

1606

TEXTO PARA DISCUSSÃO

**EMISSÕES RELATIVAS DE
POLUENTES DO TRANSPORTE
MOTORIZADO DE PASSAGEIROS
NOS GRANDES CENTROS
URBANOS BRASILEIROS**

Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho

**Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada**

1606

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Brasília, abril de 2011

**EMISSÕES RELATIVAS DE POLUENTES DO
TRANSPORTE MOTORIZADO DE PASSAGEIROS
NOS GRANDES CENTROS URBANOS BRASILEIROS**

Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho*

* Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos Regionais e Urbanos (Dirur) do Ipea.

Governo Federal

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República**
Ministro Wellington Moreira Franco

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Marcio Pochmann

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Fernando Ferreira

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Mário Lisboa Theodoro

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

José Celso Pereira Cardoso Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

João Sicsú

Diretora de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Liana Maria da Frota Carleial

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Márcio Wohlers de Almeida

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete

Persio Marco Antonio Davison

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

Daniel Castro

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

ISSN 1415-4765

JEL: R49.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 PRINCIPAIS POLUENTES DO TRANSPORTE URBANO MOTORIZADO | 8 |
| 3 POLÍTICAS PÚBLICAS QUE IMPACTAM DIRETAMENTE NAS EMISSÕES VEICULARES | 23 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |

SINOPSE

Este trabalho apresenta uma discussão sobre as emissões veiculares de poluentes nos grandes centros urbanos, assim como uma breve análise das políticas públicas adotadas no Brasil que causam impacto nestas emissões. Além disso, é apresentada uma metodologia de cálculo das emissões relativas de gases de efeito estufa com base nas emissões unitárias médias dos veículos automotores e na matriz modal de deslocamentos, bem como se discute a participação das principais fontes veiculares nas emissões dos principais poluentes locais nos centros urbanos brasileiros. Fica claro pelos resultados apresentados que, além das políticas tradicionais de controle das emissões unitárias, políticas de incentivo do uso do transporte público coletivo em detrimento ao uso do transporte individual são fundamentais para reduzir o volume de poluentes jogados na atmosfera das maiores cidades.

ABSTRACTⁱ

This paper discusses vehicles emissions of pollutants in great urban centers and it makes a brief analysis of adopted public policies in Brazil which have an impact those emissions. Moreover, a methodology to calculate the relative emissions of greenhouse gases is presented on the basis of the unitary average emission of vehicles and the travel modal matrix. We also present the main sources vehicle in the emissions of local pollutants in Brazilian urban centers. We conclude that, beyond traditional policies of control of the unitary emissions, policies of incentive of use of the mass public transport in detriment to the use of the individual transport are basic to reduce the volume of pollutants in the atmosphere of the large cities.

i. As versões em língua inglesa das sinopses desta coleção não são objeto de revisão pelo Editorial do Ipea.
The versions in English of the abstracts of this series have not been edited by Ipea's editorial department.

1 INTRODUÇÃO

O transporte de pessoas e de mercadorias sempre esteve associado à geração de alguma forma de poluição, seja atmosférica, sonora ou pela intrusão visual¹ nos centros urbanos, independente do modal predominante. Mesmo na época do transporte com a tração animal, os poucos centros urbanos do mundo sofriam com o excesso de dejetos animais nas vias, que causavam sujeira e mau cheiro. Na era do transporte motorizado e carbonizado, o nível de organização e controle das atividades de transporte público, privado e de cargas e a intensidade de utilização do transporte individual pela população são condicionantes importantes para explicar os diferentes índices de poluição veicular observados em cidades com características demográficas semelhantes.

Geralmente as pessoas associam a poluição nas ruas à circulação de veículos grandes e velhos – quanto maior a quantidade destes veículos no trânsito urbano maior é a percepção de poluição na cidade. Isso ocorre porque em geral estes veículos emitem mais fumaça preta que os demais, que é o poluente mais visível no ambiente urbano. Não muito raro, há depoimentos na mídia de cidadãos culpando os ônibus e os caminhões pela poluição dos grandes centros urbanos, desconsiderando automóveis e motocicletas de maiores responsabilidades. Mas será que essa percepção é correta? O problema nesse tipo de pensamento é a consideração de apenas um tipo de poluente, material particulado (MP), e a desconsideração da capacidade e produtividade dos veículos nessa avaliação subjetiva. No caso do transporte de passageiros, por exemplo, um ônibus que transporta 70 pessoas equivale a 50 automóveis nas ruas se deslocando com uma média de 1,5 pessoas por veículo, o que gera uma poluição por passageiro transportado muito menor no caso do transporte coletivo.

A quantificação relativa das fontes móveis de emissão dos principais poluentes é fundamental para a formulação das políticas públicas ambientais e de gestão de transporte e trânsito que busquem resultados mais efetivos no controle das emissões, focando nos maiores agentes poluidores.

1. Poluição atmosférica está associada aos resíduos emitidos na atmosfera pelos escapamentos dos veículos; a poluição sonora refere-se aos ruídos gerados pelos veículos; e a intrusão visual refere-se à degradação da paisagem urbana.

Há várias substâncias nocivas ao homem e ao ambiente que são lançadas na atmosfera pelos veículos automotores, principalmente em função do processo de queima dos combustíveis fósseis. Neste trabalho, procurou-se discutir a participação relativa das fontes veiculares de emissão dessas substâncias poluentes, além de apresentar e discutir algumas políticas públicas adotadas no Brasil nos últimos 20 anos para redução das emissões veiculares. Por fim, são apresentadas algumas considerações sobre o tema e uma referência básica para quem pretende se aprofundar no assunto.

2 PRINCIPAIS POLUENTES DO TRANSPORTE URBANO MOTORIZADO

Pode-se classificar a poluição veicular em função da abrangência dos impactos causados pelos seus principais poluentes. Os poluentes locais causam impactos na área de entorno por onde é realizado o serviço de transporte, por exemplo, os ruídos gerados pelos motores dos veículos e a fuligem expelida pelos escapamentos que se acomodam nas ruas, nos passeios e nas fachadas dos imóveis. Podem-se considerar ainda nesta categoria os poluentes que se deslocam de uma região para outra pelas correntes de ar, no caso de gases que causam a chuva ácida, por exemplo, ou o efeito *smog* que é a formação de uma névoa densa devido à grande concentração de ozônio (O_3) no ar. Os poluentes globais são gases que são expelidos para a atmosfera e acabam impactando todo o planeta pelo aquecimento global, no caso da emissão de gases de efeito estufa (GEE). O principal poluente nesta categoria é o dióxido de carbono (CO_2), que serve também como unidade de equivalência para os demais GEE.

Os itens seguintes procuram traçar uma radiografia das emissões veiculares relativas dos poluentes locais e globais nos grandes centros urbanos, utilizando como referência alguns parâmetros de medição aplicados em São Paulo e também a literatura sobre o assunto.

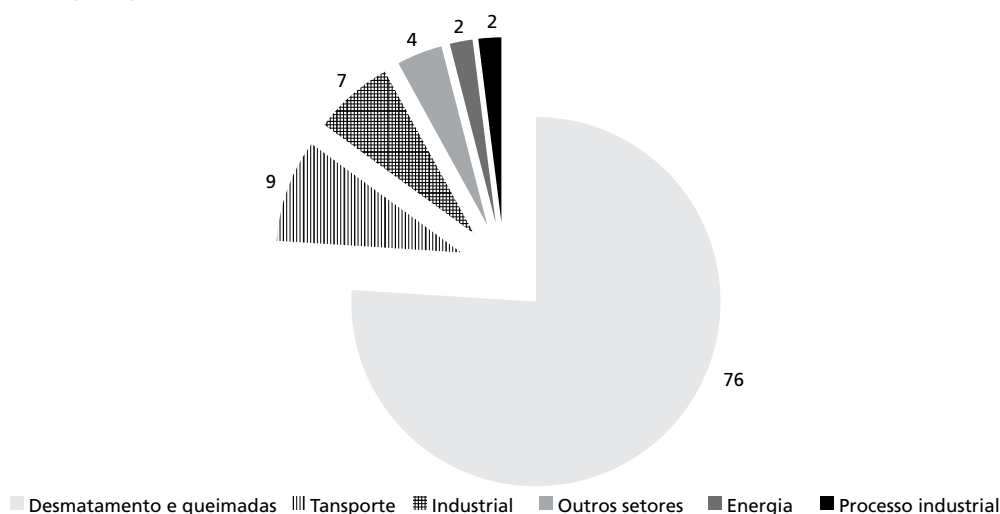
2.1 POLUENTES GLOBAIS

As mudanças climáticas observadas ultimamente, apesar da grande polêmica sobre o grau de influência das ações do homem, vêm gerando grandes discussões sobre os compromissos dos países com a redução da emissão de gases do efeito estufa, principalmente do CO_2 que tem o setor de transporte como uma das principais fontes

de emissão. O Protocolo de Quioto, assinado e ratificado pelo Brasil, estabelece que os países desenvolvidos signatários tenham um prazo até 2012 para reduzir as emissões de gases do efeito estufa em cerca de 5% em relação ao total observado em 1990, o que trará grandes responsabilidades ao setor de transporte. Apesar de o país não fazer parte do Anexo I do protocolo, sempre foi muito cobrado para reduzir suas emissões de GEE, além de poder se beneficiar dos mecanismos criados de financiamento externo a projetos de mitigação das emissões realizados em território brasileiro.

O setor de transporte responde por cerca de 20% das emissões globais de CO₂, que é um dos principais gases causador do efeito estufa, sem considerar a emissão de outros gases também nocivos ao meio ambiente. No Brasil, segundo informações do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o setor de transporte responde por cerca de 9% das emissões totais de CO₂, sendo que as queimadas respondem por mais de 70% delas (CNT, 2009).

GRÁFICO 1
Emissões de CO₂ equivalente por fonte – Brasil, 2006
(Em %)

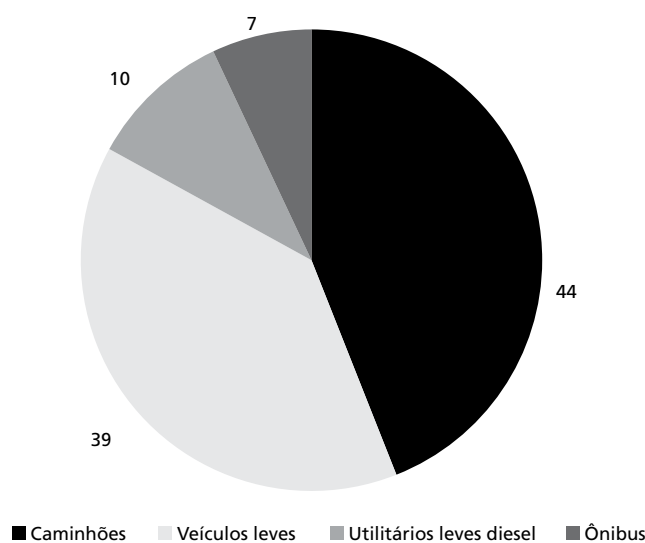


Fonte: Inventário de emissões 2006/MCT.

