

ESTUDO DA MOBILIDADE URBANA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

João Ricardo Inglês¹José Geraldo Vidal Vieira²João Eduardo de Azevedo Ramos da Silva³

Data de recebimento: 13/04/2018

Data de aceite: 08/06/2018

Resumo

O presente estudo discorre sobre a mobilidade urbana na Região Metropolitana de São Paulo, cuja situação veículos, principalmente dos particulares. Os investimentos dos órgãos governamentais em transporte público têm sido crescentes e pesquisas de levantamento das externalidades e mobilidade urbana têm sido feitas. No entanto, existem poucas pesquisas que fazem uma correlação entre o padrão da mobilidade e suas externalidades. Por meio da investigação, análise e aplicação de métodos estatísticos a dados disponibilizados publicamente, analisou-se de maneira quantitativa a situação atual dos padrões de mobilidade e os níveis das externalidades que afligem a região - poluição, acidentes de trânsito, congestionamento, entre outros. Ainda, têm-se como parte do estudo uma previsão para os próximos anos dos aspectos citados, por meio da aplicação do método de regressão linear, e uma análise dos possíveis impactos que estas mudanças poderão causar ao longo dos anos. Os principais resultados mostram um crescimento constante e ininterrupto da frota ao longo dos últimos anos; previsão de crescimento de 30% na frota de automóveis e 54% na frota de motocicletas até 2025. Nos últimos 10 anos, observou-se um aumento de 34% na emissão dióxido de carbono e 33% de dióxido de enxofre; redução de 35% de monóxido de carbono e 43% de material particulado; aumento de 27,5% no número de mortes de motociclistas, redução de 26% no número de mortes de pedestres e de 35% no de mortes de motoristas/passageiros; e uma oscilação cíclica nos índices de congestionamento.

Palavras-Chave: mobilidade urbana, mobilidade urbana sustentável, externalidades, transporte público

STUDY OF URBAN MOBILITY IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO

Abstract

¹ Graduado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/CCGT. E-mail: joão.inglez@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/CCGT. E-mail: jose-vidal@ufsc.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/CCGT. E-mail: jesilva@ufscar.br

This study discusses the urban mobility in the Sao Paulo Metropolitan Area, which is currently chaotic and nearly reaching its limit. It has been known for long that an immediate attitude is essential in order to keep the region's transportation system from collapsing. Therefore, by investigating, analyzing and applying statistical methods to publicly available data, this article aims to qualitatively and quantitatively measure the current urban mobility patterns and the levels of externalities that affect the area - pollution, traffic accidents, congestion, among others. Still, it is expected a plausible forecast of the aforementioned aspects for the upcoming years - by using the linear regression method - and an analysis of the possible impacts that these changes may cause throughout the years. Main results include constant and uninterrupted growth of vehicles fleet during the past few years; 30% growth forecast in private vehicles fleet and 54% in motorcycles fleet until 2025. From 2006, 34% increase in emission of carbon dioxide and 33% in sulfur dioxide; 35% drop in emission of carbon monoxide and 43% in particulate matter; 27,5% growth in death rates of motocyclists; 26% drop in death of pedestrians and 35% drop in death of passenger/driver; and cyclic fluctuations of congestion levels.

Keywords: urban mobility, sustainable urban mobility, externalities, public transportation

Introdução

A mobilidade urbana na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) se agrava a cada dia. O crescimento urbano gera inúmeros centros regionais de negócios e serviços, o que aumenta a quantidade de destinos de viagens. Quando isto ocorre, a tradicional configuração do sistema de transporte público de passageiros passa a não atender satisfatoriamente os usuários, devido às penalidades associadas com os transbordos na área central (COUTO; BARRA; OLIVEIRA, 2010). De acordo com Bontempo et al. (2014), o sistema de mobilidade urbana compreende o tráfego de pedestres, ciclistas, veículos movidos por pessoas ou animais, automóveis individuais e transporte coletivo e de carga. Na RMSP, as redes de circulação já sofrem devido ao alto índice de congestionamento, a acessibilidade a diversos pontos da região está se deteriorando (RIBEIRO; MAGRINYÀ; ORRICO, 2014) e os índices de poluição, ruído, acidentes de trânsito e insatisfação da população já são considerados extremamente altos. Somado a tais desafios, a melhoria da distribuição de renda aliada ao crescimento econômico e à baixa da inflação, principalmente a partir da década de 1990, trouxeram profundas mudanças à matriz de transportes urbana brasileira, o que modifica a razão pela qual as pessoas viajam (VASCONCELLOS, 2005a).

