cada ano (IEA, 2006).

Considerando que o transporte coletivo pode apresentar vantagens em relação ao automóvel no tocante ao consumo de combustível, taxa de emissão de poluentes e espaço viário por passageiro transportado, investimentos no transporte público são plenamente justificáveis para a melhoria ambiental, incluindo a implantação de corredores exclusivos de ônibus. (WRIGHT e HOOK, 2007; NBRTI, 2006; EMBARQ, 2006).

Uma das experiências recentes de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus mais relevantes é a do Transmilenio de Bogotá. Com investimentos mais baixos do que a implantação de um transporte de alta capacidade sobre trilhos, o Transmilenio, mudou o conceito de ônibus, priorizando o transporte coletivo como solução para o sistema de transportes. Em apenas um ano de implantação possibilitou um salto na qualidade de vida dos moradores da cidade e na competitividade no sistema de transporte, deixando para trás um modelo de transporte urbano degradado e trazendo consideráveis benefícios ambientais. (EMBARQ, 2006).

2. CARACTERÍSTICAS DO TRANSPORTE URBANO DE BOGOTÁ ANTES DO TRANSMILÊNIO

Antes da implantação do Transmilenio (1998), o transporte em Bogotá evoluía de maneira desordenada, gerando custos econômicos e sociais elevados para seus habitantes, tais como alarmantes níveis de poluição ambiental, tarifas elevadas, freqüentes congestionamentos e aumento dos tempos das viagens, tempo produtivo do cidadão perdido nas retenções de tráfego, elevado número de acidentes, baixa rentabilidade dos empresários de transportes e difíceis condições de trabalho dos condutores (TRANSMILENIO SA., 2006).

A Avenida Caracas é o principal eixo de transporte público de Bogotá, cruzando toda a região central da cidade. A Figura 1 mostra como era caótico o tráfego nesta avenida antes da implantação do Transmilenio. A cidade, além de manter uma extensa e custosa infra-estrutura viária, que era aproveitada principalmente pelos automóveis e táxis, sofria com o abuso dos condutores do transporte particular que usavam indiscriminadamente qualquer espaço público como estacionamento, até mesmo as calçadas das áreas comerciais.



Figura 1: Avenida Caracas antes do Transmilenio (SIMAS e CONSTANSKI, 2008).

Estima-se que em 1999, cerca de 95% da malha viária era utilizada por 850 mil veículos particulares, os quais, somente transportavam 19% dos habitantes de Bogotá. Por outro lado, 72% das pessoas eram transportadas por cerca de 21 mil ônibus, os quais ocupavam de maneira desordenada uma área relativamente pequena da malha viária (TRANSMILENIO S.A., 1999).

Em 1999, Bogotá possuía pouco mais de 6 milhões de habitantes. A oferta de transporte público coletivo contava com 64 empresas operando 639 rotas diferentes que cobriam amplamente a cidade, muitas delas sobrepostas nos corredores de maior demanda, principalmente no centro da cidade. O excesso de oferta de transporte público (40%) somada à elevada taxa de motorização da população criaram volumes de veículos que excederam a capacidade de tráfego das vias da cidade (DNP, 2003 apud TRANSMILENIO S.A., 2006).

3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA TRANSMILÊNIO

Em 1998, visando uma solução oportuna, duradoura, financiável e contundente para a problemática do transporte público coletivo, a prefeitura de Bogotá deu início a um sistema de alta capacidade de ônibus (BRT – *Bus Rapid Transit*) inspirado nas experiências bem sucedidas de Curitiba e Quito – o Transmilênio (FERREIRA, 2007).

O sistema Transmilênio vem sendo desenvolvido em fases a fim de cobrir toda a cidade. A construção da primeira fase começou em 1998 e terminou em 2002, sendo que seu funcionamento foi iniciado em 2000. Já a segunda fase teve início em 2003 e fim em 2006. Com a conclusão da segunda fase, encontram-se em operação 84 quilômetros de corredores troncais (Figura 2), o que equivale a 22% do sistema idealizado. Atualmente, o sistema mobiliza 1.250.000 viagens por dia, sendo que 51% das viagens do sistema ingressam por alimentação (TRANSMILENIO S.A., 2007).