Considerando apenas o transporte rodoviário no Brasil, os sistemas de ônibus, que respondem por mais de 60% dos deslocamentos urbanos e mais de 95% dos deslocamentos intermunicipais, são responsáveis por apenas 7% das emissões totais de CO₂. Os automóveis e comerciais leves, com menos de 30% de participação no

total de viagens realizadas, contribuem com metade das emissões desse poluente. Esses dados mostram que o sucesso das políticas ambientais voltadas para o transporte tem que passar necessariamente por medidas que fomentem a substituição do transporte individual pelo coletivo.

GRÁFICO 2
Emissões de CO₂ equivalente no transporte – Brasil, 2006
(Em %)



Fonte: Inventário de emissões 2006/MCT.

2.1.1 Emissões relativas de CO₂ no transporte urbano

O Brasil é um país predominantemente urbano, com mais de 80% da sua população vivendo em áreas urbanas, do que se deduz que a maior parte das emissões veiculares de carbono se concentra nessas áreas. Mas qual a participação relativa de cada modalidade de transporte nas emissões de carbono nos centros urbanos brasileiros? Em outras palavras, qual a matriz modal de emissões de carbono no transporte urbano?

Vários fatores influenciam a participação de cada modalidade na matriz de emissão de CO₂, entre os quais podemos destacar a composição da matriz modal de deslocamentos das cidades, principalmente em relação à participação do transporte individual motorizado que é o mais poluente, e a distância média das viagens motorizadas realizadas pela população. Quanto maior for essa distância, maior será a quantidade de GEE lançados na atmosfera.

Há vários levantamentos sobre os fatores de emissões de CO₂ por tipo veicular, utilizando-se neste trabalho valores médios. As referências sobre emissões dos sistemas elétricos metroferroviários foram encontradas para sistemas internacionais, que não representam a realidade nacional, já que a nossa matriz elétrica é muito mais limpa do que as europeias ou americanas. As fórmulas e as tabelas 1 e 2 adiante foram utilizadas para calcular esse fator para os sistemas metroferroviários brasileiros:

$$EmissõesSEB = \sum_i^n (efi \times pfi)$$

Sendo, *EmissõesSEB* = emissões de CO₂ do sistema elétrico brasileiro (g/kWh)

efi = emissões da fonte energética *i* (g/kWh)

pfi = participação proporcional na matriz elétrica brasileira da fonte *i*

TABELA 1
Emissões de CO₂ da energia elétrica no Brasil

| Fonte | Emissões (g/Kwh) | Média (g/Kwh) |
|------------------|------------------|---------------|
| Usina nuclear | 5 a 33 | 19 |
| Hidrelétricas | 4 a 36 | 20 |
| Eólica | 10 a 38 | 24 |
| Solar | 78 a 217 | 147,5 |
| Gás natural | 399 a 644 | 521,5 |
| Óleo combustível | 550 a 946 | 748 |
| Carvão mineral | 838 a 1.231 | 1.035,5 |

Fonte: Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben).

TABELA 2
Matriz elétrica brasileira – 2008
(Em %)

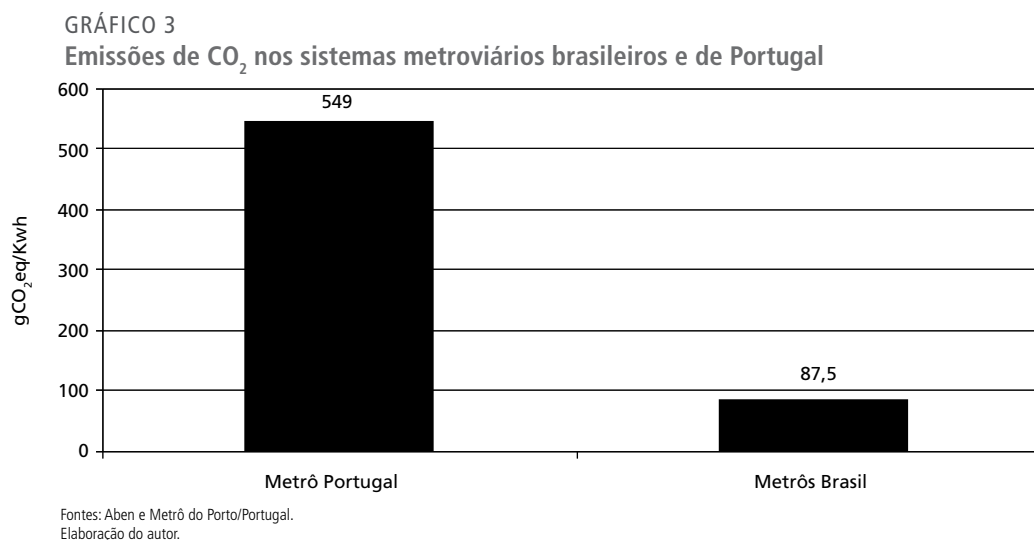
| Fonte | Participação (%) |
|-------------------|------------------|
| Hidroeletricidade | 84 |
| Biomassa | 4 |
| Gás natural | 4 |
| Diesel | 4 |
| Carvão | 1 |
| Nuclear | 3 |

Fonte: Aben.

$$EmissõesSEB = \sum_i^n (efi \times pfi) = 87g \text{ de CO}_2/\text{kWh}$$

Os cálculos de emissões ponderadas do sistema elétrico brasileiro mostram que os metrô e trens elétricos do país emitem cerca de 87 g de CO₂/Kwh. A título de comparação, esse fator é o dobro do fator médio informado pelo MCT para 2008.² As diferenças são oriundas dos fatores de emissões unitários considerados, utilizando-se neste trabalho a pior situação.

Esse nível de emissão de CO₂ é muito menor do que os valores observados para os sistemas dos países desenvolvidos. Como exemplo, pode-se destacar o metrô do Porto, em Portugal que, em função de uma matriz elétrica baseada na queima de combustíveis fósseis, emite cerca de seis vezes mais dióxido de carbono por Kwh do que o calculado para os sistemas metroviários brasileiros.

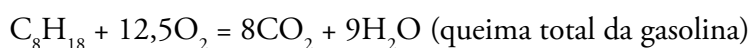


Para se calcular as emissões por fonte energética para os demais modais, é necessário obter as taxas de emissões de CO₂ equivalente na queima de cada combustível, somado com as taxas de emissões para produção e distribuição desse mesmo combustível.

2. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>.

No caso do álcool, considera-se que as emissões provenientes da queima no motor seriam todas absorvidas no cultivo da cana por se tratar de um combustível renovável, ressaltando que as emissões de GEE nos processos de preparo da terra, transporte da cana e produção e distribuição do álcool não se constituem energia renovável. Estudo publicado na Circular Técnica da Embrapa (SOARES *et al.*, 2009) calculou para um tipo específico de veículo utilitário as emissões de CO₂ equivalente para uso puro de álcool e gasolina, chegando ao resultado de que o uso do álcool representava cerca de 20% das emissões de CO₂, porção não renovável, das emissões do mesmo veículo utilizando gasolina pura. Naquele estudo, chega-se a um percentual de 33,8% a porção não renovável de CO₂ equivalente nas emissões dos veículos movidos a álcool hidratado.³

Vários fatores podem influenciar a taxa quilométrica de emissão de CO₂ equivalente dos veículos movidos à gasolina, entre os quais se podem destacar os fatores ligados ao perfil da frota – potência média, idade, rendimento quilométrico etc. A análise estequiométrica permite calcular uma relação de CO₂ emitido por unidade volumétrica de combustível, considerando uma queima completa do combustível. Como a queima é incompleta, há emissão de outros poluentes, entre eles GEE, como o NOx. Por isso, utiliza-se o conceito de quantidade de CO₂ equivalente emitido.



Considerando as massas dos elementos:⁴

$$(12 \times 8 + 1 \times 18) + 12,5(16 \times 2) = 8(12 + 16 \times 2) + 9(2 \times 1 + 16)$$

$$(114\text{g C}_8\text{H}_{18}) + (400\text{g O}_2) = (352\text{g CO}_2) + (162\text{g H}_2\text{O})$$

3. Utilizou-se um valor médio de referência em um estudo específico realizado pelo autor. Vale destacar que há variações desses cálculos na literatura em função das técnicas de plantio consideradas – utilização de queimadas e grau de mecanização – além do veículo-tipo utilizado na comparação.

4. Essa equação considera a queima completa da gasolina com foco na formação de gás carbônico. Existem vários outros elementos da gasolina que no processo de combustão incompleta dão origem a outros poluentes que também possuem características de GEE.

Da composição das massas dos elementos químicos, obtemos as seguintes relações: 1 g de gasolina pura queimada gera 3,08 g de CO₂ (352/114). Considerando uma densidade de 0,740 kg/l da gasolina pura, obtemos a relação de 2,28 kg de CO₂/l de gasolina. Estudos europeus (SOARES *et al.*, 2009) mostram ainda que para cada litro de gasolina disponível nos postos, houve uma emissão anterior de cerca de 0,5 kg de CO₂ a título de produção e distribuição do combustível, o que nos dá uma taxa final de cerca de 2,8 kg de CO₂/l de gasolina.

Considerando uma relação de 20% (SOARES *et al.*, 2009) de emissões não renováveis de CO₂ no ciclo de vida do etanol em relação às emissões de veículos a gasolina, pode-se estimar em 0,56 kg de CO₂/l as emissões dos veículos a álcool. Com essas taxas e considerando médias de rendimento de 10 km/l nos carros a gasolina e 7 km/l nos veículos a álcool, por exemplo, pode-se calcular emissões totais de 0,28 kg de CO₂/km (gasolina) e 0,056 kg de CO₂/Km (álcool). Para o cálculo do fator de emissão de CO₂ de cada veículo, utilizou-se a fórmula:

$$F_{vei} = \sum f_{ri_comb}(i) \times emissões(i)$$

Sendo, F_{vei} = fator de emissão final do veículo considerado

$f_{ri_comb}(i)$ = percentual de mistura do combustível i

$emissões(i)$ = emissões quilométricas do combustível i

Para o cálculo das emissões dos automóveis, considerou-se neste trabalho um *mix* de uso de 47% de álcool e 53% de gasolina C, obtido no anuário da Agência Nacional do Petróleo (ANP), enquanto para motocicletas foi utilizado o *mix* de 22% de álcool x 78% de gasolina no combustível utilizado. Desconsiderou-se o uso de gás natural veicular (GNV) em função do seu baixo consumo no país, assim como a mistura de biodiesel no diesel.

$$F_a = 0,47 \times 0,56 + 0,53 \times 2,8 = 1,75 \text{ kg de CO}_2/\text{l}$$

$$F_m = 0,78 \times 2,8 + 0,22 \times 0,56 = 2,3 \text{ kg de CO}_2/\text{l}$$

Sendo, F_a = fator de emissão de CO₂ dos automóveis que circulam no Brasil e

F_m = fator de emissão média de CO₂ das motocicletas que circulam no Brasil

Os veículos movidos a diesel emitem mais CO₂ por unidade de volume ou peso de combustível em relação aos demais modais motorizados. Utilizou-se neste trabalho um fator de emissão médio de 2,6 kg de CO₂ para cada litro de diesel queimado na combustão, que somado com o valor médio de 0,5 kg de CO₂ emitidos para produzir e distribuir o combustível, chegou-se a uma taxa final de emissão em torno de 3,2 kg de CO₂/l de diesel.