A necessidade das pessoas e mercadorias se locomoverem de um lado para o outro faz movimentar a economia e promove benefícios próprios (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2013). No entanto, com o aumento do número de viagens por meio de automóveis particulares - que se tornou o principal meio de transporte urbano - e com a redução das viagens nos transportes públicos (HENRIQUE, 2004), tem-se uma situação caótica na região, recheada de externalidades negativas. Além disso, observa-se cada vez mais a reduzida sinergia e capacidade de investimento das autoridades responsáveis, que aplicam políticas dirigidas para o fortalecimento da oferta de transporte com o favorecimento do transporte individual em detrimento do coletivo (VERA; WAISMAN, 2004).

Vasconcellos (2005a) analisa os fatores que moldaram as condições da RMSP ao longo das últimas décadas, mostra como mudanças na estrutura urbana, mercado de trabalho e condições econômicas e sociais interagem com o transporte e os sistemas de tráfego, e como esses fatores alteram a forma como as pessoas vivem e usufruem da cidade. Vasconcellos (2005b) estuda, também, o consumo de recursos e a produção de externalidades na RMSP com base nos dados da Pesquisa OD 1997, analisa os dados de acordo com seis níveis de renda familiar. O presente estudo tem por objetivos validar e incrementar os pontos levantados por Vasconcellos (2005a; 2005b) tomando por base as Pesquisas OD 2007 e 2012. Pontos como evolução do crescimento da frota, situação das externalidades e suas possíveis causas e impactos foram estudados.

Além disso, análises extras foram feitas, como a evolução no uso de meios motorizados e não-motorizados de acordo com a renda familiar e a evolução no uso de metrô e ônibus em regiões específicas. Estudou-se, ainda, a manutenção do padrão de crescimento das frotas e, por meio de análises cruzadas e uso de regressão linear, previu-se o tamanho desta frota para os próximos dez anos. Por meio destas análises, foi possível prever o comportamento futuro de algumas externalidades - como poluição,

congestionamento e mortes - caso as políticas públicas se mantenham. A contribuição principal deste estudo é proporcionar um entendimento mais profundo dos padrões de mobilidade urbana e sua interação com as externalidades, além de atualizar as informações contidas nas pesquisas de Vasconcellos (2005) levando-se em consideração o crescimento da frota veicular e uma previsão do seu comportamento futuro.

Para efetuar tais análises, este estudo tomou por base dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) sobre o número de veículos registrados no Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN) entre os anos de 2005 e 2014, além das Pesquisas Origem-Destino (OD) realizadas em 1997 e 2007, e da Pesquisa Mobilidade 2012 em relação à Pesquisa OD 2007 sobre o padrão de mobilidade urbana na região, realizadas pelo Metrô - Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Revisão Bibliográfica

Mobilidade urbana na RMSP

De acordo com Tagore e Skidar (1995), mobilidade por ser conceituada como a capacidade de os indivíduos movimentarem-se de um local para outro e depende do sistema de transporte, da hora do dia e da direção na qual o indivíduo tem interesse em viajar, como também de suas características individuais (renda, posse de automóvel, recursos para o gasto na viagem, sexo, idade, etc). Para Lindholm (2013), a mobilidade urbana é um importante fator de crescimento e emprego, uma vez que a mobilidade de pessoas e bens é essencial para o perfeito funcionamento da economia. Spickermann, Grienitz e Gracht (2013) afirma que a mobilidade individual em áreas urbanas está cada vez mais próxima do seu limite. Em países em desenvolvimento, o uso indiscriminado de automóveis particulares, associado a políticas de crescimento e desenvolvimento urbano que não privilegiam o uso de meios de transporte menos impactantes e mais sustentáveis têm levado a um aumento desenfreado dos congestionamentos, da emissão de gases tóxicos, da energia consumida, dos acidentes de trânsito e do nível de ruído (JENSEN, 1999). Gakenheimer (1999) explicita quais são problemas que afetam os níveis de mobilidade nos países em desenvolvimento: ritmo acelerado da motorização, condições da demanda local que excedem a capacidade de infraestrutura, incompatibilidade da estrutura urbana com a crescente motorização, falta de manutenção adequada nas vias e rodovias e uma concordância limitada entre as autoridades responsáveis.