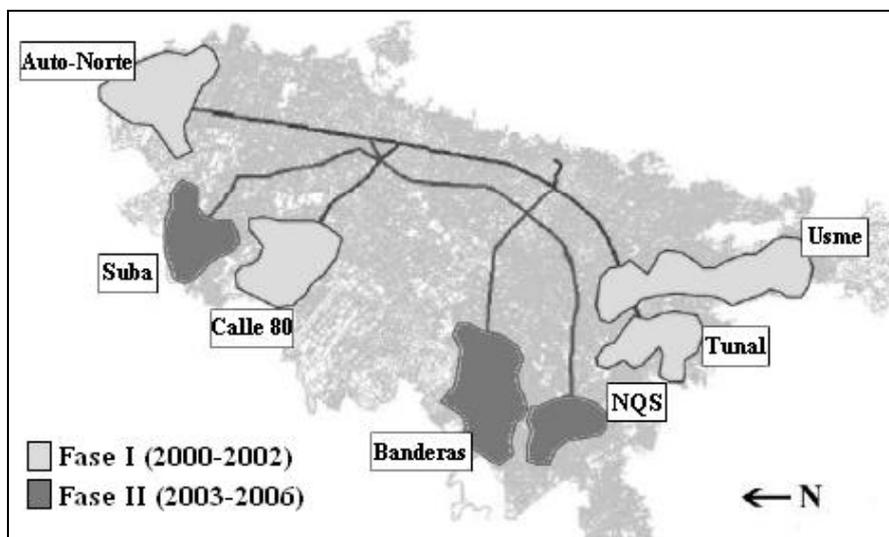


Figura 2: Corredores e Áreas de Alimentação do Transmilênio (BUSTAMANTE, 2007).

O sistema completo proposto prevê uma extensão de 388 km (22 corredores) e visa atender a 5,5 milhões de passageiros por dia (TRANSMILENIO, 2003), onde 85% deles devem caminhar no máximo 500 metros (distância média entre as estações) para acessar uma linha troncal, e os 15% restantes devem acessar o sistema através de linhas alimentadoras FERREIRA (2007). A construção do Transmilênio está prevista para ocorrer ao longo de 16

anos, devendo cobrir 80% do transporte público da cidade. Atualmente, está sendo iniciada a terceira fase do projeto. Esta fase implantará 3 corredores troncais com 36,3 km. (TRANSMILENIO S.A., 2007).

Nos dias de hoje o Transmilênio transporta mais de 80 mil passageiros por hora. Os veículos desse sistema vão do início ao final da cidade em menos de uma hora, metade do tempo que os ônibus convencionais costumavam gastar (EMBARQ, 2006). Segundo SEPÚLVEDA (2008) a qualidade de vida de Bogotá aumentou com o Transmilênio, com tempos de viagens caindo de até 2 horas para 40 minutos. As velocidades comerciais no transporte público eram de 4 km/h e 12 km/h na Avenida Caracas (Figura 3) e na Calle 80, respectivamente, antes do início da implantação do Transmilênio. Estas velocidades aumentaram para aproximadamente 27 km/h, diminuindo os tempos de viagem dos usuários em 32% (TRANSMILENIO, 2003).



Figura 3: Avenida Caracas Após a Implantação do Transmilênio (Elaboração Própria).

Uma estação de parada típica (200 metros de comprimento e 5 metros de largura) ocupa aproximadamente duas quadras, com acesso dos passageiros e bilheteria. As dimensões da estação permitem o acesso dos ônibus sem interferir com os veículos que ocupam as plataformas de outras rotas. Também é possível a ultrapassagem, permitindo que ônibus expressos não interfiram com os veículos parados na estação, utilizando-se da faixa de circulação à direita. Cerca de 75% dos passageiros usam os serviços expressos e de parada limitada (VINCENT, 2007).

As estações são fechadas com múltiplas portas de vidro automáticas de 1,2 metros cada, que se abrem quando os ônibus chegam. Apresentam também catracas para pagamento fora dos ônibus, painéis de informação eletrônica, além de plataformas elevadas que permitem o embarque no mesmo nível, facilitando assim o ingresso dos passageiros e aumentando a segurança e a eficiência do sistema (CAIN *et al.*, 2007).

Os ônibus do Transmilênio são articulados com 19 metros de comprimento e com capacidade para mais de 160 passageiros. Eles apresentam piso elevado, transmissão automática, suspensão pneumática e freios com sistemas de bloqueio. Além disso, possuem quatro conjuntos de portas com 1,1 metros de largura para embarque e têm registrado embarques de apenas 3 segundos por passageiro (WRIGHT e HOOK, 2007).