Há certa variação na literatura para esse valor médio em função das premissas adotadas para caracterização do perfil da frota. Soares *et al.* (2009) utiliza um valor médio final de 4 kg de CO₂/l. Alguns *sites* que calculam emissões setoriais apresentam valores de emissões apenas na combustão, próximos ao considerado no trabalho, como 2,67 de kg CO₂/l;⁵ 2,4 de kg CO₂/l;⁶ e o valor calculado no manual do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) de 2,67 kg de CO₂/l, com dados de emissões de veículos pesados europeus que se assemelham com os veículos brasileiros (ÁLVARES, 2009). A tabela 3 traz um resumo dos cálculos feitos para todos os modais.

TABELA 3
Rendimento quilométrico e emissões de CO₂ por modalidade

| Modalidade | Rendimento energético km/l ou km/kWh (A) | Emissões por fonte energética kg de CO ₂ /l ou kWh (B) | Emissões quilométricas kg de CO ₂ /km (B/A) |
|--------------------------|---|--|---|
| Metrô | 0,028 | 0,087 | 3,16 |
| Ônibus | 2,5 | 3,200 | 1,28 |
| Automóvel ¹ | 8,5 | 1,747 | 0,19 |
| Motocicleta ² | 30 | 2,307 | 0,07 |
| Veículos pesados | 2,5 | 3,2 | 1,28 |

Fonte e elaboração do autor.

Notas: ¹ Emissão média ponderada pelo consumo total de álcool e gasolina.

² Considerando mistura de 25% de álcool na gasolina.

A partir dos dados de emissões quilométricas, da capacidade de transporte e da matriz modal média dos deslocamentos urbanos, puderam-se calcular as emissões por passageiro por quilômetro percorrido, que por sua vez serve de base de ponderação para se calcular

5. Disponível em: <<http://www.ambiverde.org>>.

6. Disponível em: <<http://www.carboneutro.com.br/>>.

a matriz modal de emissão de CO₂. A matriz modal de deslocamentos considerada no trabalho foi construída a partir de valores médios de pesquisas origem – destino realizadas nos grandes centros urbanos brasileiros, apresentando a seguinte estrutura: sistemas sob trilhos (4%), sistemas de ônibus e microônibus (60%), automóvel (32%), motocicleta (3%) e veículos utilitários a diesel (1%).

Em função da falta de informações sobre a extensão média das viagens por transporte público e individual, foram consideradas nos cálculos duas situações distintas. Na primeira situação, utilizou-se a premissa de que as extensões médias das viagens dos modais convergem para o mesmo valor, baseado na hipótese de que hoje não existem modais cativos e que há uma universalização do uso do transporte individual, até mesmo pelas pessoas que moram mais distante dos centros comerciais e que sempre utilizaram transporte público. A segunda situação calculada considerou que as viagens por transporte público são duas vezes mais extensas que as viagens por transporte individual motorizada, tomando como argumento que os usuários de transporte público possuem renda menor e, portanto, residem em locais mais distantes e periféricos. As extensões médias das viagens de cada modal variam de cidade a cidade em função de variáveis socioeconômicas e da configuração dos sistemas, mas as duas situações apresentadas fornecem boa referência dos limites das emissões de carbono pelos modos individuais e coletivos. A tabela 4 registra os resultados calculados pelas fórmulas a seguir.

$$Epkm(i) = \frac{Ekm(i)}{Oc(i)}$$

$$Er(i) = \frac{Vg(i) \times Epkm(i) \times Fext(i)}{\sum_i^n Vg(i) \times Epkm(i) \times Fext(i)}$$

Sendo, $Er(i)$ = participação relativa do modal i nas emissões de carbono do transporte urbano (%)

$Vg(i)$ = viagens percentuais do modal i (%)

$Epkm(i)$ = emissões por passageiro quilômetro do modal i (kg de CO₂/pass.km)

$Fext(i)$ = fator de extensão das viagens para o modal i . Ex.: $Fext(i) = 2$, significa que em média as viagens do modal i são duas vezes mais extensas que as viagens por automóvel

$Ekm(i)$ = emissões quilométricas de carbono do modal i (kg de CO₂/km)

$Oc(i)$ = ocupação média do modal i (passageiros)

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

TABELA 4

Emissões relativas de CO₂ do transporte urbano – matriz modal de emissões de CO₂

| Modalidade | Emissões quilométricas Kg de Co ₂ /Km | Ocupação média de veículos de passageiros | Emissões/Kg de Co ₂ /pass. Km ¹ | Índice de emissão (metrô=1) | Distribuição modal de viagens urbanas motorizadas ² (%) | Ext. igual ¹ dist. modal de emissões (%) | Ext. TP=2xTI ¹ Dist. modal de emissões (%) |
|------------------------|--|--|--|-----------------------------------|--|---|---|
| Metrô | 3,16 | 900 | 0,0035 | 1,0 | 4 | 0,2 | 0,4 |
| ônibus | 1,28 | 80 | 0,0160 | 4,6 | 60 | 15,7 | 27,2 |
| Automóvel ² | 0,19 | 1,50 | 0,1268 | 36,1 | 32 | 66,5 | 57,4 |
| Motocicleta | 0,07 | 1,00 | 0,0711 | 20,3 | 3 | 3,5 | 3,0 |
| Veículos pesados | 1,28 | 1,50 | 0,8533 | 243,0 | 1 | 14,0 | 12,1 |
| | | | | Total | 100 | 100 | 100,0 |

Fonte e elaboração do autor.

Notas: ¹ Emissões considerando a extensão das viagens iguais (ext. igual) e extensão da viagens de transporte público duas vezes maior que a individual (Ext. TP=2xTI).

² Valores médios das Pesquisas Origem Destino das capitais selecionadas.

Observa-se pelos resultados apresentados que o transporte individual, que responde por cerca de 35% das viagens motorizadas, em média, é responsável por quase 60% das emissões de dióxido de carbono nos centros urbanos brasileiros, enquanto o transporte público coletivo responde por cerca de 25% das emissões totais de CO₂ na pior situação considerada. Vale destacar as emissões dos veículos utilitários a diesel, que com cerca de 1% das viagens motorizadas, respondem por mais de 10% das emissões totais de CO₂ nos grandes centros urbanos brasileiros.

Fica claro que a melhor política de redução das emissões dos GEE passa pelo estímulo e melhoria dos sistemas de transporte público coletivo, em especial os sistemas elétricos, já que o nível de emissões unitárias chega a ser 36 vezes menor nesses casos do que os observados para os automóveis (gráfico 5). Mesmo os sistemas de ônibus, que utilizam óleo diesel, são muitas vezes menos poluentes, do ponto de vista das emissões de GEE, do que as viagens por automóvel e motocicleta. Além disso, vale destacar como medidas importantes a criação de ambiente favorável para aumento das viagens não motorizadas, principalmente as bicicletas, além de programas de inspeções veiculares periódicos abrangendo principalmente a frota de utilitários e caminhões a diesel, que são grandes poluidores. O problema é que muitas vezes no Brasil as políticas adotadas vêm no sentido contrário a este princípio, promovendo o aumento continuado do uso do transporte individual via redução dos seus custos e ampliação dos créditos para a compra.

Nesse ponto, concentra-se o grande paradigma dos governos, pois as medidas de proteção à indústria automobilística são importantes para se garantir o desenvolvimento de um segmento econômico forte que gera empregos e alta arrecadação tributária, mas que ao mesmo tempo apresenta uma série de externalidades à sociedade, como poluição, congestionamentos e mortes. Talvez as decisões políticas pudessem seguir no caminho de garantia da propriedade dos veículos, preservando a indústria, mas direcionando as políticas para um uso mais racional dos veículos privados, via melhoria dos sistemas coletivos públicos e restrições de circulação destes veículos em situações específicas de agravamento das externalidades. Os gráficos 4, 5 e 6, a seguir, mostram as emissões de CO₂ nas aglomerações urbanas brasileiras.

GRÁFICO 4
Índice de emissões de CO₂ por passageiro quilômetro – Brasil

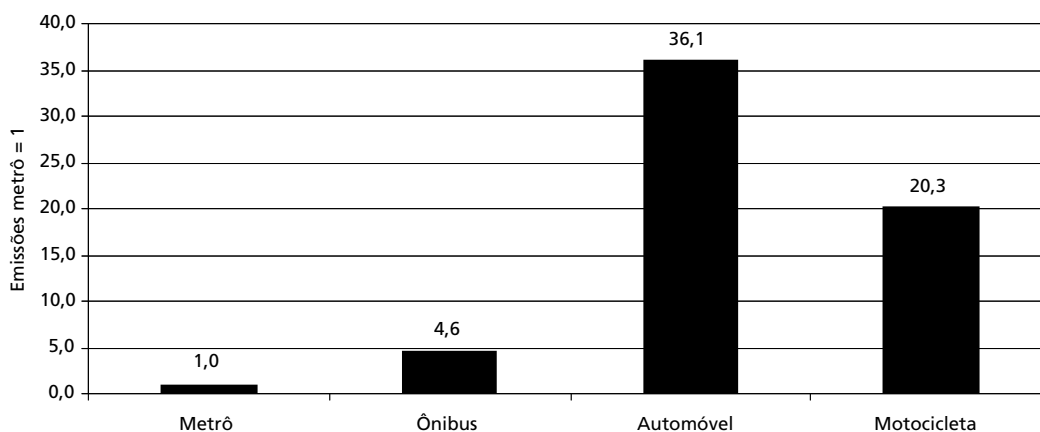


GRÁFICO 5
Distribuição das emissões de CO₂ nos centros urbanos brasileiros – por modo média
(Em % da ext. média de viagens iguais)

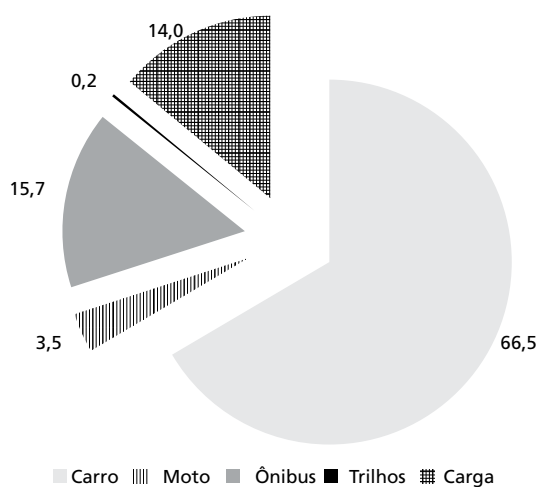
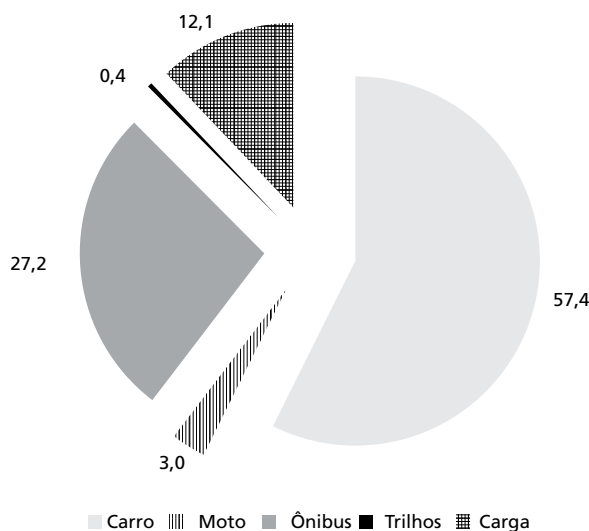


GRÁFICO 6
Distribuição das emissões de CO₂ nos centros urbanos brasileiros – por modo média
(Em % da ext. viagem TP o dobro TI)



Fonte e elaboração do autor.

