

Nº 113

Poluição veicular atmosférica

22 de setembro de 2011

Comunicados do Ipea

ipea
Por um Brasil desenvolvido

Governo Federal

Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República

Ministro Wellington Moreira Franco

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

Geová Parente Farias

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais, substituto

Marcos Antonio Macedo Cintra

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

Alexandre de Ávila Gomide

Diretora de Estudos e Políticas Macroeconômicas

Vanessa Petrelli de Correa

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Francisco de Assis Costa

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

Carlos Eduardo Fernandez da Silveira

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete

Fábio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

Daniel Castro

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

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

Comunicados do Ipea

Os *Comunicados do Ipea* têm por objetivo antecipar estudos e pesquisas mais amplas conduzidas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, com uma comunicação sintética e objetiva e sem a pretensão de encerrar o debate sobre os temas que aborda, mas motivá-lo. Em geral, são sucedidos por notas técnicas, textos para discussão, livros e demais publicações.

Os *Comunicados* são elaborados pela assessoria técnica da Presidência do Instituto e por técnicos de planejamento e pesquisa de todas as diretorias do **Ipea**. Desde 2007, mais de cem técnicos participaram da produção e divulgação de tais documentos, sob os mais variados temas. A partir do número 40, eles deixam de ser *Comunicados da Presidência* e passam a se chamar *Comunicados do Ipea*. A nova denominação sintetiza todo o processo produtivo desses estudos e sua institucionalização em todas as diretorias e áreas técnicas do **Ipea**.

Introdução¹

Este Comunicado faz uma análise conceitual dos poluentes atmosféricos veiculares locais e globais assim como das externalidades envolvidas (seção 1), avalia o programa de controle e mitigação em andamento no país (seção 2) e discute, no âmbito das políticas públicas, quais as interrelações mais imediatas entre as diversas políticas (seção 3). Especialmente, descreve como a ênfase em sistemas de transporte coletivo pode contribuir não somente para a melhoria da mobilidade em geral, mas também para a redução da emissão de poluentes, permitindo, conseqüentemente, melhor qualidade de vida.

O crescimento contínuo da frota de veículos automotores no Brasil traz impactos relevantes no ambiente urbano e, em última análise, na produtividade e qualidade de vida dos cidadãos. O efeito mais visível e imediato é o aumento dos congestionamentos no trânsito e o decorrente aumento do tempo de deslocamento casa-trabalho-escola. Outro resultado é a elevação da poluição veicular, especialmente nos grandes centros urbanos.

A poluição gerada pelo deslocamento de bens e pessoas em um ambiente urbano refere-se, principalmente, à emissão, pelos veículos automotores, de substâncias poluentes no ar (poluição atmosférica); ao excesso de ruídos produzidos por esses veículos; e à intrusão visual provocada pelo excesso de veículos nas ruas.

A intensidade dos ruídos e dos poluentes atmosféricos provoca danos sérios à saúde humana. No caso da poluição visual, os impactos geralmente estão associados à degradação e desvalorização do ambiente, com reflexos na economia local. Especificamente sobre a poluição atmosférica, objeto deste trabalho, apesar de o ar limpo ser considerado um requisito básico da saúde e do bem-estar humano, a sua contaminação vem sendo uma ameaça à saúde humana em todo planeta, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS).

¹ Colaboraram na elaboração deste Comunicado Carlos Henrique R. Carvalho, Bernardo Furtado, Vanessa Nadalin e Gustavo Luedemann, técnicos de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Ipea (Dirur); Luciana Acioly, Renato Balbim e André Calixtre, técnicos de Planejamento e Pesquisa da Assessoria Técnica da Presidência do Ipea (Astec). A finalização deste documento contou com o apoio da Assessoria de Comunicação do Ipea (Ascom).

1. Conceitos

1.1 Poluentes atmosféricos veiculares

Os poluentes atmosféricos veiculares podem ser classificados, de forma didática, em função da abrangência dos impactos causados por suas emissões. Os poluentes locais causam impactos no entorno de onde é realizado o serviço de transporte. São exemplos a fuligem expelida pelos escapamentos, que se acomodam nas ruas, passeios e fachadas dos imóveis, e a névoa formada pela concentração de ozônio² (O₃) no ar, o chamado efeito “smog”. Nessa categoria, estão ainda os poluentes que se deslocam de uma região para outra pelas correntes de ar, muitas vezes sobre fronteiras de países, como é o caso dos gases que causam a chuva ácida. Os poluentes globais, por sua vez, alcançam a atmosfera e impactam todo o planeta como no caso da emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE). O principal poluente nessa categoria, devido à grande quantidade emitida na queima de combustíveis, é o dióxido de carbono (CO₂), que serve também como unidade de equivalência para os demais GEEs.

Esta classificação, útil para a formulação de políticas públicas que visem controlar a emissão de determinados gases, não é, todavia, perfeita no mundo físico. Vários poluentes classificados como locais atuam no efeito estufa e alguns gases de efeito estufa catalisam reações de poluentes locais secundários. A classificação é útil, apesar disso, porque os poluentes locais são os mais reativos e, por terem meia vida curta, não são de grande importância no efeito estufa no longo prazo. Outra forma de categorização divide os poluentes entre aqueles de interesse médico e os de interesse na mitigação do efeito estufa. Os mais reativos são colocados no primeiro grupo e os mais inertes, no segundo.

Os principais poluentes veiculares locais são o monóxido de carbono (CO); os Hidrocarbonetos (HC), ou compostos orgânicos voláteis (COV); os materiais particulados (MP); os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os óxidos de enxofre (SO_x). Em geral, eles resultam da queima de combustíveis fósseis. A tabela 1 descreve os efeitos da alta concentração desses poluentes.

² Além de causar ou piorar doenças no trato respiratório humano, o ozônio também traz prejuízos às lavouras ao danificar folhas de plantas - US EPA 2006, Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants

Tabela 1: Efeitos nocivos dos principais poluentes veiculares na atmosfera

Poluente	Símbolo	Impacto
Monóxido de carbono	CO	Atua no sangue, reduzindo sua oxigenação, e pode causar morte após determinado período de exposição à determinada concentração
Óxidos de nitrogênio	NO _x	É parte do "smog" fotoquímico e da chuva ácida. É um precursor do ozônio (O ₃), que causa e/ou piora problemas nas vias respiratórias humanas. Também provoca danos a lavouras.
Hidrocarbonetos (compostos orgânicos voláteis)	HC	Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados formam o "smog" e compostos cancerígenos. É um precursor do ozônio (O ₃).
Material particulado	MP	Pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão. Degrada os imóveis próximos aos corredores de transporte.
Óxidos de enxofre	SO _x	Forma a chuva ácida e degrada vegetação e imóveis, além de provocar problemas de saúde.

Elaboração: Ipea

1.2 Externalidades nos transportes e poluição do ar

Na vida em sociedade, nem sempre o indivíduo vislumbra as conseqüências, para a coletividade, das decisões tomadas no âmbito particular. Todos querem respirar ar puro, assim como preferem circular livremente pelas vias de transporte existentes. Todos sabem que para tanto é necessário diminuir o uso do transporte individual, andar a pé, usar bicicletas, dar e receber caronas e ter carros com tecnologia menos poluente. No entanto, ninguém quer abrir mão do conforto de se locomover em veículo próprio, sem a certeza de que os demais farão o mesmo³.