Na RMSP não é diferente. Esta é composta por 39 cidades e tem uma população total que ultrapassa 17 milhões de pessoas, sendo São Paulo a maior e principal cidade da região - com mais de 11 milhões de habitantes. A região experimentou nas últimas décadas um crescimento intenso, tendo visto a sua população dobrar e sua frota veicular ser multiplicada por seis no período de 1970 a 1996 (VASCONCELLOS, 2005b). Gomide (2006) mostra que quanto maior a faixa de renda considerada da população da RMSP, maior a capacidade de mobilidade total. Este número é maior nas classes mais altas inclusive no que se refere ao uso de transporte público (devido às altas tarifas dos serviços e da inadequação da sua oferta, principalmente para as áreas periféricas), mas é ainda mais surpreendente quando se analisa apenas o uso de automóveis particulares. Tais dados permitem comprovar o paradigma mobilidade-renda, onde pessoas com baixos salários se veem perante severas restrições para viajar, enquanto os mais ricos têm acesso a carros para usufruir de níveis de mobilidade equiparáveis aos de países da Europa (VASCONCELLOS, 2005b).

Externalidades na RMSP

Verhoef (1994) diz que "um efeito externo ocorre quando a função-utilidade de um agente contém uma variável cujo valor real depende do comportamento de outro agente, o qual não leva em consideração este efeito decorrente do seu comportamento no seu processo de decisão". Vasconcellos (2005a) comenta que os principais custos advindos das externalidades podem ser divididos em internos (compra, impostos, manutenção) e externos, representados por aqueles pagos por outros (estacionamentos corporativos) ou impostos a outros (congestionamento, poluição, ruídos). Alguns efeitos são simples de se medir - como o tempo adicional imposto pelo congestionamento em um ônibus - enquanto outros são mais complexos - como os efeitos da poluição na saúde das pessoas. Algumas externalidades relevantes, dentre elas se destacam: poluição gerada pelos veículos, congestionamento e poluição.

Vasconcellos (2005b) lembra que os *poluentes* presentes no ar afetam a todos, independentemente de classe social ou condições econômicas e que é importante frisar que a maior parte deles é produzida por veículos motorizados, especialmente os automóveis particulares. Doll e Wietschel (2008), por sua vez, diz que, devido à toxicidade, tais poluentes são mais nocivos em áreas mais densamente povoadas, dentre as quais estão as "megalópoles" dos países em desenvolvimento, principais contribuintes no percentual de

emissões. Carvalho et al. (2015) dizem que os veículos motorizados são responsáveis por 97% do total de emissões de monóxido de carbono (CO), 80% de óxidos de nitrogênio (NO_x), 77% de hidrocarbonetos (HC) e 40% de Material Particulado na RMSP.

Estima-se que 1.24 milhão de pessoas tenham morrido em *acidentes de trânsito* em 2010 na RMSP, sendo 50% delas os usuários mais vulneráveis - principalmente os pedestres, ciclistas e motociclistas. Os países em desenvolvimento são os mais afetados por estas fatalidades, apresentando um índice de mortalidade de 20,1 para cada 100.000 habitantes (WHO, 2010). Ainda, deve-se atentar especialmente à diferença entre os números das cidades de países desenvolvidos e daqueles em desenvolvimento. No ano de 2013, São Paulo registrou 1.152 mortes por acidentes de trânsito (9,6 por 100.000 habitantes; 80% de pedestres e motociclistas). Neste mesmo período, a cidade de New York registrou 274 mortes devido a tais acidentes (3,3 por 100.000 habitantes; 67% de pedestres e motociclistas) (CET, 2014). Tokyo, por sua vez, registrou 168 mortes por acidente de trânsito em 2013 (1,25 por 100.000 habitantes; 67% de pedestres, ciclistas e motociclistas) (KEISHICHO, 2014). Estes dados, apesar de mostrarem que as políticas de transportes são mais eficientes em cidades de países desenvolvidos, evidenciam o quanto o elo mais vulnerável é prejudicado pelas externalidades.