O sistema de tarifas do Transmilênio inclui a produção e a venda de cartões eletrônicos. O Transmilênio usa cartões pré-pagos. A coleta da tarifa é feita antes do embarque usando um

cartão inteligente, sem contato, na entrada da estação, o que minimiza os tempos de espera, tornando mais rápido o embarque e permitindo ao passageiro a utilização de mais de um ônibus. Os cartões podem ser recarregados pelos atendentes nas bilheteiras localizadas nas entradas das estações.

Quanto às operações, o Transmilênio possui um centro de controle operacional equipado com 10 estações de trabalho, cada uma apta a controlar 100 ônibus articulados. Essas estações realizam o monitoramento, controle e supervisão intensiva do serviço em tempo real, com o apoio de técnicos em via, estações e terminais, de toda a movimentação dos veículos e coordenam serviços locais e expressos, reduzindo congestionamentos e garantindo a confiabilidade no sistema. Todos os ônibus possuem uma unidade lógica conectada com o GPS, o odômetro, e o sistema automático de abertura de portas. Essa unidade lógica reporta a localização do ônibus a cada seis segundos com dois metros de precisão. Operadores do centro de controle dispõem de telas para monitorar cada serviço e um mapa digital que mostra a localização de cada ônibus. Algumas melhorias recentes incluem telas eletrônicas dentro dos ônibus para informação em tempo real e tacógrafos que registram as velocidades praticadas ao longo do trajeto para todos os ônibus.

A frequência do serviço determina a média de tempo de espera dos passageiros e capacidade global do sistema. As frequências do serviço são altas como 280 ônibus por hora. O tempo de espera entre os ônibus (*headways*) são mínimos como de 2 a 3 minutos para as rotas expressas e em média de 13 segundos nas seções mais ativas (CAIN *et al.*, 2007).

A operação do Transmilênio foi iniciada com uma frota de 112 ônibus troncais, frota que foi aumentando progressivamente à medida que se adicionava nova infraestrutura ao sistema. No final de 2001 a frota troncal disponível era de 422 ônibus, tendo aumentado para 485 ao final de 2002. Em 16 de maio de 2007 a frota estava composta por 1060 ônibus articulados, dos quais 75% de tecnologia atendendo aos padrões de emissão de poluentes EURO II e 25% com tecnologia EURO III (TRANSMILENIO S.A., 2008). Por sua vez, as rotas alimentadoras iniciaram a prestação regular de serviços em 2001, com 80 veículos, ligando as zonas mais afastadas aos eixos troncais. Em conformidade com a frota troncal, a alimentadora foi crescendo à medida que se colocavam em serviço as estações. No final de 2001 havia 170 ônibus; em 2002 a frota de alimentação aumentou para 235, prestando a cobertura de 357 km em 74 bairros. Atualmente, conta-se com uma frota de 410 veículos, operando através de 74 rotas, com ônibus chegando a 302 bairros através de 515 km de operação.

Segundo a NBRTI (2006), o Transmilênio ajudou a aumentar a participação do transporte coletivo de 64% em 1999 para 70% em 2005. De acordo com um estudo realizado por SDG (2003), 10% dos passageiros do Transmilênio são proprietários de veículos particulares.

Também se destaca no Transmilênio, a sustentabilidade econômica do sistema, que decorre a partir da receita proveniente das passagens. Sem subsídios, o custeio total do sistema e o retorno financeiro dos agentes privados são garantidos com uma tarifa integrada de valor de 1.300 pesos colombianos (correspondentes a aproximadamente a 1 real e 30 centavos). Deve-se salientar a importância do Transmilênio para os usuários de rendas baixa e média baixa que constituem 70% dos viajantes, muitos desses beneficiados pelo serviço de alimentação com a tarifa única integrada (BUSTAMANTE, 2007). A construção de infra-estrutura para o transporte não-motorizado ao longo do Transmilênio, tais como ciclovias e bicicletários

permitiram que um número maior de pessoas fizesse uso da bicicleta para acessar o sistema e também como modo principal de viagem. A evolução no número de viagens por bicicleta passou de 0,4% para 4,5% do total das viagens (FERREIRA, 2007).

4. BENEFÍCIOS AMBIENTAIS GERADOS

4.1. Benefício Local - Gestão Ambiental do Transmilênio

A questão ambiental vem sendo uma das maiores preocupações do Transmilênio desde o início da sua concepção. Assim sendo, o Transmilênio exige de seus operadores um Plano de Gestão Ambiental, o qual é composto por: Gestão de Resíduos Sólidos, Gestão dos Recursos Hídricos, Planos de Contingência dos Pátios, obrigação de sucateamento da frota obsoleta, obrigação de obtenção de certificações ISO, boa aparência dos ônibus e pátios, programas de reutilização dos pneus dos ônibus, manutenções preventivas, controle e monitoramento do nível de emissões, economia de energia e controle do consumo de combustível da frota.