O carro é um meio de transporte conveniente, pois leva o passageiro exatamente do ponto de partida ao ponto de chegada, sem esperas durante o percurso. Comparando com os deslocamentos a pé ou em bicicleta, é mais confortável e mais rápido para distâncias mais longas. Produz, no entanto, impactos negativos sobre a coletividade urbana e é função primordial do Estado regular o acesso democrático ao direito de ir e vir, independentemente

³ Trata-se de um problema típico das questões ambientais, chamado de "tragédia dos comuns", em que cada indivíduo se entende prejudicado ao restringir voluntariamente seu direito de usufruto sem garantias de que os demais também abrirão mão desse direito.

do poder econômico dos indivíduos. Além disso, manter um carro em condições técnicas em que menos poluentes são emitidos onera o orçamento familiar em um montante que poderia ser utilizado em outros gastos

1.3 Taxa de motorização e emissões veiculares no Brasil

Nos últimos 15 anos, o sistema de mobilidade urbana no Brasil se caracterizou pelo crescimento do transporte individual motorizado e conseqüente redução do uso do transporte coletivo, o que, do ponto de vista da eficiência energética e ambiental, é uma tendência bastante preocupante. Enquanto a frota de automóveis cresceu 7% ao ano e a de motocicletas, 15%, o transporte público perdeu, em geral, cerca de 30% da sua demanda no período.

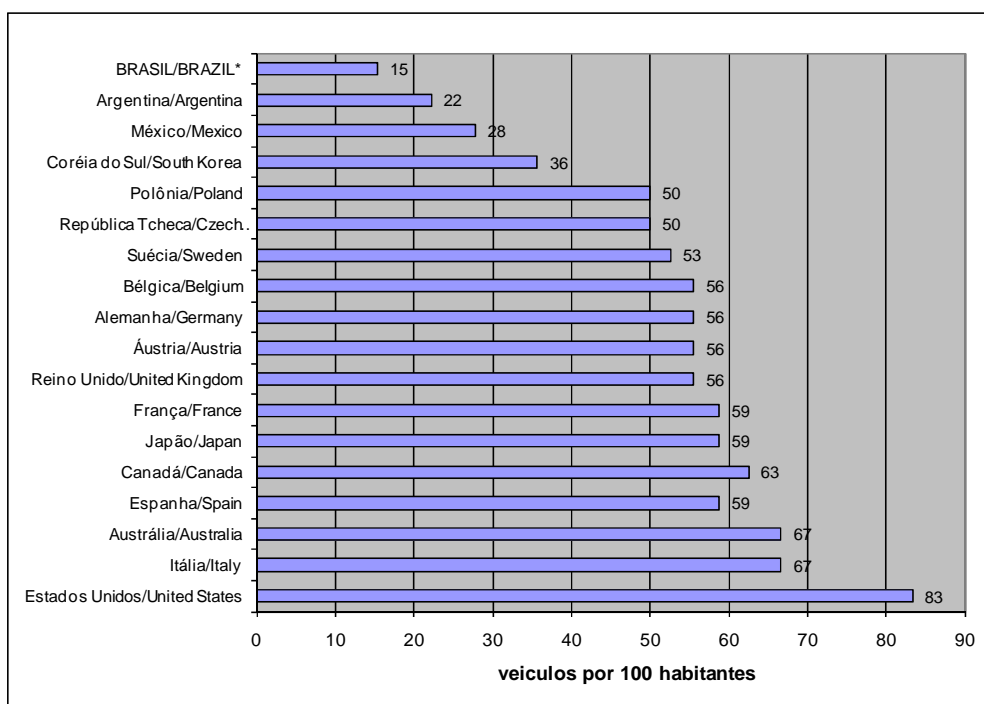
O aumento do transporte individual coincide com a expansão da capacidade instalada da indústria automobilística, fruto de uma política industrial que se pautou principalmente pela atração de novas plantas automotivas para o país. Para dar vazão a essa produção crescente, houve oferta abundante de crédito para aquisição de veículos e uma política tributária que reduziu impostos de veículos populares, com no máximo 1000cc. Por outro lado, o aumento de renda da população, desde 2003, ampliou a base de consumidores dos veículos particulares.

De acordo com a *PNAD*⁴ 2009, apenas metade dos domicílios brasileiros possuem carro ou motocicleta. Isso indica que ainda há espaço para o crescimento da taxa de motorização no Brasil, principalmente nos estados mais pobres onde a posse de veículos particulares é baixa⁵. Há diferenças enormes nas taxas de motorização entre o Brasil e os países desenvolvidos (gráfico 1). Em geral, nesses países existem cerca de 70 carros para cada 100 habitantes, enquanto no Brasil observa-se uma taxa de 15 veículos para cada 100 habitantes. Mesmo em países como Argentina, México e Coréia do Sul a taxa é maior (22, 28 e 36 veículos por 100 habitantes, respectivamente). Se já há grandes gargalos de mobilidade nos principais centros urbanos do país, a tendência é piorar com o avanço da motorização na sociedade brasileira.

⁴ Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar realizada pelo IBGE.

⁵ Enquanto em Santa Catarina cerca de 70% dos domicílios possuem veículo privado, em vários estados do nordeste a taxa é menor que 30%.

Gráfico 1: Taxa de motorização (número de veículos por grupo de 100 habitantes em países selecionados) - 2009



Fonte: Anfavea. Elaboração: Ipea

Além do estímulo às vendas de automóveis, estão em curso medidas de estímulo ao uso de veículos particulares como, por exemplo, o barateamento da gasolina frente ao diesel, utilizado pelo transporte público urbano. Os investimentos em infraestrutura viária, que priorizam a fluidez de tráfego, incentivam o aumento do fluxo de veículos. Dessa forma, o uso de carros e motos pela população torna-se cada vez mais barato em relação ao custo de se utilizar o transporte público, aumentando a demanda sobre o sistema viário e criando-se condições para que as cidades se espraíem, gerando mais emissões de poluentes.