Na linha de estímulo ao transporte coletivo público, o sistema de transporte implantado em Bogotá, na Colômbia, com corredores expressos e uso de linhas troncais de grande capacidade utilizando ônibus articulados se tornou o primeiro sistema de transporte urbano a receber recursos do sistema (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL) do Protocolo de Quioto, onde os países ricos podem pagar pelos projetos desenvolvidos nos países em desenvolvimento que efetivamente reduzam a emissão de gases do efeito estufa, no caso do transporte o CO₂. Como o projeto Transmilênio retirou veículos privados das ruas, organizando o sistema de transporte e sobretaxando a gasolina, contabilizou-se uma redução de mais de 300 mil toneladas de CO₂/ano o que gera recursos na ordem de R\$ 3 milhões ao ano (a.a.) para a cidade.

2.2 POLUENTES LOCAIS

Os poluentes locais afetam especificamente as áreas de abrangência da operação do transporte. O transporte motorizado, com base na queima de combustíveis fósseis, é responsável pela emissão de vários poluentes nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano, com destaque para o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados, os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x). O quadro 1 descreve os efeitos nocivos da alta concentração destes poluentes.

QUADRO 1
Efeitos nocivos dos principais poluentes veiculares locais

| Poluente | Impacto |
|----------|---|
| CO | Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, podendo causar morte após determinado período de exposição |
| NOx | Formação de dióxido de nitrogênio e na formação do <i>smog</i> fotoquímico e chuva ácida. É um precursor do ozônio |
| HC | Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados, formam o <i>smog</i> e compostos cancerígenos. É um precursor do ozônio |
| MP | Pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão. Sujeira e degradação de imóveis próximos aos corredores de transporte |
| SOx | Precursor do ozônio, formando a chuva ácida e degradando vegetação e imóveis, além de provocar uma série de problemas de saúde |

Segundo estudos do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) (SALDIVA *et al.*, 2007), cerca de 3 mil mortes por ano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) estão relacionadas à poluição do ar, representando um custo anual de cerca de R\$ 1,5 bilhão para a cidade, somando com o tratamento das cerca de 200 doenças associadas. Este número de mortes em São Paulo é um indício que no Brasil o problema é bastante sério, apesar de não existirem estatísticas focalizadas no problema e, conseqüentemente, falta conscientização geral por parte da população como ocorre, por exemplo, no caso de aproximadamente 35 mil mortes por acidentes de trânsito no país.

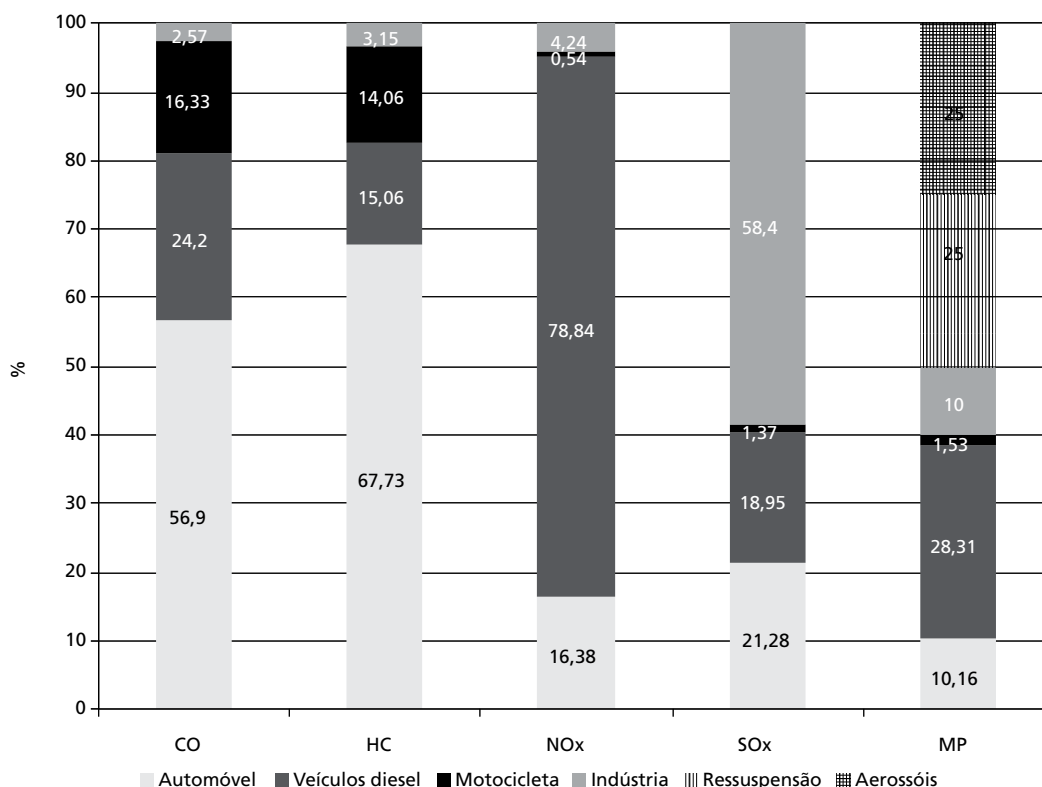
Uma pesquisa realizada, com uma amostra de 500 mil pessoas, por pesquisadores da Universidade de Berkley (JERRETT *et al.*, 2009), mostra que em regiões com alta concentração de O₃ na troposfera,⁷ formadas pelos elementos chamados precursores do ozônio, principalmente os óxidos nitrosos (NOx) e hidrocarbonetos liberados na queima dos combustíveis fósseis, a probabilidade de uma pessoa morrer por problemas respiratórios aumentam em 30%, e a cada 10 pontos percentuais de aumento na concentração de ozônio este índice aumenta em 4%. Segundo a pesquisa, são quase 8 milhões de mortes por ano por causas respiratórias no mundo.

7. A concentração de ozônio na camada estratosférica é benéfica à humanidade, pois protege a incidência de raios ultravioleta prejudiciais à saúde. Ao contrário disso, a alta concentração de ozônio em altitudes mais baixas causam problemas respiratórios nos seres humanos.

No Brasil, são os grandes centros urbanos que mais sofrem com a concentração excessiva de ozônio na atmosfera. Em São Paulo, por exemplo, que tem uma tradição de monitoramento da qualidade do ar, dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) informam que desde 2007, pelo menos 25 das 32 estações de monitoramento tiveram ultrapassados os níveis máximos de concentração deste poluente estabelecidos na legislação.

Na falta de inventários de emissões de outras regiões brasileiras, os dados de São Paulo propiciam bom referencial das emissões veiculares nos grandes centros urbanos, considerando ainda que em cidades pouco industrializadas o setor de transporte deve contribuir com quase a totalidade das emissões destes poluentes, aumentando a necessidade de políticas que promovam a redução da emissão veicular.

GRÁFICO 7
Poluentes locais na RMSP – 2005



Fonte: CETESB.

Dos principais poluentes atmosféricos lançados pelos veículos motorizados, a concentração de dois deles, na atmosfera da RMSP no ano de 2005, foi fortemente influenciada pela circulação de veículos pesados a diesel – MP e NO_x – enquanto as concentrações de monóxido de carbono e dos hidrocarbonetos foram afetadas principalmente pelos veículos de ciclo Otto (automóveis e motocicletas). Os óxidos de enxofre tiveram como fontes importantes as emissões de automóveis e veículos a diesel, mas o principal agente emissor foi o setor industrial com cerca de 60% das emissões totais. Os sistemas com propulsão elétrica, como os trólebus, os metrô e os trens urbanos não emitem esses tipos de poluentes locais.

As emissões de MP são especialmente importantes no monitoramento ambiental dos corredores de ônibus urbanos. Por serem mais pesados, em geral, estes poluentes não se espalham muito pela atmosfera, ficando concentrado nas imediações da via. Isto causa grande degradação do ambiente em sua volta, principalmente nos imóveis adjacentes ao leito da via. Como nos corredores há uma grande concentração de veículos pesados emitindo fumaça preta, a situação negativa se potencializa, com fortes reflexos sobre a qualidade de vida da população residente e impactos também sobre o mercado imobiliário, já que há uma desvalorização dos imóveis localizados próximos aos corredores saturados. Dessa forma, mesmo que o transporte público coletivo sobre pneus emita menos poluentes por passageiro transportado do que os modais individuais, os gestores devem considerar como prioridade a busca de soluções para a redução das emissões absolutas de particulado desses sistemas.

Vale destacar os poluentes lançados pelas motocicletas, principalmente, o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos. Até pouco tempo, não havia qualquer restrição de emissão de poluentes para as motocicletas, já que a frota era bem reduzida em relação à frota de automóveis. O problema é que nos últimos dez anos a frota de motos no Brasil cresceu a uma taxa de quase 20% a.a., duas vezes maior do que a taxa crescimento da frota dos automóveis, e a tendência é que nos próximos anos essa situação permaneça. Considerando as taxas atuais, a previsão é que até 2012 sejam vendidas mais motos do que carro no Brasil e, conseqüentemente, a participação das emissões das motos deve subir em um ritmo muito superior aos demais modais.

O trânsito de veículos automotores é a principal causa da poluição sonora urbana. De acordo com estudos da Organização Mundial de Saúde (OMS), a exposição

contínua de uma pessoa a ruídos acima de 75 decibéis podem causar danos à saúde, principalmente problemas auditivos irreversíveis. O problema é que é muito frequente nos grandes centros urbanos a ocorrência de ruídos com intensidade superior a esse valor em vários pontos, principalmente nas áreas comerciais e corredores de transporte, onde há uma grande concentração de veículos motorizados. Nas vias de trânsito local, esse problema é minimizado.