Desde o início de sua operação, o Transmilênio realiza auditorias nos pátios e garagens das empresas operadoras para verificar o cumprimento dos Planos de Gestão Ambiental, controlando entre outros aspectos a gestão adequada dos resíduos sólidos, assegurando que haja na fonte, a separação dos mesmos, de tal maneira que os resíduos especiais recebam tratamento adequado e que os resíduos convencionais sejam separados para aproveitar seu potencial de reciclagem.

A gestão dos recursos hídricos, assim como a de resíduos sólidos, faz parte dos Planos de Gestão Ambiental dos pátios e garagens, utilizando-se processos de tratamento de águas residuais para a reutilização das águas tratadas, aproveitando-se melhor o recurso hídrico e minimizando com estes processos as substâncias contaminantes nas águas residuais. A infraestrutura ao redor das áreas de manutenção conta com uma rede perimetral para a coleta das águas residuais que está conectada à estação de tratamento. A rede conta também com mecanismos absorvedores de graxa em todos os lugares que os requerem.

De acordo com os contratos de concessão, os operadores são obrigados a utilizar detergentes biodegradáveis para lavar a frota, devendo também implementar programas de uso eficiente e economia de água nos pátios e garagens. A água que sai da estação de tratamento é reutilizada até três vezes em processos de lavagem permitindo a economia do consumo de água em torno de 40%. Informações sobre os consumos de água e caracterizações dos resíduos e da água que saem da estação de tratamento são enviadas à Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá (TRANSMILENIO S.A., 2008).

O Transmilênio, desde o início de sua operação, realiza continuamente o controle e acompanhamento dos níveis de emissões dos veículos de sua frota mediante a realização de provas de opacidade e análise de gases nos veículos do sistema, a fim de controlar o nível de emissões e o cumprimento da legislação vigente. Todos os ônibus do sistema possuem certificação de acordo com a legislação. Foram realizados 3.949 testes de opacidade até 31 de dezembro de 2006 (98,1% da frota apresentaram níveis de emissão inferiores a 40% de opacidade, que é o limite máximo permitido) (TRANSMILENIO S.A., 2008).

Os contratos de concessão, outorgados para o período de 10 anos ou até a frota percorrer em média 850 mil quilômetros (o que ocorrer primeiro), contribuíram para a melhoria do meio ambiente, pois os concessionários são obrigados a cumprir com taxas de sucateamento da

frota obsoleta. Durante a fase I do Transmilênio, ocorreu o sucateamento de 1.318 veículos pelo ingresso de ônibus articulados (correspondentes a um fator de 2,7 veículos sucateados para cada ônibus que entrava no sistema), e de mais 300 pelos veículos alimentadores. Até maio de 2007, foram sucateados mais de 4 mil veículos (TRANSMILENIO S.A., 2008).

O Transmilênio propiciou a redução de 30% nos ruídos em seus corredores e arredores (KAREKEZI *et al.*, 2003). Segundo RODRIGUEZ (2008), o Transmilênio, até 2008, foi responsável pela redução de em média 7 a 10 decibéis em seus corredores.

Finalmente, de 1999 a 2001, com a implantação da Fase I do Transmilênio ocorreram reduções nos conflitos de trânsito de veículos o que acabou por reduzir em 79% o número de acidentes nos corredores, e conseqüentemente o número de feridos e mortos (NBRTI, 2006).

4.2. Benefício Local - Redução de Poluentes Locais

A fim de submeter o Transmilênio como um Projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto) junto à UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), aplicou-se a Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO_{2eq} em Sistemas de BRT (UNFCCC, 2006), que também engloba o cálculo do potencial de redução de emissões de poluentes locais. Para os poluentes locais chegou-se aos resultados descritos na Tabela 1, que detalha o potencial de redução de cada poluente local em consequência da implantação do Transmilênio. Estes resultados foram obtidos a partir da consideração da implantação das fases II, III, e parte da IV. Ressalta-se que para um horizonte de 7 anos (2006-2012) prevêm-se as seguintes reduções: 6.779 toneladas de MP, 53.489 toneladas de NO_x e 812 toneladas de SO₂ (GRÜTTER CONSULTING, 2006).