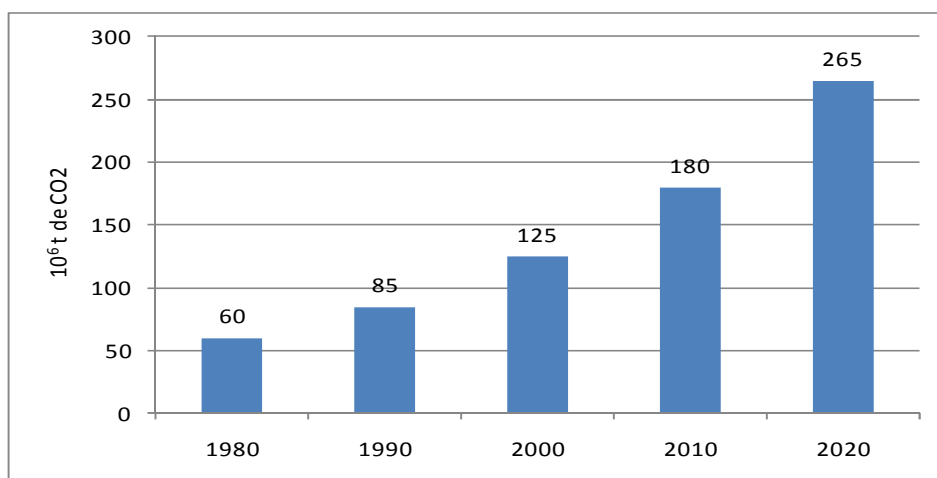
A despeito da tendência de aumento do uso do transporte individual motorizado, o Brasil vem adotando uma série de políticas mitigadoras das emissões de poluentes veiculares nos últimos anos, com resultados positivos em se tratando principalmente poluentes locais, mas pouco efetivos, devido ao crescimento da frota, quando se trata de GEE. Segue a apresentação das principais medidas adotadas no país:

1.4 Poluentes globais (CO₂)

De acordo com o *Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Rodoviários de 2011*, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), os veículos motorizados

lançaram na atmosfera, em 2009, cerca de 170 milhões de toneladas⁶ de CO₂. Automóveis e caminhões responderam pelos maiores percentuais de emissões, cada um com cerca de 40% do total. Os dados do estudo mostram que de 1980 a 2009 as emissões de CO₂ cresceram, em média, a uma taxa de 3,6% ao ano, mas as previsões indicam que esse crescimento passe para 4,7% ao ano de 2009 a 2020, muito em função da tendência de aumento vertiginoso da frota de veículos automotores no país .

Gráfico 2: Emissões de CO₂ pelos veículos automotores no Brasil



Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – MMA

Mesmo que os veículos de transporte público coletivo emitam mais GEE por quilômetro, quando se analisam as emissões por passageiro transportado, verifica-se que os usuários de transporte privado emitem mais GEE do que os do transporte público coletivo (tabela 2). A explicação está na maior produtividade apresentada pelos veículos coletivos, que transportam quantidade de passageiros superior aos veículos privados. Um usuário de automóvel, por exemplo, emite quase oito vezes mais CO₂ que um usuário de ônibus e 36 vezes mais que um usuário de metrô. Isso indica um caminho importante para as políticas públicas de mitigação das emissões dos gases de efeito estufa: estimular o uso do transporte público coletivo nos deslocamentos cotidianos da população.

⁶ O trabalho do MMA considerou apenas as emissões geradas na queima do combustível pelos veículos, desconsiderando as emissões ao longo do ciclo de vida dos combustíveis.

Tabela 2: Emissões de CO₂ equivalente (por passageiro e Km)

Modalidade de transporte	Emissões Quilométricas	Ocupação média veic.	Emissões/Passageiro km	Índice emissão
	kg CO ₂ /km	Passageiros	kg CO ₂ /Passageiro km*	(metrô=1)
Metrô	3,16	900	0,0035	1,0
Ônibus	1,28	80	0,0160	4,6
Automóvel	0,19	1,50	0,1268	36,1
Motocicleta	0,07	1,00	0,0711	20,3
Veículos pesados	1,28	1,50	0,8533	243,0

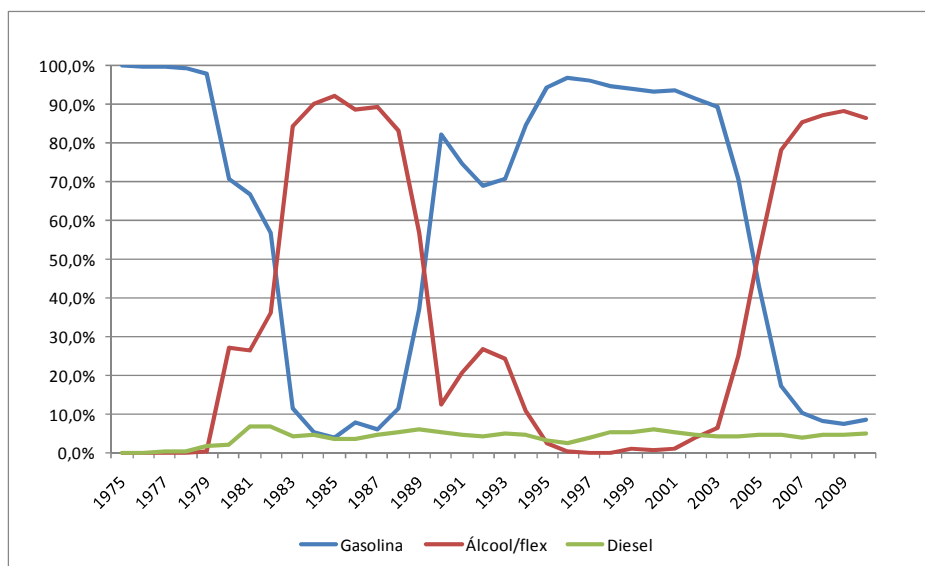
Apud CARVALHO, Carlos Henrique R. *Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros*. TD/IPEA, 2010.

Quando se trata de mitigação das emissões de GEE veiculares, o Brasil apresenta certo avanço em relação a outros países em função da bem sucedida experiência de uso de biocombustíveis, notadamente o programa de álcool hidratado veicular. A vantagem do álcool é que as emissões provenientes da queima no motor são absorvidas no cultivo da cana por se tratar de um combustível renovável. Ressalve-se que, de todo modo, as emissões de GEE nos processos de preparo da terra, transporte da cana e produção e distribuição do álcool não se constituem em energia renovável. Estima-se em cerca de um terço as emissões de GEE da queima do álcool combustível consideradas não-renováveis (Soares, 2009). Todavia, se comparado ao dos combustíveis fósseis, o ciclo de vida do etanol é bem menos intensivo em emissões: além da redução da emissão na queima do combustível nos motores, compensado pela fotossíntese, é necessário computar também à gasolina e ao diesel as emissões das refinarias e do transporte (esse comumente mais emissivo que o do etanol por passar, geralmente, por um modal marítimo, utilizando-se óleos combustíveis de alta emissão). Aproveitando-se o bagaço da cana para produzir eletricidade, o ciclo de produção do etanol ainda reduz emissões da rede elétrica.

De acordo com o anuário da ANP, atualmente gira em torno de 50% o mix de venda de álcool combustível e da gasolina C, em função da popularização dos carros flex (gráfico 3). A introdução desse modelo de veículo diminui a desconfiança que o consumidor tinha em

relação aos carros movidos a álcool provocada pelos desabastecimentos constantes do bicomcombustível⁷, o que significou melhores condições de mitigações das emissões de GEE.