3 POLÍTICAS PÚBLICAS QUE IMPACTAM DIRETAMENTE NAS EMISSÕES VEICULARES

Várias políticas públicas adotadas nos últimos anos, no âmbito das três esferas de governo, criaram impactos diretos sobre os níveis de emissões de poluentes veiculares. Algumas dessas ações focaram diretamente o problema da poluição, buscando medidas de mitigação das emissões de poluentes, mas muitas outras, que tinham outros objetivos, acabavam gerando resultados negativos em termos ambientais, por exemplo, políticas de barateamento da gasolina ou redução tributária de automóveis e motocicletas. Segue breve discussão sobre algumas dessas políticas.

3.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE POLUENTES

As políticas de mitigação das emissões veiculares adotadas no Brasil se concentram basicamente no estabelecimento de limites máximos de emissões dos veículos automotores e nas medidas de melhoria dos combustíveis pela redução dos teores dos elementos químicos poluidores ou mistura com bicompostíveis que são mais limpos e apresentam características renováveis.

3.1.1 Limites de emissões dos veículos automotores

Em 1986, o governo federal lançou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) que visava à redução das emissões de poluentes pelos automóveis e veículos comerciais negociados no Brasil. Desde 1993, de forma gradativa, foram estabelecidos limites máximos de emissões que chegaram a reduzir em mais de 90% as emissões unitárias de vários poluentes pelos veículos. O problema é que a frota mais que triplicou nesse período, reduzindo os efeitos benéficos da medida. A tendência é a frota continuar crescendo a taxas superiores a 10% a.a., sendo que

os limites de emissão do Proconve já chegaram a um patamar em que níveis maiores de redução são muito difíceis de alcançar sem que haja substituição tecnológica. Os veículos antigos eram tão ineficientes ambientalmente que mesmo com o aumento vertiginoso da frota de automóveis observado, por exemplo, houve uma redução global dessa fonte de cerca de 50% das emissões totais de alguns poluentes controlados (CO, HC e NO_x).

Após mais de uma década do início efetivo do programa de controle das emissões dos automóveis e veículos comerciais, finalmente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabeleceu limites de emissões para as motocicletas: o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT). Somente após a implantação deste programa, em 2003, a indústria começou a lançar no mercado veículos mais limpos, com tecnologia inédita para este modal no país, como a injeção eletrônica, por exemplo. Desde 2009, as motocicletas comercializadas têm que obedecer a fase III do PROMOT, que aproxima bastante os limites de emissões dos principais poluentes com os critérios estabelecidos para os automóveis, apesar de terem valores superiores. Mesmo assim, existem mais de 5 milhões de motocicletas nas ruas brasileiras, que foram fabricadas sem qualquer restrição quanto as suas emissões, poluindo a atmosfera até dez vezes mais do que um automóvel de mesma idade, conforme tabela 5.

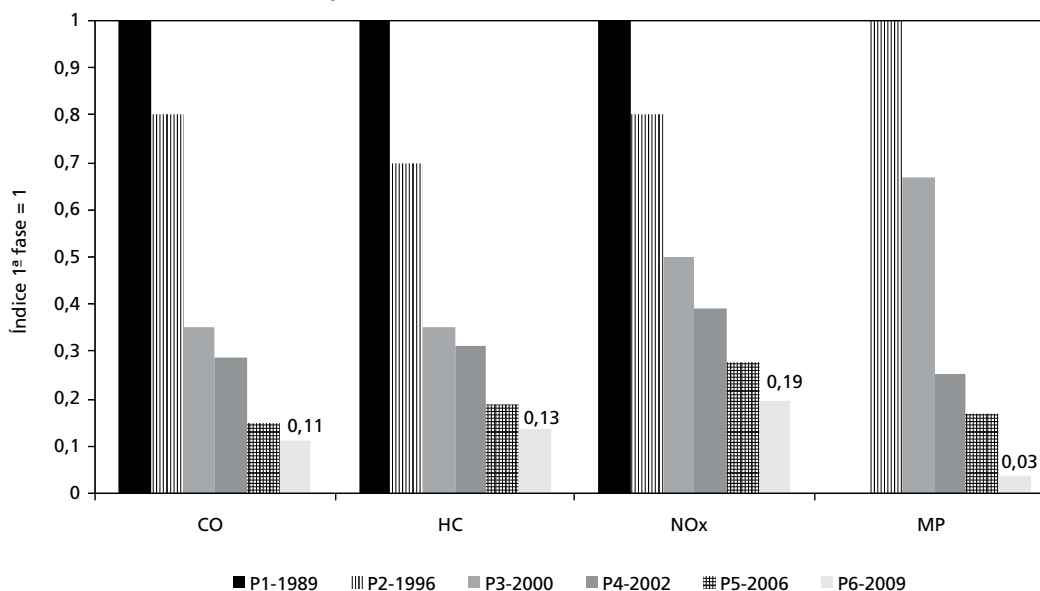
TABELA 5
Emissões de CO, HC e NO_x de motos e automóveis ao longo dos anos
(Em g/km)

| Poluentes | 1989 | | 1992 | | 1997 | | 2003 | | 2005 | | 2009 | |
|-----------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | Automóvel fase I | Motocicleta | Automóvel fase II | Motocicleta | Automóvel fase III | Motocicleta | Automóvel fase IV | Motocicleta fase I | Automóvel fase IV | Motocicleta fase II | Automóvel fase V | Motocicleta fase II |
| CO | 24 | > 24 | 12 | > 24 | 2 | > 24 | 2 | 13 | 2 | 5,5 | 2 | 2 |
| HC | 2,1 | > 3 | 1,2 | > 3 | 0,3 | > 3 | 0,16 | 3 | 0,16 | 1,2 | 0,05 | 0,8 |
| NO _x | 2 | > 0,3 | 1,4 | > 0,3 | 0,6 | > 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,12 | 0,15 |

Fontes: Proconve e PROMOT.
Elaboração do autor.

As emissões dos veículos ciclo diesel também foram objetos de restrições por parte da regulamentação do Conama. Desde a primeira fase do Proconve, em meados da década de 1980, os limites de emissões dos principais poluentes locais destes veículos reduziram bastante. Hoje, um veículo a diesel emite menos de 20% do que emitia há 20 anos, sendo que em alguns poluentes, como o MP, por exemplo, esta redução é inferior a 5% do observado anteriormente. O gráfico 8 mostra a queda dos limites de emissões dos veículos a diesel.

GRÁFICO 8
Limites de emissões de poluentes dos veículos ciclo diesel – fases do Proconve



Fonte: Conama.

De acordo com o relatório do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), houve uma tendência estacionária ou de declínio das concentrações máxima e média de poluentes atmosféricos nos últimos anos nos pontos de monitoramento da maior parte das regiões metropolitanas brasileiras. A publicação imputa esse resultado, pelo menos em parte, ao Proconve. O declínio das concentrações de poluentes é maior para os particulados, onde as reduções das emissões veiculares foram predominantes.

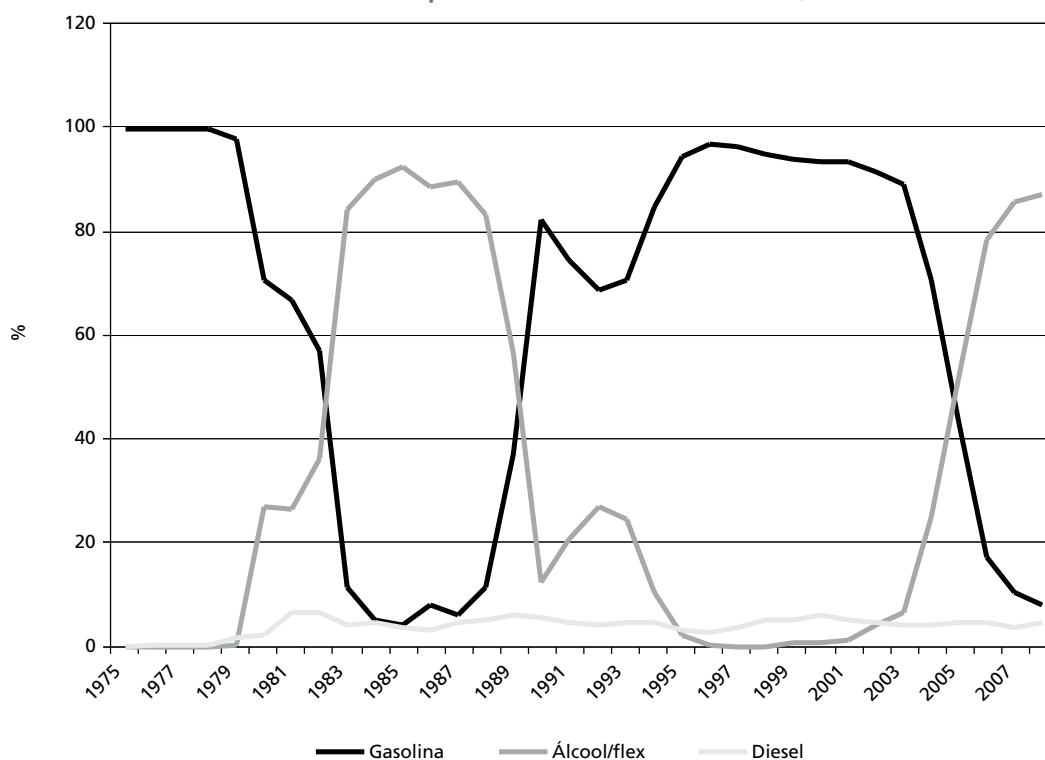
3.1.2 Utilização de combustíveis mais limpos

A introdução no mercado brasileiro de combustíveis mais limpos exerceu papel importante nos resultados das emissões veiculares. O pró-álcool foi um marco importante para o país em termos de redução das emissões de carbono, chumbo e óxidos de enxofre,⁸ principalmente, apesar de ter sido criado em um contexto de substituição da gasolina em função dos choques do petróleo ocorridos na década de 1970.

8. Vale destacar o aumento dos aldeídos totais, que são substâncias cancerígenas, nos veículos movidos a álcool.

Devido à grande instabilidade da oferta, que sofria influência do mercado do açúcar, o pró-álcool quase acabou na década de 1990 por causa das sucessivas crises de abastecimento. Como forma de garantir um mercado mínimo para o álcool, o governo adotou a política de mistura do álcool na gasolina, utilizando o apelo ambiental como pano de fundo. A mistura de álcool, que chegou até a 25% do volume total do combustível, propiciou reduções de cerca de 18% nas emissões de CO₂ dos veículos à gasolina (SOARES *et al.*, 2009). Mais recentemente, com a introdução dos veículos bicompostíveis, o problema da instabilidade da oferta foi resolvido, o que gerou inversão na tendência de compra de veículos exclusivamente à gasolina.

GRÁFICO 9
Licenciamento de veículos leves por combustível utilizado – Brasil, 1975-2008



Fonte: Anuário da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea).
Elaboração do autor.