Tabela 1: Potencial de Redução de Poluentes Locais pelo Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Emissões do Projeto de MP (toneladas)	30	42	72	96	96	110	110	555
Emissões na Linha Base de MP (toneladas)	391	553	945	1.270	1.270	1.453	1.453	7.334
Redução de Emissões de MP (toneladas)	362	511	873	1.174	1.174	1.343	1.343	6.779
Emissões do Projeto de NO _x (toneladas)	509	719	1.229	1.651	1.651	1.890	1.890	9.539
Emissões na Linha Base de NO _x (toneladas)	3.362	4.751	8.120	10.912	10.912	12.486	12.486	63.028
Redução de Emissões de NO_x (toneladas)	2.853	4.032	6.891	9.260	9.260	10.596	10.596	53.489
Emissões do Projeto de SO ₂ (toneladas)	41	58	100	134	134	154	154	775
Emissões na Linha Base de SO ₂ (toneladas)	88	123	208	277	274	310	307	1.587
Redução de Emissões de SO₂ (toneladas)	47	64	108	142	140	157	154	812

De acordo com os Relatórios de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER *et al.*, 2007 e GRÜTTER *et al.*, 2008) realizados para o acompanhamento das emissões no ano de 2006 e 2007, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes locais com as reduções previstas foram obtidas as seguintes diferenças (Tabela 2).

Tabela 2: Impacto do Projeto Transmilênio em Emissões Locais - 2006 e 2007 (Adaptação de GRÜTTER *et al.*, 2007).

Poluentes	SO ₂	NO _x	MP
Redução Prevista em 2006 (toneladas)	47	2.853	362
Redução Monitorada em 2006 (toneladas)	46	1.838	243
% de Redução em 2006	2% menor do que o esperado	35% menor do que o esperado	33% menor do que o esperado
Redução Prevista em 2007 (toneladas)	64	4.032	511
Redução Monitorada em 2007 (toneladas)	54	2.257	296
% de Redução em 2007	16% menor do que o esperado	44% menor do que o esperado	42% menor do que o esperado

Nos dois anos monitorados, os potenciais de redução de emissões não foram totalmente atingidos devido ao fato do número de passageiros transportados, tanto em 2006 quanto em 2007, ter sido bem menor do que o esperado. Em 2006, isto se deveu a pouca atratividade exercida pelo sistema até então que ainda dependia da implantação da fase III. Já em 2007, o número menor de passageiros transportados ocorreu em consequência de problemas na operação do sistema, principalmente devido à dificuldade de reorganização de rotas para a frota de ônibus remanescente.

4.3. Benefícios Ambientais Globais – Redução de GEE

Da mesma forma que no item anterior, ao ser aplicada a Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO_{2eq} em Sistemas de BRT (UNFCCC, 2006), chegou-se aos resultados descritos nos próximos itens que detalham o potencial de redução de poluentes globais em consequência da implantação do Transmilênio. Estes resultados foram obtidos a partir da consideração da implantação das fases II, III, e parte da IV.

4.3.1 Emissões na Linha Base

A linha base representa as emissões de GEE na ausência do projeto de BRT. Aplicando-se as Etapas para Determinação das Emissões da Linha Base (UNFCCC, 2006), calcula-se para o caso do Transmilênio um total de emissões de 2.791.689 toneladas de CO_{2eq} na linha base para o período de 2006 a 2012 (Tabela 3).

Tabela 3: Dados Usados para Cálculo das Emissões Totais na Linha Base (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006).

	Passageiros do Projeto (milhões)	Emissões por Passageiro de Veículos Particulares (gCO _{2eq} /passageiro)	Emissões por Passageiro de Táxis (gCO _{2eq} /passageiro)	Emissões por Passageiro de Ônibus (gCO _{2eq} /passageiro)	Emissões Totais na Linha Base (tCO _{2eq})
2006	147	14.405	19.508	120.656	154.569
2007	208	20.153	17.292	168.801	216.246
2008	356	34.099	46.177	285.609	365.885
2009	478	45.365	61.433	379.969	486.767
2010	478	44.911	60.819	376.169	481.900
2011	547	50.875	60.895	426.120	545.890
2012	547	50.366	68.206	421.859	540.431
Total	2.763	260.176	352.328	2.179.185	2.791.689

4.3.2. Emissões do Projeto

As emissões na situação de projeto são aquelas referentes ao novo sistema de transporte, sendo que todas as emissões de viagens realizadas no novo sistema de BRT devem ser consideradas, tanto as de rota principal como as de ônibus alimentadores. A seguir, a Tabela 4

apresenta o total de emissões do projeto Transmilênio: 1.053.194 toneladas de CO_{2eq} para o período de 2006 a 2012.