Gráfico 3: Percentual de produção de veículos a gasolina, álcool/flex combustível e diesel no Brasil – 1975 a 2009

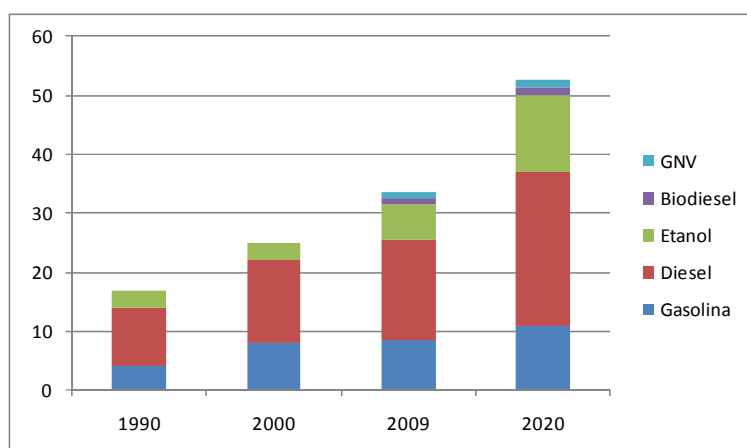


Fonte: Anfavea. Elaboração: Ipea

Mesmo com a introdução de biocombustíveis na matriz energética do transporte, o percentual de emissões de CO₂ proveniente da queima de combustíveis renováveis ainda é baixo em relação ao total, apesar da tendência de crescimento nos últimos anos. O inventário do MMA prevê que os renováveis respondam por 27% das emissões em 2020, ultrapassando as da gasolina (gráfico 4). O diesel sempre foi e continuará sendo, no futuro próximo, a principal fonte veicular de emissão de CO₂. O fato é que, a despeito da política nacional de consolidação dos biocombustíveis na matriz energética do transporte, primeiro com o álcool e recentemente com o biodiesel, não há sinalização de que os combustíveis fósseis percam o seu papel hegemônico nos próximos anos ou mesmo décadas, principalmente com a descoberta das reservas de petróleo da camada Pré-Sal.

⁷ Como a oferta de álcool hidratado está fortemente ligada ao mercado do açúcar, em épocas de alto preço dessa commodity havia pouca produção de álcool.

Gráfico 4: Emissões relativas de CO2 (por tipo de combustível)



Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – MMA

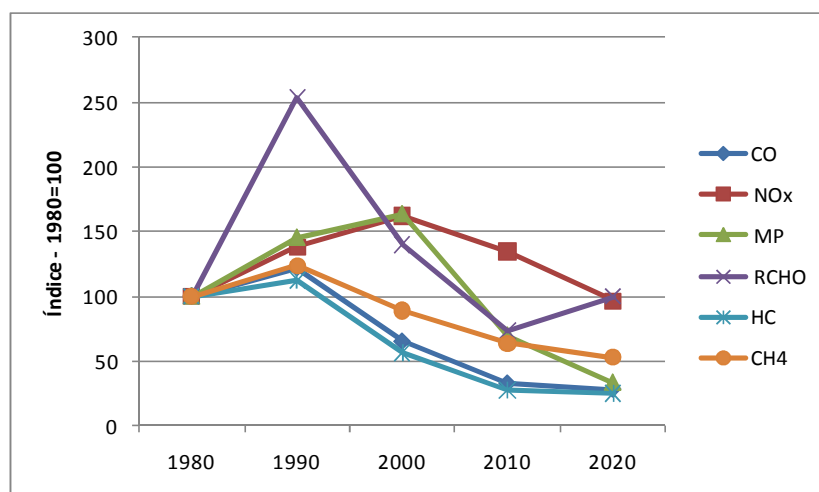
Mais recentemente, a introdução de veículos a gás no país também se constituiu em uma política de mitigação das emissões de GEE, já que eles emitem em média 20% menos que um similar a gasolina. Os problemas de abastecimento e instabilidade no preço inibem grande parte dos usuários de automóveis a investirem um valor adicional seja na aquisição de veículos novos com o equipamento de fábrica, seja na conversão dos veículos usados. Atualmente, menos de 1% do combustível veicular vendido é GNV.

1.5 Poluentes locais

Até meados da década de 90, houve forte aumento das emissões veiculares totais dos principais poluentes locais. O crescimento da frota e a baixa eficiência dos motores contribuía com essa tendência. Mas desta época até os dias de hoje, têm-se observado no Brasil uma clara redução das emissões de vários poluentes locais, como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado.

Essa redução influencia os índices de qualidade do ar nos grandes centros urbanos. De acordo com o relatório do IBGE *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*, de 2010, houve uma tendência estacionária ou de declínio das concentrações máxima e média de poluentes atmosféricos nos pontos de monitoramento da maior parte das regiões metropolitanas brasileiras. A publicação imputa esse resultado, pelo menos em parte, ao *Programa de Redução de Emissões de Veículos Automotores – Proconve*.

Gráfico 5: Índice de emissões de poluentes locais no Brasil, com projeções para 2020 (1980=100)



Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários – MMA

Podem-se atribuir esses resultados positivos às bem sucedidas políticas de redução gradual dos limites máximos de emissões dos veículos produzidos no país desde a implantação do Proconve, em 1986, que proporcionou grandes avanços tecnológicos nos veículos vendidos no país, e também ao desenvolvimento e implementação de programas voltados para o uso de biocombustíveis, com destaque para o Proálcool e mais, recentemente, o Biodiesel.

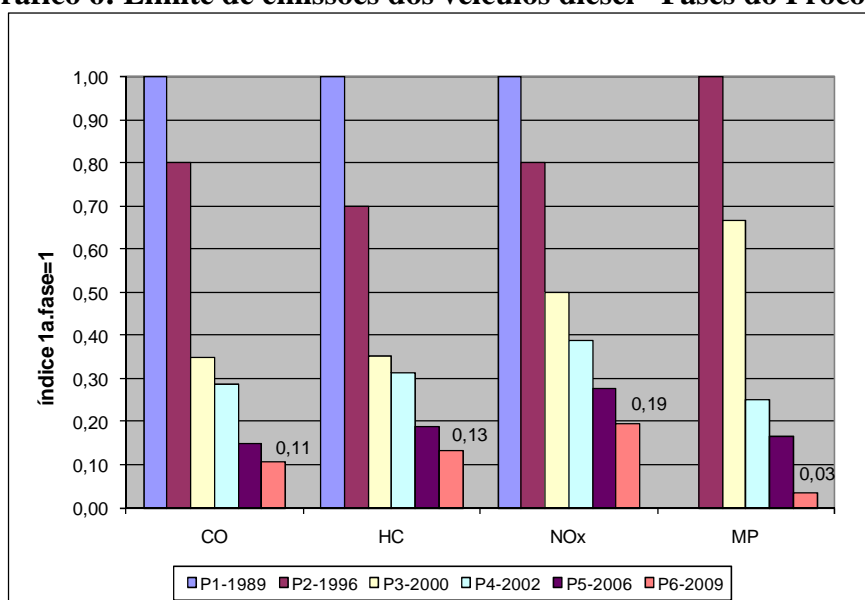
Os veículos automotores produzidos atualmente poluem menos de 10% do que poluía um veículo similar na década de 80 quando se trata de poluentes regulamentados pelo Proconve. As motocicletas ficaram de fora desse programa por muito tempo, por apresentar uma frota pequena, mas esse cenário mudou. Com taxas de crescimento de vendas iguais a praticamente o dobro das taxas de crescimento da frota de automóveis e com altos índices de emissões de vários poluentes atmosféricos, o governo federal teve que adotar, desde 2003, um programa de controle de emissões específico para as motocicletas. Apesar de aproximar bastante dos limites dos automóveis, as motos ainda apresentam limites superiores aos observados pelos automóveis. A tabela 3 mostra a evolução dos limites de emissões de poluentes locais para motos, carros e veículos pesados.