Mobilidade urbana sustentável

De acordo com Miranda e Silva (2012), o espaço urbano é composto por uma complexa rede de sistemas que interagem de forma integrada, influenciando um ao outro. Black, Paez e Suthanaya (2002) comenta que um arranjo de uso do solo e uma mobilidade urbana sustentável devem assegurar o acesso a bens e serviços de maneira eficiente para todos os habitantes da área urbana, resguardando o meio ambiente, o patrimônio cultural e ecossistemas para a presente geração sem, no entanto, limitar as oportunidades das gerações futuras. Azevedo Filho (2012) lembra ainda que este conceito não pode se restringir apenas à circulação de automóveis e ao uso dos transportes coletivos, deixando de lado o deslocamento de pedestres, uma vez que estes constituem grande parte das viagens e o foco neles e nos ciclistas ajudaria a reduzir problemas de deslocamento e mobilidade nos centros urbanos. O planejamento urbano tradicional, entretanto, tem foco na constante expansão do uso do automóvel, concebendo cidades teoricamente sem limites de expansão (BOARETO, 2008). Miranda *et al.* (2012) relatam que as decisões de planejamento acumuladas no decorrer dos anos resultaram, invariavelmente, em problemas urbanos crônicos.

No Brasil, o desenvolvimento do conceito de mobilidade sustentável sob a óptica da gestão participativa e da sustentabilidade ambiental tem sido fomentado essencialmente por ações governamentais (RODRIGUES DA SILVA; COSTA; MACEDO, 2008). Para levar este conceito adiante, o Ministério das Cidades tem estimulado municípios com mais de 20 mil habitantes a preparar Planos de Mobilidade Urbana, o que representa um avanço nas políticas urbanas do país, apesar de haver pouco conhecimento para elaboração e implementação destes projetos em concordância com estas novas diretrizes (MCIDADES, 2006).

A implementação do conceito de mobilidade sustentável não é uma tarefa fácil, como complementa Banister (2008): "A implementação efetiva da mobilidade sustentável requer o engajamento de *stakeholders* chave, para que eles possam entender as razões por trás das diferentes iniciativas políticas e suportar a sua introdução". De maneira geral, portanto, o planejamento sustentável dos transportes demanda mudanças fundamentais nas práticas de planejamento já existentes, incluindo uma análise mais abrangente dos impactos, específica para cada cidade estudada.

Metodologia

Este estudo tem como foco a análise dos dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) sobre o número de veículos registrados no Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN) entre os anos de 2005 e 2014. Foram também analisados os dados das Pesquisas Origem-Destino (OD) realizadas em 2007 e da pesquisa sobre Mobilidade em 2012, ambas constituem pesquisas atualizadas àquelas apresentadas por Vasconcelos (2005a, 2005b) sobre o padrão de mobilidade urbana na região, realizadas pelo Metrô - Companhia do Metropolitano de São Paulo com relação aos períodos de 1967-1977, 1977-1987, 1987-1997. Estas pesquisas são fundamentais à execução de uma análise sobre a situação atual da mobilidade e dos transportes, o que permite comparações com dados passados e construção de cenários futuros. Tais cenários podem ajudar na elaboração de políticas e ações que melhorem a mobilidade urbana na RMSP.