Tabela 4: Dados Usados para Cálculo das Emissões do Projeto (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006).

	Passageiros do Projeto (milhões)	Ônibus Troncais (milhões de km)	Ônibus Alimentadores (milhões de km)	Diesel Usado (milhões de l)	Total de Emissões do Projeto (tCO _{2eq})
2006	147	27	11	21	56.179
2007	208	39	16	30	79.391
2008	356	66	27	51	135.685
2009	478	89	37	68	182.336
2010	478	89	37	68	182.336
2011	547	101	42	78	208.634
2012	547	101	42	78	208.634
Total	2.763	512	211	392	1.053.194

4.3.3. Fuga Total de Emissões

As fugas (*leakage*) correspondem ao aumento de emissões de GEE que ocorrem fora do limite do projeto de BRT e que, ao mesmo tempo, sejam mensuráveis e atribuíveis às atividades do projeto. A seguir, a Tabela 5 apresenta o total de fugas para o caso do Transmilênio: 12.555 toneladas de CO_{2eq} para o período de 2006 a 2012. Nos anos com fuga de valor negativo, o total considerado foi nulo para não contar como fuga negativa nos anos de 2008 e 2009.

Tabela 5: Dados Usados para Cálculo do Total da Fuga Total de Emissões (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006).

	Fuga devida às Emissões de Construção (tCO _{2eq})	Fuga devida às Emissões de Sucateamento (tCO _{2eq})	Fuga devida ao Combustível Economizado (tCO _{2eq})	Fuga devida ao Fator de Carregamento (tCO _{2eq})	Fuga devida ao Congestionamento (tCO _{2eq})	Total de Fugas (tCO _{2eq})
2006	17.901	1.525	-13.775	0	-1.829	3.823
2007	22.670	2.786	-19.160	0	-3.451	2.845
2008	29.842	6.606	-32.228	0	-4.937	0
2009	34.875	10.406	-42.620	0	-5.752	0
2010	38.130	10.406	-41.939	0	-5.752	845
2011	41.385	12.548	-47.216	0	-6.196	521
2012	44.621	12.548	-46.452	0	-6.196	4.521
Total	229.424	56.826	-243.389	0	-34.113	12.555

O potencial total de redução de emissões pelo Projeto Transmilênio poder ser calculado diminuindo-se do total de emissões da linha base, o total de emissões de fuga e o total de emissões do projeto. Ressalta-se que as fugas são apenas consideradas se o efeito total anual diminuir a redução de emissões estimadas.

A seguir, a Tabela 6 apresenta o potencial total de redução de emissões pelo Projeto Transmilênio para o período de 2006 a 2012: 1,7 milhões de toneladas de CO_{2eq}. As fugas negativas nos anos 2008 e 2009 não são consideradas para garantir uma aproximação conservadora. Segundo o Plano de Gestão Ambiental do Transmilênio (TRANSMILENIO S.A., 2008), estima-se que a redução de emissões de CO_{2eq} alcançará aproximadamente 5 milhões de toneladas em 15 anos (2000 – 2015).

De acordo com os dois Relatórios de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER *et al.*, 2007 e GRÜTTER *et al.*, 2008) realizados para o acompanhamento das

emissões nos anos de 2006 e 2007, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes globais do sistema Transmilênio com as reduções previstas obtiveram-se as seguintes diferenças mostradas na Tabela 7.

Tabela 6: Dados Usados para Cálculo do Potencial Total de Redução do Projeto Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Estimativa de Emissões na Linha Base (tCO_{2eq})	154.569	216.246	365.885	486.767	481.900	545.890	540.431	2.791.689
Estimativa de Emissões de Atividades do Projeto (tCO_{2eq})	56.179	79.391	135.685	182.336	182.336	208.634	208.634	1.053.194
Estimativa de Fugas¹ (tCO_{2eq})	3.823	2.845	0	0	845	521	4.521	12.555
Estimativa de Redução de Emissões (tCO_{2eq})	94.567	134.011	230.201	304.432	298.719	336.735	327.276	1.725.940

Tabela 7: Comparação dos Dados Reais e Esperados para os Anos de 2006 e 2007 do Projeto Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER *et al.*, 2007 e GRÜTTER *et al.*, 2008).