Tabela 3: Evolução dos limites máximos de emissões de CO, HC e NOx permitidos pelos programas Proconve e Promot

	1989		1992		1997		2003		2005		2009	
	Carro	Moto	Carro	Moto	Carro	Moto	Carro	Moto	Carro	Moto	Carro	Moto
Poluentes	Fase I	-	Fase II		Fase III		Fase IV	Fase I	Fase IV	Fase II	Fase V	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
NOx	2	>0,3	1,4	>0,3	0,6	>0,3	0,25	0,3	0,25	0,3	0,12	0,15

Fonte: Elaboração própria com dados do Proconve e Promot

Gráfico 6: Limite de emissões dos veículos diesel - Fases do Proconve



Fonte: Proconve e Promot. Elaboração: Ipea

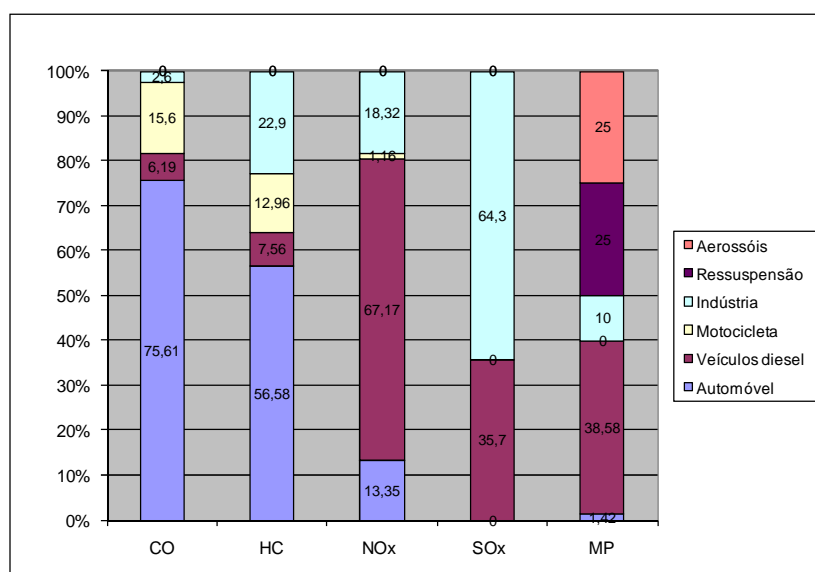
No entanto, pode-se deduzir que a tecnologia de motores à combustão interna com o uso de combustíveis inflamáveis tradicionais, em geral, já passou pelos maiores saltos tecnológicos que permitiram fortes reduções nas emissões dos poluentes. Daqui para frente, os ganhos serão cada vez menores⁸. Ainda haveria espaço para pequenos ganhos em termos de melhoria dos combustíveis fósseis, com redução do teor de algumas substâncias poluentes, e talvez a incorporação de dispositivos veiculares, mas é provável que os saltos espetaculares de eficiência ocorridos desde o início do programa Proconve não ocorrerão mais.

⁸ A redução dos limites de emissões em cada fase do Proconve e Promot ocorre a taxas cada vez menores.

Dessa forma, como a frota automotora vem crescendo de forma consistente, pode-se inferir que a tendência de redução da emissão veicular dos principais poluentes locais sofrerá uma inflexão nos próximos anos. Tal cenário poderá mudar se houver políticas de substituição energética, com uso de combustíveis veiculares mais limpos, ou de aumento da participação do transporte público coletivo na matriz modal, que serão objetos de discussão nos itens seguintes. Vale destacar, também, outras medidas ligadas à melhoria da fabricação do diesel e a própria introdução do biodiesel B5 (5% de mistura).

Em termos de emissões relativas por fonte, os dados da RMSP, gerados pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), permitem uma boa noção do que ocorre nos grandes centros urbanos. Veja que os automóveis e motocicletas respondem juntos por cerca de 90% das emissões de monóxido de carbono e 70% das emissões de hidrocarbonetos. Os veículos pesados a diesel são responsáveis pela maioria das emissões de óxido de nitrogênio, com participação destacada nas emissões de material particulado e óxidos de enxofre.

Gráfico 7: Emissões relativas de poluentes locais na RMSP (Por fonte)



Fonte: CETESB. Elaboração: Ipea.

Se, de um lado, observa-se claramente a redução de poluentes locais nas duas últimas décadas, como resultado de políticas de controle veicular, de outro, a emissão de poluentes globais, especialmente gases de efeito estufa, aumentaram de modo contínuo. Mais do que isso, considerando que as tecnologias tradicionais com base na queima de combustíveis fósseis já atingiram um nível de eficiência alto, com ganhos incrementais baixos a partir de

agora, o cenário de inversão da queda de emissões totais dos poluentes locais torna-se bastante provável face ao aumento da frota e dos congestionamentos urbanos.

Nesse sentido, é necessário pensar em avanços estruturantes que permitam, ao mesmo tempo, lidar com o contínuo aumento da emissão de gases de efeito estufa e manutenção/redução da emissão de poluentes locais. Essas questões e suas interfaces com as políticas públicas são avaliadas na próxima seção.

2. Políticas que impactam os padrões de emissões e suas interações

Ações públicas produzem efeitos de diversas ordens, em várias direções e, por vezes, contraditórios. Por isso, há dificuldades em se compreender de forma sistêmica efeitos implícitos, causalidades cruzadas, impactos diretos, indiretos e seus multiplicadores. Essas interações fortes ocorrem em especial no âmbito de políticas que interferem no ambiente construído urbano. Nesta seção, partimos da interação entre políticas de forma mais ampla, para, em seguida, exemplificar tais interações por meio da análise de cada ação de política individual.

No que se refere à questão urbana, mobilidade e poluição atmosférica, de fato, as contradições de efeitos das políticas são facilmente identificáveis. Se analisado de fora para dentro, o fluxograma da figura 1, do ponto de vista de um efeito e suas causas mais correlacionadas, explicita melhor essas inter-relações entre as políticas, conforme será detalhado ao longo desta seção.

políticas, a falta de incentivos ao uso de tecnologias alternativas mais limpas ou, de outra forma, a falta de programas voltados ao controle das emissões (Box E) e a dificuldade de dinamizar o transporte não-motorizado (Box D).

Em conjunto, todas estas ações (ou omissões) de políticas públicas tendem a agravar a qualidade do ar nos ambientes urbanos brasileiros, bem como as emissões de GEE. Se, de certa forma, as políticas da figura 1 se caracterizam como ações que acabam por aumentar a poluição urbana, outras políticas concorrentes e complementares podem resultar na redução da poluição urbana.