Em relação às emissões de SO_x, que interferem também nas emissões de material particulado, foram adotadas medidas importantes nos últimos anos. A Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) que distribuía diesel nas grandes metrópoles brasileiras com até 2000 ppm de enxofre (partes por milhão) hoje vende o diesel S500, com 500 ppm de enxofre, e já está distribuindo em algumas cidades o diesel S50 que possui 50 ppm de enxofre, mas, por enquanto, apenas para a frota cativa de ônibus urbanos. As empresas de ônibus do Rio de Janeiro, por exemplo, conseguiram reduzir em 15% o nível de emissão da fumaça preta dos seus veículos, segundo os estudos técnicos realizados pela Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (Fetranspor) em função do uso deste combustível. Outra vantagem é que o nível baixo do teor de enxofre vai permitir aos veículos comerciais utilizarem equipamentos pós-tratamento de gases que irão reduzir ainda mais as emissões dos poluentes. O enxofre é responsável pela formação das chuvas ácidas que poluem rios, lagos, florestas e plantações, além de degradar os imóveis urbanos.

Outro avanço importante na política de redução de emissões é a utilização da mistura diesel/biodiesel, hoje na faixa de 5% de biodiesel para 95% de diesel mineral. Testes indicam resultados importantes na redução das emissões de monóxido de carbono e principalmente material particulado, apesar do ligeiro aumento observado nas emissões de NO_x (NTU, 2008). Já há estudos realizados para utilização do Biodiesel B20 (20% de mistura de biodiesel no diesel), que no futuro podem subsidiar uma política governamental. Além disso, por ser um produto renovável como o álcool, há uma reabsorção do CO₂ liberado na queima do combustível pelas próprias plantações das oleaginosas utilizadas como matéria-prima na produção.

Essas melhorias são especialmente importantes para os sistemas de ônibus urbanos. Por operarem com grande frequência em ruas e avenidas que exercem a função de corredor de transporte, a concentração de fumaça preta (material particulado) nessas áreas é muito alta, degradando e desvalorizando os imóveis adjacentes. A redução da fumaça preta diminui bastante as pressões sociais e políticas sobre a operação de transporte.

O problema das políticas de melhoria do diesel comercializado no Brasil é o aumento gradual do seu custo de produção e venda. Segundo estudos da Fetranspor (NTU, 2008), para cada 1% de aumento na mistura de biodiesel há impacto no preço final do combustível de 0,5%. E com o S50 não é diferente, pois a Petrobras está

tendo que importar esse combustível, a preços mais caros, porque tem de atualizar seu parque produtivo antes de fabricá-lo no Brasil. O custo elevado do diesel é uma questão importante para se discutir em países pobres e com forte dependência rodoviária devido ao encarecimento do transporte de mercadorias e pessoas. O transporte público de passageiros, por exemplo, historicamente apresentava custos com combustível com participação inferior a 10% do custo total e hoje estes valores atingem o patamar de 30%, o que contribuiu para os aumentos reais das tarifas cobradas (NTU, 2009).

A introdução do gás natural veicular na matriz energética do transporte também se constitui em uma política importante para redução dos poluentes locais e globais. Estima-se que um veículo movido a gás emita cerca de 20% menos de CO₂ na atmosfera, com ganhos semelhantes também em relação aos poluentes locais. Apesar dos benefícios, o consumo de GNV no Brasil ainda é muito pequeno, representando menos de 1% do consumo total de álcool e gasolina. Isso ocorre em função de poucas cidades no Brasil disporem de oferta deste combustível. No passado, já se tentou introduzir o GNV na frota de ônibus regular, sem muito sucesso. Um dos principais motivos do insucesso foi a necessidade da frota ficar dedicada ao GNV. Ao contrário dos veículos de ciclo Otto, na qual a queima do combustível pode ser feita com gasolina, álcool ou gás, os veículos ciclo diesel teriam que rodar exclusivamente com esse combustível o que causaria problemas em épocas de crise de abastecimento, como houve anteriormente. Mais recentemente estão sendo desenvolvidos kits diesel/gás que poderiam resolver o problema da confiabilidade energética, já que os ônibus poderiam migrar para o diesel em época de desabastecimento de gás. Este problema tende a se reduzir de importância quando houver autossuficiência na produção do gás natural no Brasil, fato já anunciado pelo governo.

3.1.3 Inspeção veicular

Uma medida importante para o controle de emissões de poluentes é a manutenção periódica dos veículos motorizados. É sabido que os veículos mais velhos, sem uma manutenção adequada, emitem muito mais poluentes na atmosfera, apesar desse valor não ter sido quantificado ainda no país em função da ausência de programas de inspeção veiculares já maturados e, portanto, passíveis de avaliação.

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), aprovado em 1997, estabeleceu no Art. 104 a obrigatoriedade da inspeção dos veículos em circulação, responsabilizando o Conselho Nacional de Trânsito (Contran) e o Conama pela definição da forma e

periodicidade da medida. Por falta de regulamentação deste artigo por parte desses órgãos, até hoje a inspeção veicular não se tornou obrigatória no Brasil, com exceção das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro que criaram legislações próprias. Em novembro de 2009, o Conama editou a Resolução nº 418/2009 dando prazo de 12 meses para que os estados e municípios com frota superior a 3 milhões de veículos elaborassem um Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV). De acordo com o decreto, o PCPV

(...) deverá caracterizar, de forma clara e objetiva, as alternativas de ações de gestão e controle da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis, incluindo-se um Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, quando este se fizer necessário.

Nota-se que o próprio decreto, contrariando a lei maior, não tornou a inspeção obrigatória, utilizando o termo “*quando este se fizer necessário*”. Isto abriu a possibilidade dos municípios e estados não implantarem a medida sob variadas justificativas.

3.1.4 Investimento em sistemas de transporte públicos mais atrativos

Até o momento, as políticas de redução da poluição veicular estiveram voltadas inteiramente para o controle das emissões de cada tipo de veículo. Houve poucas medidas efetivas de aumento da competitividade do transporte público com vista à redução das viagens relativas do transporte individual. Vale destacar as expansões dos sistemas metroviários ocorridas nos últimos anos que permitiu um aumento de demanda superior a 70% nos sistemas gerenciados pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) nos últimos anos, apesar destes sistemas representarem menos de 3% dos deslocamentos totais urbanos.

Seguindo a linha de qualificação do transporte público, uma medida que causará impacto positivo no aumento da participação do transporte público na matriz modal de deslocamentos urbanos são os investimentos em mobilidade para a copa do mundo. Com investimentos que superam R\$ 10 bilhões, há vários projetos de melhoria e implantação de novos sistemas de transporte público nas 12 cidades sedes, com destaque para os diversos sistemas BRT (sistemas de ônibus rápidos), semelhantes ao transmilênio de Bogotá, que irão atrair mais demanda ao transporte público e com isso aumentar a eficiência deste nessas cidades. A tabela 6 mostra a relação dos projetos em melhoria do transporte público já aprovados pelo Ministério das Cidades (MCidades).

TABELA 6
Projetos de mobilidade urbana do Programa de Aceleração do Crescimento da copa do mundo

| Município | Recursos (R\$) | Total (R\$) | Descrição |
|----------------|----------------------|-------------------------|---|
| Belo Horizonte | Investimento | 1.465.972.671,94 | BRTs: Av. Antônio Carlos, Pedro II, área central e Cristiano Machado; melhorias viárias e ger. tráfego |
| | Financiamento | 1.023.250.000,00 | |
| Brasília | Investimento | 379.999.991,72 | VLT: Implementação do trecho 1 da linha 1 (ligação aeroporto/terminal Asa Sul) |
| | Financiamento | 361.000.000,00 | |
| Cuiabá | Investimento | 488.826.315,78 | BRTs: CPA/Aeroporto; Coxipó/Centro e corredor viário na Rodovia Mário Andreazza |
| | Financiamento | 454.700.000,00 | |
| Curitiba | Investimento | 463.789.473,68 | BRT: aeroporto/rodoferroviária e Av. Cândido Abreu; corredores exclusivos; sistema monitoramento etc. |
| | Financiamento | 769.100.000,00 | |
| Fortaleza | Investimento | 562.000.000,00 | BRTs: Rui Barbosa, Dedé Brasil, Av. Paulino Rocha e Alb. Craveiro; VLT: Parangaba/Mucuripe |
| | Financiamento | 409.800.000,00 | |
| Manaus | Investimento | 1.537.000.000,00 | Implementação de BRT: Eixo Leste/Centro e sistema monotrilho |
| | Financiamento | 800.000.000,00 | |
| Natal | Investimento | 441.073.536,88 | Integração de transporte e melhoria de sistema viário |
| | Financiamento | 361.000.000,00 | |
| Porto Alegre | Investimento | 480.096.427,47 | BRTs: Assis Brasil e Protásio Alves; sistema viário; melhoria e expansão corredores; sistema de monitoramento |
| | Financiamento | 426.780.638,00 | |
| Recife | Investimento | 724.990.000,00 | BRT: Norte/Sul; corredor exclusivo da av. Caxangá; Implantação e melhoria terminais; |
| | Financiamento | 589.000.000,00 | |
| Salvador | Investimento | 570.316.000,00 | Implementação BRT aeroporto/Acesso Norte |
| | Financiamento | 541.800.000,00 | |
| São Paulo | Investimento | 2.860.000.000,00 | Monotrilho: implementação da linha 17 – Ouro – Ligação do Aeroporto de Congonhas à Rede Metroferroviária |
| | Financiamento | 1.082.000.000,00 | |
| Total | Investimento | 9.974.064.417,47 | |
| Total | Financiamento | 6.818.430.638,00 | |

Fonte: Projetos publicados no Diário Oficial da União (DOU) até agosto de 2010.

3.1.5 Controle e gestão do tráfego urbano

Em termos de políticas locais de redução das emissões de poluentes, São Paulo se destaca com a adoção de medidas mais extremas como o rodízio de carros e a restrição de circulação de veículos pesados em determinadas áreas e horários.

Em 1997, a prefeitura implantou o rodízio de placas retirando cerca de 20% da frota que circulava diariamente na área mais saturada de São Paulo.⁹ Se em um primeiro momento houve ganhos de até 24% na velocidade média nos horários de pico, atualmente as velocidades já não são maiores do que antes do início do rodízio. Isto ocorreu em função do aumento de quase 50% na frota do ano de início do rodízio até hoje, o que anulou todos os resultados iniciais obtidos. Fica claro que a adoção desta medida tem que ser acompanhada de outras que inibam o uso do transporte individual, como a qualificação do transporte público e o estímulo a outros meios não motorizados, as ciclovias, por exemplo. Se nada for feito, com o tempo a situação volta para as mesmas condições do período antecedente do rodízio, com o agravante do estímulo às famílias a comprar veículos privados adicionais com números finais de placas diferentes para fugir do rodízio.

Desde 2008, São Paulo começou a restringir a circulação de caminhões no centro expandido criando o conceito de veículos urbanos de cargas (VUC), que são veículos de menor capacidade que podem circular atendendo as mesmas condições de rodízio dos automóveis. Os caminhões de maior porte são proibidos de circular durante o dia. A ideia é reduzir os congestionamentos urbanos e conseqüentemente as emissões de poluentes, principalmente pela supressão das obstruções de tráfego causadas pelos veículos de grande porte, mas, por outro lado, a medida estimula o aumento da frota de comerciais leves podendo ocorrer mais emissões por tonelada transportada de carga.