Poluentes	Valor Esperado (tCO _{2eq})	Valor Real (tCO _{2eq})	Comentário
Emissões da Linha Base em 2006	154.569	96.902	37% menor do que o esperado
Emissões do Projeto em 2006	56.179	33.881	39% menor do que o esperado
Emissões de Fuga em 2006	3.823	0	Como esperado
Reduções de Emissões em 2006	94.567	59.020	38% menor do que o esperado
Emissões da Linha Base em 2007	216.246	114.539	47% menor do que o esperado
Emissões do Projeto em 2007	79.391	44.430	44% menor do que o esperado
Emissões de Fuga em 2007	2.845	0	Como esperado
Reduções de Emissões em 2007	134.011	70.109	48% menor do que o esperado

Para o ano de 2006, obteve-se uma redução de emissões de poluentes em torno de 38% menor do que a esperada, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes globais do sistema Transmilênio com as reduções previstas. De acordo com o Primeiro Relatório de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER *et al.*, 2007) realizado para o acompanhamento das emissões no ano de 2006, isso ocorreu principalmente devido à grande diferença do número de passageiros transportados (94 milhões) em relação ao número previsto (147 milhões). O relatório afirma que a fase II do Projeto Transmilênio começou com dificuldades operacionais e que até então havia dificuldades para reorganizar as rotas do transporte público convencional. Relata também que o sistema dependia da implementação da fase III para ser mais atrativo para a população.

Para o ano de 2007, obteve-se uma redução de emissões de poluentes em torno de 46% menor do que a esperada. De acordo com o Segundo Relatório de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER *et al.*, 2008) realizado para o acompanhamento das emissões no ano de 2007, isso ocorreu principalmente devido à grande diferença do número de passageiros transportados (114 milhões) em relação ao número previsto (208 milhões). Houve falhas durante o planejamento da interdependência da quantidade de passageiros para a fase II e a implantação do projeto na fase III. Além disso, também ocorreram problemas na operação do sistema, principalmente devido à dificuldade de reorganização de rotas para a frota de ônibus remanescente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do Transmilênio foi responsável pela transformação urbana e pela melhoria da mobilidade de Bogotá que apresentava uma oferta excessiva de serviços e total desajuste dos mesmos por falta de coordenação e hierarquização de linhas. Observou-se neste estudo que conseqüências positivas foram geradas pelo Transmilênio como a redução de tempo das viagens e de acidentes, a redução de emissões de poluentes locais e globais, além do aumento da demanda por transporte coletivo.

Algumas questões cabem ser salientadas e discutidas a fim de se alcançar todo o potencial de benefícios possíveis através da implantação do Transmilênio. A primeira delas é a continuidade do programa de sucateamento de ônibus incentivando a redução da idade dos veículos em circulação dentro do perímetro urbano de Bogotá, pois os veículos com idade maior que 10 anos de operação são responsáveis pela emissão de grande quantidade de poluentes.

A segunda questão se refere às tecnologias de controle de emissões que são empregadas nos ônibus atendendo nos dias de hoje aos padrões europeus EURO II e EURO III. Tais tecnologias requerem a utilização de combustíveis com conteúdo de enxofre máximo entre 350 ppm e 500 ppm, entretanto o diesel de Bogotá em 2007 apresentava de 1000 a 1200 ppm de enxofre e atualmente 900 ppm (SUPÚLVEDA). Conseqüentemente essas tecnologias acabam sendo impedidas de gerar um maior benefício ambiental, o qual poderia ser obtido com o combustível adequado (TRANSMILENIO S.A., 2008). Além disto, é desejável que tecnologias mais modernas (que atendam ao padrão EURO V) sejam incorporadas aos veículos do sistema, pressionando ainda mais o governo por um combustível com menor conteúdo de enxofre.

Por fim, deve-se ressaltar que o número de passageiros do Transmilênio poderia ser maior, o que não ocorre devido à superlotação em algumas rotas no horário de pico e também pela concorrência com o transporte público tradicional. As tarifas do Transmilênio são um pouco mais elevadas do que as da maior parte dos ônibus coletivos que passam na pista paralela à do Transmilênio (1300 contra 1100 pesos colombianos). Desta forma, passageiros mais sensíveis em termos de custo usam o sistema tradicional. Segundo SEPÚLVEDA (2008), futuramente a demanda de passageiros ultrapassará a capacidade do Transmilênio nos horários de pico. Estudos vêm sendo realizados para implantação de um metrô para a cidade de Bogotá, de modo integrado ao Transmilênio.