Pode-se dizer que há duas maneiras de se observar a interação entre políticas públicas. De um lado, pode-se partir de determinado número de ações diretas de política e **verificar seus desdobramentos** (tipo A)⁹ e, de outro lado, pode-se partir de objetivos explícitos - como, por exemplo, melhorar a eficiência ambiental do sistema de trens urbanos - e **buscar as ações necessárias** para levar a cabo tais objetivos (tipo B).

Embora a análise seja costumeiramente feita na forma descrita no tipo B, a análise do tipo A pode trazer esclarecimentos de forma mais abrangente, abarcando interações não explicitadas na análise do tipo B.

Nesse sentido, a título de exemplo e em caráter não-exaustivo, listamos algumas ações de políticas de âmbito fiscal, de regulação e de investimento; relacionamos seus campos de influência mais imediatos; sugerimos quais seriam os objetivos primários da ação proposta, seus desdobramentos no âmbito de outras políticas, suas desvantagens e o nível de governo responsável. Dessa forma, propõe-se um panorama inicial que permita identificar ações de diferentes tipos, propostas por diferentes atores responsáveis, mas que se autoinfluenciam, gerando efeitos cruzados (Tabela 4).

Especificamente para o caso de análises de ações no âmbito da mobilidade, poluição urbana e ordenamento do solo urbano, note-se que número razoável de ações é de ordem regulacional, cuja possível implementação depende mais da resolução de conflitos políticos entre atores urbanos do que, de fato, do provimento de recursos financeiros significativos (tabela 4).

No âmbito de ações de regulação de mobilidade, ressalte-se que o nível de governo responsável pela ação é prioritariamente municipal ou metropolitano. No entanto, faltam

⁹ Como sugerem MCSHANE, Mary e MEYER, Michael. (1982) *Parking policy and urban goals: linking strategy to needs*. *Transportation*, 11, 131-152.

esclarecimentos à sociedade civil dos efeitos líquidos benéficos que deem respaldo à necessária mobilização política para a efetiva implementação dessas políticas. De forma geral, uma regulação mais abrangente do transporte individual, com ênfase nos incentivos ao transporte público, poderia promover ganhos significativos para as cidades, porém, com custos econômicos de desincentivos à indústria automobilística que, por sua vez, já adquiriu importância econômica e política relevante.

Nesse sentido, são analisadas a seguir algumas ações descritas na tabela 4 que explicitam as diversas relações entre as políticas. A melhoria da qualidade do transporte coletivo, por exemplo, pode ser classificada como política regulacional porque os efeitos econômicos podem ser nulos. Em tese, melhoria do conforto e redução do tempo de deslocamento – com maior oferta de veículos e horários – trariam maior número de passageiros e, portanto, maior equilíbrio financeiro ao sistema. De um lado, ter-se-ia possivelmente, a melhoria da mobilidade geral do sistema urbano com ganhos de produtividade e competitividade para as firmas e redução de problemas de saúde pública vinculados. De outro lado, podem ser gerados desincentivos à indústria automobilística, com suas sabidas consequências econômicas danosas.

Uma medida bastante polêmica no campo regulatório seria a alteração do sistema de tarifação do transporte público, utilizando-se tarifação com base na distância percorrida (por exemplo, tarifação por anéis). Nesse caso, viagens mais longas pagariam tarifas mais caras. Há vários reflexos da implementação de tal ação. De uma feita, racionaliza-se o sistema de transportes coletivos urbanos, tornando-o mais eficiente, de outro, seriam prejudicados aqueles usuários que residem nos locais mais distantes, sabidamente, no Brasil, mais carentes, mais dependentes do sistema público e com efeitos maiores para elevações marginais do custo da passagem. No médio prazo, entretanto, seriam gerados incentivos para maior adensamento do tecido urbano.

Essa política em específico pode alterar o *status quo* das relações de localização da habitação, do emprego, dos dispêndios do domicílio, as estratégias de deslocamento, as opções modais e a acessibilidade em geral. Além disso, deve-se considerar que na realidade social e urbana brasileira ela causaria impactos sociais relevantes para as classes de renda mais baixas, residentes nas periferias. Por essa razão, seria interessante que tal política fosse acompanhada de análise de efeitos imediatos para a população, com regras de transição graduais na sua implementação, políticas compensatórias e, sobretudo, associação com outras ações.

De forma concomitante com a política de tarifação do transporte urbano pela distância, seria interessante, por exemplo, que alterações nas regras de uso e ocupação do solo permitam, até os limites da infraestrutura urbana dada, uma ocupação mais densa do território. Caso as duas políticas fossem implementadas de forma coordenada, o custo maior da terra gerada pela tarifação pela distância seria, em certo grau, compensada pela maior disponibilidade de terras resultante da alteração da política de ocupação¹⁰.

Vale ressaltar ainda que, do ponto de vista da eficiência econômica, é razoável que o sistema de transportes reflita de forma transparente seus custos operacionais, mas também que não haja o efeito indesejado de transferência de usuários do transporte público para o transporte individual em função do encarecimento do primeiro.

Outro fenômeno em parte dependente de regulação na escala municipal está associado à forma urbana. As cidades podem ser de forma espraiada (*urban sprawl*) ou mais densas; monocentricas ou policêntricas. Cidades espraiadas são, em média, mais extensas e dispersas, com menor densidade de empregos e população, e mais vazios urbanos. De fato, a influência da forma de ocupação do solo na poluição atmosférica se dá, principalmente, por meio das distâncias relativas entre local de moradia e trabalho. Em cidades pouco densas, com empregos concentrados, em média, essas distâncias serão maiores que em cidades mais dispersas, com maior densidade populacional.

Outro problema com o padrão de ocupação do solo espraiado é a viabilidade do uso de outros modais de transporte, pois, nesse caso, as distâncias são longas demais para deslocamentos não-motorizados. Além disso, o transporte público coletivo pode ser ineficiente e, por vezes, inviável economicamente, dada a necessidade de densidade populacional mínima para transportes de massa.

Se, por um lado, o uso do solo influencia qual será a infraestrutura de transportes viável, também a disponibilidade de infraestrutura de transportes influencia como acontecerá o crescimento urbano futuro. Assim, se mais vias expressas são construídas, induz-se a utilização de carros e o crescimento urbano disperso. Mas se linhas de metrô e trens são expandidas ou criadas, induz-se a aglomeração de pessoas e empregos ao redor das estações

¹⁰ Ao fim e ao cabo, advoga-se que a infraestrutura urbana seja mais eficientemente utilizada, sem vazios urbanos com ocupação ociosa e nula, cujos custos de manutenção são transferidos para os outros serviços urbanos, seja no custo da expansão da rede de água e esgoto, seja na expansão das viagens e deslocamentos urbanos.

dos mesmos. Esta opção viabilizaria cidades densas e policêntricas, propícias, portanto, a matrizes modais de deslocamentos, em média, mais eficientes.

O pedágio urbano para o transporte privado, em consonância com outras políticas restritivas a veículos individuais, tais como cobrança e limitação de estacionamento público, rodízios, dentre outras, são exemplos de políticas que, em tese, reduziriam a poluição e demais externalidades da mobilidade urbana, ao retirar parte dos veículos particulares da rua e racionalizar o seu uso.