3.2 POLÍTICAS PÚBLICAS QUE PROVOCAM AUMENTO DAS EMISSÕES DE POLUENTES

Algumas medidas adotadas em contextos alheios às questões ambientais podem provocar o aumento das emissões de poluentes automotivos, em função do aumento dos deslocamentos urbanos por transporte motorizado individual, já que essas políticas barateiam o uso dessa modalidade. Seguem alguns exemplos.

9. Toda a área compreendida no chamado Mini Anel Viário – marginais (Tietê e Pinheiros), Av. dos Bandeirantes, Complexo Viário Maria Maluf, Av. Tancredo Neves, Av. Juntas Provisórias, Av. Luís Inácio de Anhaia Melo e Av. Salim Farah Maluf.

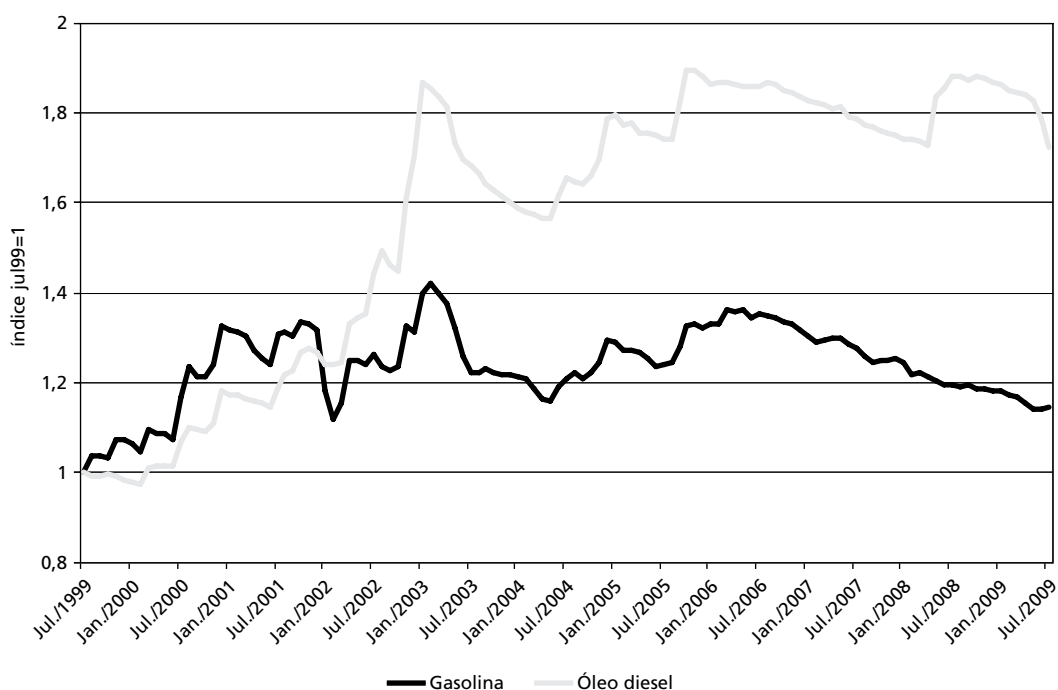
3.2.1 Comercialização de combustíveis: barateamento da gasolina

A política federal de comercialização de combustíveis vem afetando o equilíbrio entre as viagens individuais e as coletivas nos últimos anos, principalmente pelo aumento relativo do preço do diesel em relação ao preço da gasolina. O diesel representa hoje até 30% do custo da tarifa de ônibus urbano, que é o principal referencial para fixação das tarifas dos demais modais públicos. Quanto mais caro o diesel em relação ao preço da gasolina maior é a utilização de transporte individual motorizado e menor o uso do transporte público. Estes preços relativos podem não exercer muita influência na decisão de compra de um veículo privado por parte de um cidadão, mas eles influenciam fortemente o nível de utilização destes veículos no dia a dia e, conseqüentemente, o nível de emissão de poluentes total. O que acontece é que desde o fim do monopólio da Petrobras na comercialização de derivados de petróleo no Brasil, o governo vem imprimindo aumentos reais para o diesel, muito superiores aos aumentos da gasolina. Isto é fruto do realinhamento de preços com o mercado internacional em função da nova filosofia competitiva do mercado de combustíveis no Brasil, onde a própria Petrobras deixou de ser uma empresa genuinamente estatal. O resultado é que nos últimos 10 anos o preço do diesel subiu 72% acima da inflação, enquanto a gasolina apenas 14%.

Do ponto de vista da mobilidade urbana e da sustentabilidade ambiental essa política é bastante questionável, pois torna o transporte público menos atrativo e acessível em relação ao transporte individual. Se a era dos subsídios generalizados ao diesel não se justifica nesse novo ambiente mercadológico, a concessão de subsídios focalizados pode ser uma saída para se atingir determinados objetivos. O diesel consumido pelo transporte público representa menos que 10% do total consumido no país, o que significa que uma política de subsídio ao transporte público, com a devida contrapartida de redução das tarifas do serviço, não causaria grandes distorções no mercado de combustíveis e poderia ser financeiramente equalizada via subsídio cruzado com a gasolina ou redução/supressão da tributação federal – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide), Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins) – e estadual – Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). O mesmo caminho pode ser adotado para baratear o preço dos sistemas elétricos de transporte público, que acabam sendo penalizados com a cobrança adicionada de energia nos horários de pico do serviço.

A quem enxerga a concessão de subsídio como uma intervenção maléfica do estado na economia, o governo federal já vem fazendo isso nos últimos aumentos da gasolina, mas só que beneficiando os usuários de automóveis, quando abriu mão de arrecadação de cerca de R\$ 3 bilhões por ano (REDUÇÃO..., 2008), reduzindo a Cide incidente nesse combustível, para não afetar o seu preço final. Este montante seria suficiente para reduzir as tarifas de ônibus em até 15% no Brasil com uma política de redução do preço do diesel em 50% para os sistemas de transporte público urbano.

GRÁFICO 10
Evolução de preços: gasolina e óleo diesel – Brasil, 1992-2008
(Em número-índice)



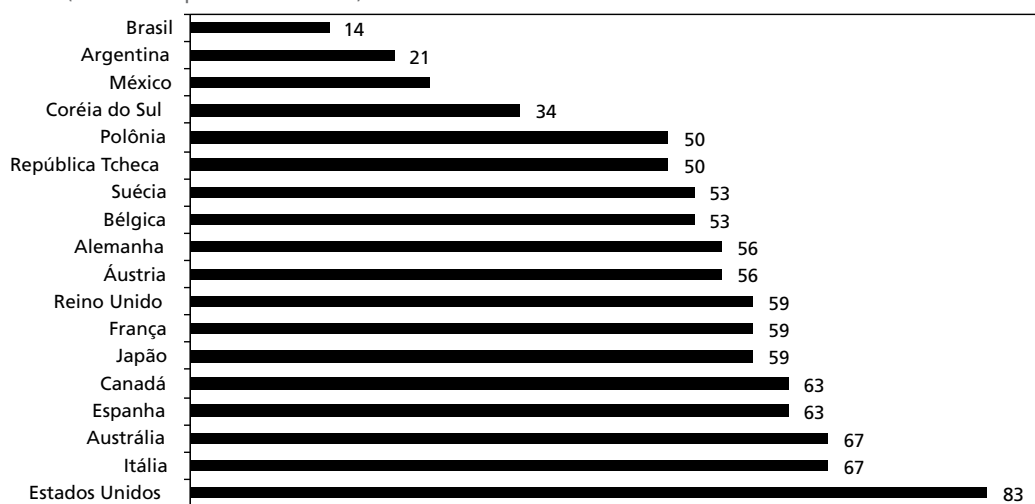
Fonte: IBGE.
Elaboração do autor.

3.2.2 Estímulo à venda de veículos privados

O Brasil apresenta uma taxa de motorização (quantidade de veículos automotores por grupo de 100 habitantes) muito inferior a dos países desenvolvidos, e até mesmo em relação a de outros países em desenvolvimento ou da própria América Latina. Isto significa que, mesmo com os problemas de mobilidade e poluição encontrados atualmente nos grandes centros urbanos, a tendência é o crescimento da participação relativa das emissões dos

veículos privados, pois há uma grande margem de aumento da propriedade de veículos automotores entre a população brasileira, principalmente nas camadas de menor renda. O gráfico 11 mostra a comparação das taxas de motorização de vários países.

GRÁFICO 11
Taxa de motorização de países selecionados – 2008
(Em veículos por 100 habitantes)



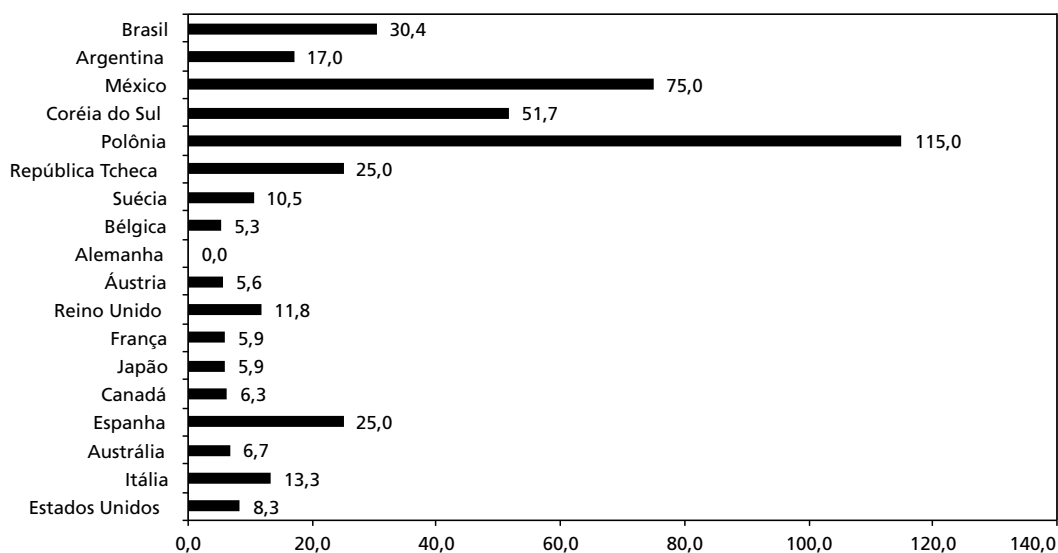
Fonte: Anfavea.

Esse aumento da taxa de motorização está ocorrendo no Brasil de forma contínua e persistente. Nos últimos 10 anos, essa taxa cresceu cerca de 30% – baseada no crescimento e popularização do crédito para aquisição de automóvel e motos. O aumento da capacidade instalada da indústria subiu mais de três vezes com a implantação de novas plantas e políticas pontuais de tributação, que buscavam proteger a indústria automotiva nos períodos mais agudos das crises econômicas que afetaram a economia brasileira.