Agradecimentos

Os autores agradecem pelas informações cedidas pessoalmente pelo Transmilênio, à Secretaría Distrital de Ambiente, à Operadora *Express Del Futuro*, e especialmente aos seguintes profissionais destas entidades: Daysi Rodriguez, Vladimir Castro, Wilson Torres, Orlando Velandia Sepúlveda, Jesus Miguel Sepúlveda e também aos consultores brasileiros Nei Simas e Eraldo Constanski.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSTAMANTE, R. F. G. (2007) Transporte Público Coletivo em Bogotá, do Sistema Tradicional ao Transmilênio: Um Mercado em Transição. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CAIN, A. *et al.* (2007) “Applicability of Bogotá’s TransMilenio BRT System to the United States.” *Transportation Research Record*.
- DAVIS, S. C. e DIEGEL, S. W. (2008) *Transportation Energy Data Book*. 27.a Edição. “Oak Ridge National Laboratory”, Tennessee.

- EMBARQ (2006) "Sustainable Mobility". *Magazine: Metrobús, Welcome Aboard*, year 1, October 2006, v. 1. "The WRI Center for Sustainable Transport". Disponível em: <http://embarq.wri.org/documentupload/BRTingles.pdf> em setembro de 2008.
- FERREIRA, E. (2007) Corredores de Ônibus de Alto Desempenho. Instituto de Energia e Meio Ambiente.
- GRÜTTER CONSULTING (2006) *BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Clean Development Mechanism: Project Design Document Form*. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/E6LUMUUAQA83IUZAPO9XWBMS6BTSAB> em setembro de 2008.
- GRÜTTER *et al.* (2007) Monitoring Report - CDM Project 0672: BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Monitoring Period 1.1.2006 – 31.12.2006. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/I7IQ1F14RTWSFYBHHIEYBPU1DFQB8JY> em janeiro de 2008.
- GRÜTTER *et al.* (2008) Monitoring Report - CDM Project 0672: BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Monitoring Period 1.1.2007 – 31.12.2007. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/R1OL0Z0YXJPGAGF1GX0ODPW193MMGM> em janeiro de 2008.
- IEA (2006) *World Energy Outlook - 2004*, "International Energy Agency", Paris.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Scientific Basis Contribution Of Working Group III To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change - Chapter 5: Transport and its Infrastructure*. "Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York".
- KAREKEZI *et al.* (2003) *Climate Change and Urban Transport: Priorities for the WorldBank*, "Environment Department", "World Bank Publications", Washington DC.
- NBRTI (2006) *Applicability of Bogotá's Transmilenio BRT System to United States. Final Report*. "National Bus Rapid Transit Institute", "Center for Urban Transportation Research" (CUTR), "Federal Transit Administration" (FTA). Disponível em: http://www.nbrti.org/docs/pdf/Bogota%20Report_Final%20Report_May%202006.pdf em setembro de 2008.
- RODRIGUEZ (2008) Entrevista realizada pessoalmente com o Responsável pela Gestão Ambiental do Transmilênio.
- SEPÚLVEDA (2008) Entrevista realizada pessoalmente com o Diretor do Controle Ambiental de Bogotá.
- SIMAS e CONSTANSKI (2008) Foto pessoalmente cedida
- TRANSMILENIO S.A. (1999) *Diseno Operacional Volumen X – I Manejo Ambiental*. Steert Davies Gleave. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO (2003) *El Sistema de Transporte Masivo de Bogota*. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO S.A. (2006) *Sí Transmilenio*. Jimeno Acevedo Asociados LTDA. Milena Martinez. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO S.A. (2007) *Plan Marco Sistema Transmilenio*. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO S.A. (2008) PIGA - *Plan Institucional de Gestión Ambiental* - versão 1.1.
- SDG (2003) *Estimation of Private Vehicle Trips Replaced by Transmilenio: Phase II Report*. Steer Davies Gleave, Bogotá.
- UNFCCC (2006) "Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects". *Approved baseline methodology AM0031. United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_IK6BL2878HZ4NHV86V65CBJ2Y1ZBDI em setembro de 2008.
- VINCENT (2007) W. *Summaries on TransMilenio, Megabús, and Metrovía. BRT Policy Center*.
- WRIGHT, L., HOOK, W. (2007) "Bus Rapid Transit Planning Guide". *Institute for Transportation & Development Policy*. Disponível em: http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_planning_guide/ em setembro de 2008.

Renata Almeida Motta (renatamott@pet.coppe.ufrj.br)

Adrianna Andrade de Abreu (adeabreu@pet.coppe.ufrj.br)

Suzana Kahn Ribeiro (skr@pet.coppe.ufrj.br)

PET/COPPE/UFRJ – Centro de Tecnologia, Bloco H, Térreo, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, CEP.: 21.945-970.

Fone: (051) 3289-4284; Fax: (016) 3289-4256