Ações dessa ordem poderiam resultar rapidamente em reduções nos níveis de congestionamentos, com imediato resultado na melhoria da eficiência do transporte coletivo. Note-se que os congestionamentos das vias urbanas nos horários de pico são prioritariamente causados pelos veículos particulares. O aumento nos tempos de deslocamento, porém, afetam, igualmente, transporte público e privado. Outro efeito de políticas dessa ordem, seria, mais uma vez, desincentivos e encarecimento ao transporte individual. Nesse sentido, observem-se as opções dos países europeus, nos quais, em grande medida, o automóvel é importante bem de consumo, porém, seu uso está associado a atividades não cotidianas, como opção para viagens, deslocamentos eventuais ou para locais remotos de difícil acesso por meio de transporte público.

Outro fator a considerar é que o investimento em transporte de massa, tais como metrô, linhas exclusivas para ônibus ou veículos leves sobre trilhos, implica corredores de ocupação adensada, com demanda perene e entendimento, pelo resto da sociedade, que os ganhos derivados de investimentos em mobilidade coletiva são usufruídos pelo conjunto das pessoas e, portanto, é aceitável que seus custos sejam feitos no âmbito dos investimentos públicos, inclusive com subsídios à sua manutenção.

No âmbito da regulação encontram-se também políticas estaduais de controle de emissões, como referido anteriormente, com resultados positivos. Vê-se, nesse caso, que, embora com custos de adaptação para a indústria automobilística e para o usuário, as vantagens da aplicação da política superpassam os custos em larga medida.

Em relação aos efeitos de políticas de cunho fiscal, em especial, incentivos à indústria automobilística, no nível federal, observam-se contradições em relação às frágeis políticas de regulação no âmbito local. De forma ilustrativa, analisem-se os efeitos da redução do IPI para automóveis, por exemplo, ou a taxa extra da gasolina. De forma imediata, observa-se, como consequência, um dinamismo econômico resultante. No entanto, incentivos

permanentes ou recorrentes contribuem para aumentos recordes na quantidade de veículos nas ruas. Não seria possível e, como se argumenta, não razoável, promover a expansão das vias públicas em igual velocidade.

Ao se pensar em estratégias de investimento, por sua vez, observam-se esforços maiores dos executivos dos entes federados, em comparação a medidas de cunho fiscal ou propostas de avanços em regulação. Ademais, os investimentos são realizados, muitas vezes, com ênfases não coordenadas para o benefício da maior parte dos cidadãos urbanos. Como listado na figura 1, políticas que buscam efeitos específicos para beneficiar usuários de transporte individual, como ‘expansão de vias urbanas rápidas’, podem, ao fim e ao cabo, redundar em aumento dos congestionamentos para todos os usuários de transportes motorizados, coletivos ou individuais.

Investimentos de outra ordem, por exemplo, na construção de novos equipamentos públicos e descentralização da oferta de serviços à população, podem ser estrategicamente alocados de modo a gerar redução da demanda de viagens, contribuindo com a descentralização dos centros urbanos, ou o policentrismo. Alternativamente, ênfases em transportes não motorizados se beneficiam da redução, em média, da extensão das viagens necessárias à população.

Por fim, investimentos em tecnologias alternativas obtêm efeitos positivos e na mesma direção. De um lado, tais investimentos incentivam aspectos econômicos e de inovação da indústria e, de outro, melhoram a eficiência do sistema, de forma geral.

Tabela 4: Estratégias e ações para reduzir a poluição urbana veicular

Objetivo geral de política pública: reduzir a poluição urbana						
Tipo de estratégia	Ação	Campo de influência da ação	Objetivo específico	Desdobramentos (exemplos)	Desvantagens (exemplos)	Nível de governo responsável
Regulação	Melhoria qualidade Transporte Coletivo	Mobilidade, produtividade, qualidade de vida, saúde pública	Conforto com intensificação do uso TP e equilíbrio do sistema	Estímulo ao TP e Redução tempos de deslocamento	Desincentivo indústria automobilística	Municipal
Regulação	Tarifação por distância	Habitação; mercado de trabalho; preço da terra	Racionalidade e otimização do sistema	Alterações padrões de preços imobiliários e ocupação	Não aplicável quando o aumento da distância é inversamente proporcional a renda da população	Municipal/ Metropolitano
Regulação	Pedágio urbano	Transporte individual	Recuperar para o sistema custo transporte individual	Estímulo ao TP e Redução tempos de deslocamento	Encarecimento custo transporte individual	Municipal
Regulação	Adensamento do uso do solo	Organização urbana, mobilidade	Eficiência infraestrutura urbana	Maior eficiência TP	Impõe maior investimento em urbanidade e soluções urbanísticas adaptadas	Municipal
Regulação	Controle emissões, inspeções veiculares	Veículos automotores	Controle níveis de emissão de poluentes	Efeitos diretos na saúde pública	Encarecimento custo transporte	Estadual
Fiscal	Tarifação combustíveis	Transporte motorizado	Aumento arrecadação tributária ou financiamento de transporte	Desincentivo transporte motorizado	Encarecimento custo transporte	Federal
Fiscal	Elevação tarifação veículos	Transporte motorizado	Aumento arrecadação tributária ou financiamento de transporte	Desincentivo transporte individual motorizado	Desincentivo indústria automobilística	Federal
Investimentos	Expansão vias urbanas rápidas	Mobilidade	Reduzir congestionamentos	Incentivos ao transporte individual	Possível aumento congestionamentos/ espraiamento da cidade	Municipal/ Estadual / Federal
Investimentos	Expansão malha trens e metros	Mobilidade, habitação, adensamento do uso do solo	Articular corredores de transporte de massa	Desincentivo transporte rodoviário, redução capacidade de endividamento público	Altos custos de implantação e custeio dos serviços	Municipal/ Estadual / Federal
Investimentos	Incentivo ao transporte não-motorizado	Mobilidade, policentrismo urbano	Prover alternativas de transporte sustentáveis	Ganhos saúde pública	Desincentivo indústria automobilística	Municipal/ Estadual / Federal
Investimentos	Incentivos ao desenvolvimento tecnológico alternativo	Alternativas de combustíveis/ veículos	Redução GEE e outros poluentes	Contribuição para mitigação efeitos mudanças climáticas e redução poluição local	Alto investimento inicial	Federal / Estadual

Fonte: Elaboração Ipea

Se implementadas em conjunto e de forma articulada, esse grupo de políticas, que combina ações fiscais de incentivo e restrição, regulatórias e de investimento, poderia levar à melhoria significativa dos padrões de emissões de poluentes locais e globais, ao mesmo tempo em que contribuem para benefícios mais gerais de qualidade de vida, saúde pública e, eventualmente, econômicos, por meio de ganhos de competitividade e produtividade das empresas.

3. Perspectivas e diretrizes de políticas para redução da poluição veicular

Seguindo a linha de raciocínio descrita no trabalho, é possível imaginar ao menos três cenários. No primeiro, as políticas públicas permanecem contraditórias e com efeitos contrários. Esse seria o cenário menos responsável e que teria como conseqüências o aumento da poluição atmosférica em grande medida, bem como piora nos indicadores de saúde pública e qualidade de vida urbana.