Esse fenômeno ocorre com mais força nos países em desenvolvimento, já que ainda possuem baixa taxa de motorização em relação aos países desenvolvidos. Nos períodos de recuperação econômica, a indústria automobilística é uma das primeiras a sentir os efeitos positivos, transformando demanda reprimida em demanda manifesta.

GRÁFICO 12
Variação da taxa de motorização de países selecionados – 1998-2008

(Em veículos por 100 habitantes e % de crescimento)



Fonte: Anfavea.

Os dados da pesquisa nacional por amostragem domiciliar PNAD/IBGE também corroboram com essa constatação. Mais da metade dos domicílios brasileiros (53%) dispõe de automóveis ou motocicletas para atendimento dos deslocamentos dos seus moradores, indicando ampla base de domicílios que usam o transporte individual, mas também significando que a posse de veículos nas famílias brasileiras pode crescer ainda muito mais, sobretudo nas famílias de renda mais baixa.

TABELA 7
Posse de veículos automotores privados no Brasil – 2009

| | | Carro | | | | Total |
|--------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | Tem carro | Tem moto | Tem carro e moto | Não tem | Tem carro |
| Zona urbana | Contagem | 16.585.676 | 4.073.181 | 3.268.750 | 25.899.895 | 49.827.502 |
| | % na zona | 33,3 | 8,2 | 6,6 | 52,0 | 100,0 |
| Zona rural | Contagem | 1.489.840 | 1.566.213 | 570.014 | 5.123.788 | 8.749.855 |
| | % na zona | 17,0 | 17,9 | 6,5 | 58,6 | 100,0 |
| Total | Contagem | 18.075.516 | 5.639.394 | 3.838.764 | 31.023.683 | 58.577.357 |
| | % total | 30,9 | 9,6 | 6,6 | 53,0 | 100,0 |

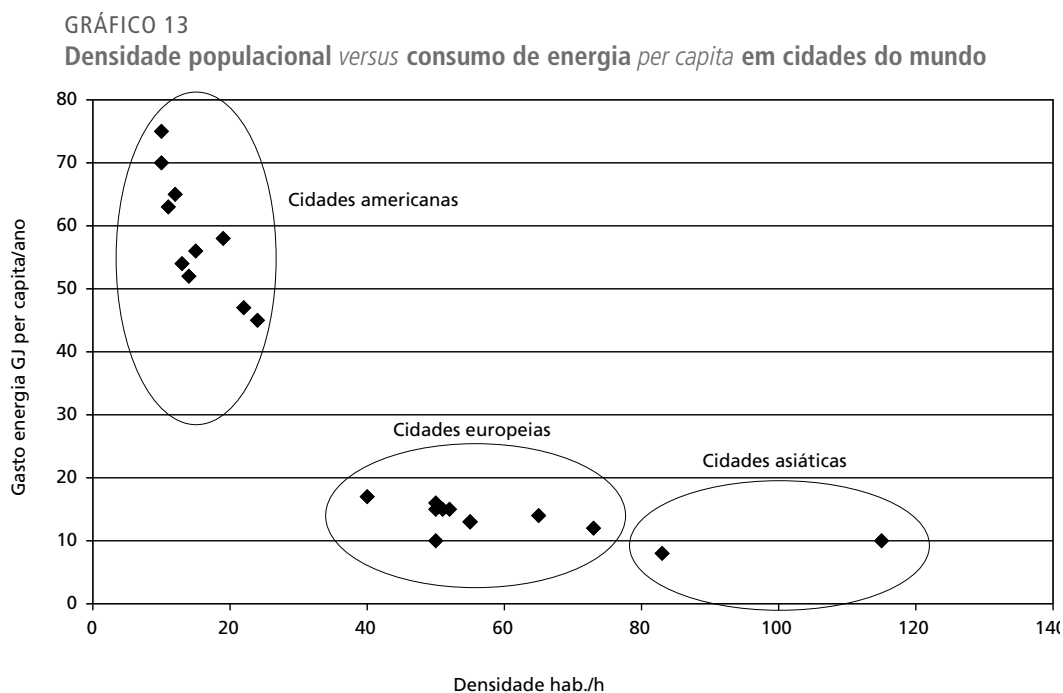
Fonte: PNAD/IBGE.

3.2.3 Uso e ocupação do solo e forma urbana

As questões ligadas à morfologia das cidades, assim como o planejamento e a gestão urbana, são condicionantes importantes para o desempenho do sistema de transporte urbano, impactando diretamente a matriz modal de emissões de poluentes.

Cidades espalhadas com baixa densidade populacional apresentam menos eficiência no seu sistema de transporte público do que as cidades mais compactas e com grande densidade populacional, o que significa que o transporte individual se torna a base dos deslocamentos cotidianos da população. Geralmente nessas situações, o transporte público coletivo é bastante deficiente, ineficiente e caro.

O gráfico 13 mostra um pouco essa relação. As cidades americanas, que são bastante espalhadas, com baixa densidade populacional e com um sistema de transporte totalmente dependente do transporte privado individual, apresentam gasto de energia *per capita* muito superior às cidades europeias e asiáticas, que são muito mais compactas e densas do que elas.



Fonte: UNEP (2008).

Da mesma forma, cidades monocêntricas, onde as principais atividades econômicas e equipamentos públicos se concentram em uma área restrita do perímetro urbano, com baixa densidade residencial, tendem a gerar viagens mais longas, potencializando os congestionamentos urbanos nos acessos a essas áreas e deteriorando as condições de poluição atmosférica daquela região.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um sistema de mobilidade urbana ambientalmente equilibrado para as cidades brasileiras deveria ser um objetivo importante na pauta de governo dos entes federativos, principalmente neste momento em que os países discutem a redução da emissão dos poluentes globais e também as externalidades geradas pelos demais poluentes.

Um princípio importante para se atingir resultados mais consistentes em matéria de redução da poluição é o incentivo ao uso do transporte público em detrimento do transporte individual. Apesar de se constituir em um princípio simples, isso não vem ocorrendo na prática, pois cada vez mais as aglomerações urbanas brasileiras veem o aumento da frota e da circulação dos veículos motorizados privados, fomentados pelas políticas federais de barateamento da gasolina frente ao óleo diesel e redução do custo dos automóveis e motocicletas, além das políticas urbanas que geram o espraiamento das cidades e a alta concentração das atividades econômicas e empregos em áreas restritas e de baixa densidade residencial. O resultado é que mais de 60% das emissões veiculares de CO₂ são feitas por automóveis e motocicletas, assim como percentuais igualmente elevados ocorrem para poluentes locais, como o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos, com tendência de crescimento já que a frota continua aumentando a taxas superiores a 10% a.a.

Os veículos a diesel também demandam políticas específicas de mitigação da poluição do ar, pois respondem por pequena parte dos deslocamentos diários urbanos, mas são responsáveis por grande parte das emissões de carbono, nitrogênio e enxofre. Políticas de incentivo à modernização da frota com o uso de tecnologias mais limpas, melhoria do diesel comercializado e inspeções periódicas podem trazer bons resultados nesse segmento.

As políticas públicas adotadas para amenizar os problemas ambientais no trânsito urbano se restringiram ao controle das emissões dos veículos, à mistura de bicomcombustíveis aos combustíveis fósseis para reduzir o seu potencial poluidor e à melhora da qualidade do diesel e da gasolina. São medidas importantes, mas deixam de ser plenamente efetivas em função do aumento vertiginoso da frota circulante de veículos automotores. Por isso, outras medidas mais drásticas são sempre discutidas nos grandes centros urbanos, como restrições ao uso do transporte individual via pedágio, rodízio, proibição de estacionamentos ou circulação em determinadas áreas etc. Mas há certo consenso de que a melhoria e barateamento do transporte público tem que ser um objetivo permanente para contrabalancear a escalada do transporte individual e o aumento da poluição veicular, assim como a melhoria da infraestrutura para os deslocamentos não motorizados. Somente assim as cidades brasileiras poderão ficar mais limpas e mais agradáveis para se viver e conviver.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES JR., O. M.; LINKE, R. R. A. **Metodologia simplificada para cálculo das emissões de gases de efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. São Paulo: CETESB, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis – 2009**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR (ABEN). **Análise comparativa das alternativas energéticas**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS (NTU). **Anuário da NTU 2007/2008**. Brasília, 2008.

_____. **Anuário da NTU 2008/2009**. Brasília, 2009a.

_____. **Perspectivas de alteração da matriz energética do transporte público urbano por ônibus: questões técnicas, ambientais e mercadológicas**. Brasília, 2009b.

BRANCO, G. M.; BRANCO, F. C. **Inventário de fontes móveis: análise prospectiva e retrospectiva dos benefícios do Proconve para a qualidade do ar desde 1980 a 2030**. Trabalho realizado para o Ministério do Meio Ambiente com o suporte da Fundação Hewlett. mar. 2007.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2007**. São Paulo, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Oficina Nacional: transporte e mudança climática**. Brasília, 2009.

FROTA de SP cresce 43,2% e rodízio de veículo perde efeito. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, jun. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2010. Rio de Janeiro, ago. 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids>.

JERRETT, M. *et al.* Long-Term Ozone Exposure And Mortality. **Journal of Medicine**, New England, v. 360, n. 11, p. 1085-1095, 12 Mar. 2009.

MACEDO, R. **Inventário de emissões de dióxido de carbono (CO₂) geradas por fontes móveis no estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2004.

METRO DO PORTO. **Relatório de sustentabilidade 2008**. Porto/Portugal, 2008.

REDUÇÃO da Cide tem impacto nas contas públicas. **G1**, 5 maio 2008. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL453950-9356,00.html>.

SALDIVA, P. H. N. *et al.* **Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve) – Emissões de poluentes atmosféricos por fontes móveis e estimativa dos efeitos em saúde na RMSP: cenário atual e projeções**. São Paulo: USP/Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, 2007.

SOARES, L. *et al.* **Mitigação da emissão de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana de açúcar produzido no Brasil**. Embrapa, abr. 2009 (Circular Técnica, n. 27).

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Revised 1996 IPCC**, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>>.

_____. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for community noise**. Genebra, 1999.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). GRID-Arendal. **Urban density and transport-related energy consumption**. Maps and Graphics Library, 2008. Disponível em: <<http://maps.grida.no/go/graphic/urban-density-and-transport-related-energy-consumption>>. Acesso em: 30 Sept. 2010.

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Njobs Comunicação

Supervisão

Cida Taboza

Fábio Oki

Jane Fagundes

Revisão

Ângela de Oliveira

Cristiana de Sousa da Silva

Lizandra Deusdará Felipe

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Editoração

Anderson Reis

Danilo Tavares

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto gráfico

Renato Rodrigues Bueno

Livraria do Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Tiragem: 500 exemplares



Ipea – Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada



SECRETARIA DE
ASSUNTOS ESTRATÉGICOS
DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