Um segundo cenário seria a combinação de políticas e ações retratados nas figuras 1 e 2, em níveis variados de ênfases, com resultados também conflitantes, que poderiam levar a resultados inconclusivos em relação a efeitos líquidos, com contínuo aumento das emissões de GEE e reduzida mobilidade nos centros urbanos.

Finalmente, um terceiro cenário é a conscientização da sociedade em relação à interação entre políticas públicas de diferentes ordens que impactam vários aspectos simultâneos nas questões da mobilidade urbana, da poluição urbana e de saúde pública, cujas recomendações podem ser resumidas da seguinte forma: o transporte coletivo urbano deve ser prioridade nos vários níveis de políticas públicas, de forma concomitante à restrição crescente à circulação de veículos automotores individuais e à ênfase em soluções urbanas que favoreçam a redução da necessidade de transporte motorizado e a prioridade do transporte não motorizado.

Isto posto, colocam-se dois grandes caminhos de soluções: o aumento da eficiência do sistema de transportes como um todo e o aumento da eficiência individual de cada veículo. Mesmo assim, cabe notar que ambas as opções não são excludentes e podem ser trilhadas paralelamente, ampliando o efeito na queda de emissões.

Por outro lado, esta divisão, sistema de transportes x veículos individuais, traz à tona a questão das externalidades envolvidas na escolha individual. Como discutido anteriormente, a opção pelo uso do transporte coletivo mais eficiente só se viabiliza se os custos sociais gerados pela decisão individual de usar um automóvel são internalizados.

Nesse ponto, vale à pena destacar que as políticas restritivas podem se concentrar majoritariamente nas condições de uso dos veículos privados, não na sua aquisição pela população, preservando assim um importante segmento econômico que é a indústria automotora. Na Europa e no Japão, por exemplo, a taxa de motorização da população é alta, mas o uso dos veículos individuais é relativamente baixo. As pessoas têm automóveis, mas utilizam, no dia a dia, o transporte público ou transporte não motorizado. Os automóveis atendem viagens eventuais e familiares, o que constitui um padrão de uso mais sustentável do que o americano, por exemplo, em que o automóvel assume papel predominante na matriz modal dos deslocamentos.

Para alcançar esse padrão deve haver fortes investimentos na melhoria do transporte público, aliados a políticas de internalização dos custos sociais gerados pelo transporte motorizado individual. Com isso, o transporte público se tornaria bastante atrativo,

principalmente para o segmento da sociedade que hoje se recusa a substituir suas viagens individuais por outro modo mais sustentável.

Dessa forma, o aumento da eficiência do sistema de transportes deverá passar por uma mudança da matriz modal, dando mais ênfase ao transporte coletivo e ao transporte de alta capacidade (no caso das metrópoles), assim como ao transporte não motorizado (algo que seria possível a partir da reorganização espacial das atividades na cidade). Essa mudança modal implica a diminuição das emissões por viagem e tempo médio de cada viagem. Colocado como um problema urbano, este caminho deveria ser trilhado como solução para o agravamento dos congestionamentos, presentes em muitas das grandes cidades brasileiras.

Já o aumento da eficiência individual dos veículos passa por uma mudança na matriz energética, assim como por mudanças tecnológicas no setor de veículos. No Brasil, a experiência bem sucedida do Proálcool direcionou a matriz brasileira para um combustível mais limpo. No entanto, a motivação primordial para a instituição desse programa não foi ambiental, mas sim a necessidade de depender menos da importação de petróleo. Atualmente, com a descoberta de vastas reservas nacionais desse recurso, essa motivação se enfraquece.

No Brasil, com estímulo contrário no que tange ao uso de combustíveis fósseis, a mudança da matriz energética deve ser promovida a partir da necessidade de diminuir as emissões dos poluentes locais e globais. No entanto, estas devem ter peso suficiente para influenciar o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias nos veículos e combustíveis.

BOX A

Medidas de mitigação da poluição veicular: algumas experiências internacionais


Em 29 de julho deste ano, o governo dos EUA firmou acordo com a indústria de veículos para uma maior eficiência no uso dos combustíveis provenientes do petróleo, motivado explicitamente pela menor dependência desse recurso, além da diminuição das emissões. O aumento na quilometragem rodada por litro de combustível, mais que dobraria o desempenho médio atual, seria atingido tanto por maior eficiência da tecnologia por combustão já estabelecida, como pelo estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias a exemplo dos motores híbridos já disponíveis no mercado.

A cidade do México, com seus 19,7 milhões de habitantes, vem adotando, desde a década de 1990, um bem sucedido programa de redução das emissões veiculares. Após atingir índices de poluição gravíssimos, principalmente monóxido de carbono, gerando mais de 110 mil internações e 4000 mortes por ano, a sociedade se conscientizou do problema. As ações foram voltadas para exigência de uso de catalisadores, controle de emissões dos veículos, vistoria veicular e restrições de circulação de automóveis por área e horários. Em uma segunda fase, houve ações voltadas para melhoria e expansão do transporte coletivo — o próprio metrô da Cidade do México teve início na mesma época do Metrô de São Paulo e hoje possui uma malha ferroviária 4 vezes maior — além de medidas voltadas para o controle da expansão da mancha urbana e reorganização espacial das atividades. As medidas surtiram efeitos bastante positivos, apesar do problema ainda existir dado o tamanho da região metropolitana.

A cidade de Londres também apresenta uma experiência positiva com a implantação de pedágio urbano na sua área central. O fluxo de automóveis reduziu bastante nessa área, diminuindo os índices de poluição local, e os recursos arrecadados são inteiramente direcionados para a melhoria do transporte público. Bogotá, Colômbia, também criou uma taxa específica sobre a gasolina com recursos voltados ao transporte público. Isso possibilitou a reestruturação do caótico sistema de transporte, com a introdução de corredores exclusivos de ônibus e embarque dos passageiros em nível (sistema BRT chamado Transmilênio), o que atraiu grande parte dos usuários de automóveis, reduzindo os níveis de emissões na área de abrangência do projeto.

4. Considerações finais

Este comunicado esboça de forma breve as questões de poluição urbana e seu rebote no âmbito de políticas de mobilidade urbana no Brasil. A análise da evolução da emissão de poluentes locais e globais indica que, embora os poluentes locais apresentem redução no período recente, fruto do aumento da eficiência veicular, tendências de aumento da frota de veículos automotores individuais alertam que não só a emissão de poluentes globais deverá permanecer crescendo, como pode haver ainda interrupção da redução na emissão de poluentes locais e subsequente aumento. Esses efeitos de emissões em conjunto são prejudiciais para a saúde pública, para o ambiente urbano e para a economia local, além das mudanças climáticas na escala global. Soluções de políticas públicas devem ser reivindicadas pela sociedade, apresentadas e efetivamente implementadas, sendo que a coordenação dessas soluções é fundamental para a efetiva transformação esperada. Incentivos firmes ao transporte coletivo e ao transporte não motorizado, aliados ao conjunto de políticas públicas apresentado, podem, em conjunto, gerar efeitos benéficos para cidadãos urbanos, em particular, e cidadãos do mundo, em geral.



Ipea – Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República