A análise de dados atuais foi feita com relação ao crescimento da frota na região e também leva em conta as mudanças nos padrões da mobilidade urbana e posterior discussão das externalidades (ocupação inadequada do solo, índice de acidentes, emissão de gases nocivos, congestionamento, entre outros fatores) que estão presentes no cenário atual da RMSP. Para essas análises, foram utilizadas estatística descritiva básica (média, moda, mediana, desvio padrão, entre outros) para melhor conhecimento dos dados; técnicas estatísticas univariadas, correlação e cruzamento entre variáveis para exploração destas em conjunto e separadamente; e regressão múltipla para previsão dos padrões futuros de mobilidade urbana na RMSP.

A Pesquisa OD 2007 e a Pesquisa de Mobilidade Urbana 2012 são estruturadas basicamente da mesma maneira. Aspectos qualitativos são disponibilizados, tais como número de domicílios, renda média, ocupação e faixa etária. Além disso, têm-se números relativos à mobilidade, tais como número de veículos por família, modo de locomoção principal por viagem e origem/destino das viagens. Vale ressaltar que, uma vez que o total de entrevistados varia entre as pesquisas (19.534.620 pessoas em 2007 *versus* 20.011.703 pessoas em 2012), todas as comparações foram feitas tomando-se como base os valores percentuais, já que o uso de valores absolutos poderia deturpar a interpretação dos fatos.

A divisão da RMSP em Zonas também varia de uma Pesquisa para a outra, sendo 460 Zonas em 2007 e 31 Zonas em 2012. Desta forma, com o intuito de facilitar as análises e utilizando a [Tabela de Correspondência entre Zonas e Distritos/Municípios](#) da Pesquisa de Mobilidade Urbana 2012, o presente estudo utiliza a classificação da RMSP em 31 Zonas. Tal divisão leva em consideração regiões geograficamente próximas, bem como a população que ali transita, de forma a criar zonas homogêneas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Correspondência zona-região na RMSP

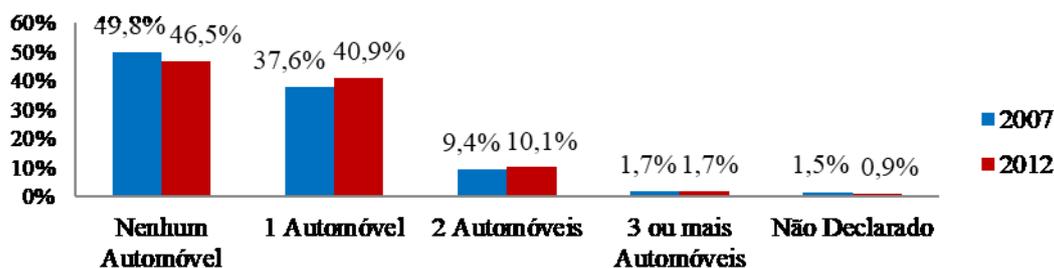
Zonas	Distritos do município de São Paulo e demais municípios da RMSP
1	Bela Vista, Bom Retiro, Brás, Cambuci, Consolação, Liberdade, Pari, República, Santa Cecília e Sé
2	Anhanguera, Jaguará, Jaraguá, Perus, Pirituba e São Domingos
3	Brasilândia, Cachoeirinha, Casa Verde, Freguesia do Ó e Limão
4	Jaçanã, Mandaqui, Santana, Tremembé, Tucuruvi, Vila Guilherme, Vila Maria e Vila Medeiros
5	Água Rasa, Belém e Mooca
6	São Lucas, Sapopemba e Vila Prudente
7	Aricanduva, Carrão, Tatuapé e Vila Formosa
8	Arthur Alvim, Cidade Líder e Vila Matilde
9	Cangaíba, Emerlino Matarazzo, Penha e Ponte Rasa
10	Itaim Paulista, Jardim Helena, São Miguel, Vila Curuçá e Vila Jacuí
11	Itaquera, José Bonifácio e Parque do Carmo
12	Iguatemi, São Mateus e São Rafael
13	Cidade Tiradentes, Guaianases e Lajeado
14	Jardim Paulista e Pinheiros
15	Campo Belo, Itaim Bibi e Moema
16	Saúde e Vila Mariana
17	Cursino, Ipiranga e Sacomã
18	Campo Grande, Cidade Ademar, Jabaquara, Pedreira e Santo Amaro
19	Cidade Dutra, Grajaú, Marsilac, Parelheiros e Socorro
20	Capão Redondo, Jardim Ângela e Jardim São Luis
21	Campo Limpo, Morumbi, Vila Andrade e Vila Sônia
22	Butantã, Jaguaré, Raposo Tavares e Rio Pequeno
23	Alto de Pinheiros, Barra Funda, Lapa, Perdizes e Vila Leopoldina
24	Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha e Mairiporã
25	Arujá, Guarulhos e Santa Isabel
26	Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasc., Guararema, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis e Suzano
27	Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André e São Caetano do Sul
28	Diadema e São Bernardo do Campo
29	Embu das Artes, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, Juquitiba, São Lourenço da Serra e Taboão da Serra
30	Cotia e Vargem Grande Paulista
31	Barueri, Carapicuíba, Itapeví, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba

Fonte: Pesquisas de Mobilidade Urbana 2012

Mobilidade na RMSP versus Crescimento da frota

A Figura 1 revela um aumento na porcentagem de famílias que fazem uso de um ou dois veículos particulares na RMSP. Ao mesmo tempo, observa-se também uma queda na proporção de famílias sem automóvel próprio.

Figura 1: Número de automóveis por família na RMPS



Fonte: Elaboração Própria (base nas Pesquisas OD 2007 e Mobilidade 2012)

Esses dados sugerem um menor uso de transporte público e conseqüentemente aumento das externalidades. Ou seja, há uma provável deterioração na qualidade da mobilidade urbana na região estudada devido à redução no uso do transporte público, ao aumento do número de veículos particulares nas ruas e ao maior congestionamento. Este cenário pode ser parcialmente explicado pelo maior percentual da população que se encontra economicamente ativa e pelo aumento da renda média e *per capita* na RMSP da ordem de 7% acima da inflação para o período avaliado, conforme mostra a Tabela 2.

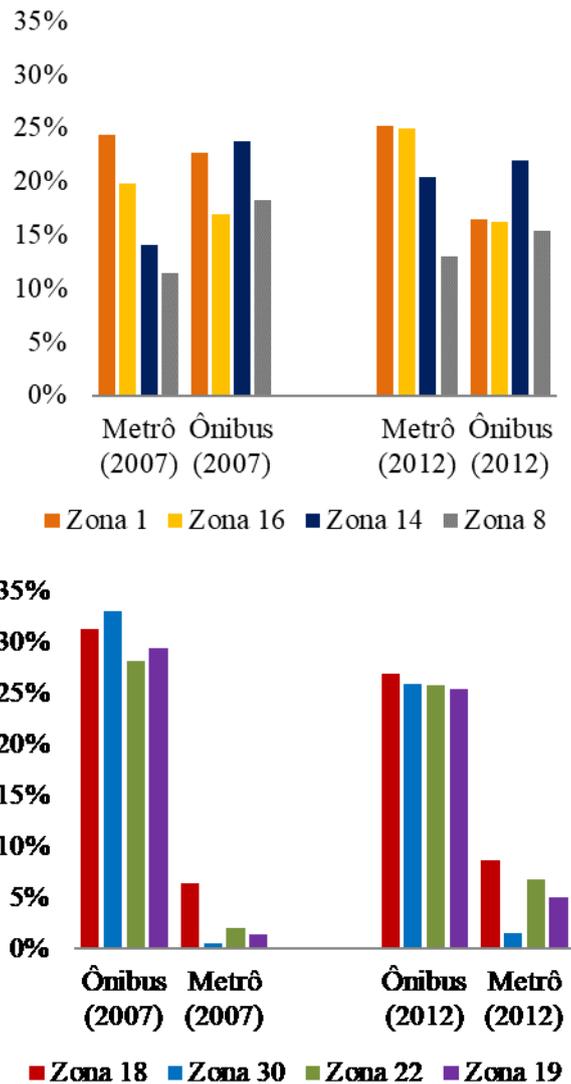
Tabela 2: Renda média e per capita na RMSP

	Renda média familiar	Renda per capita
007	R\$ 2.210,97	R\$ 647,54
012	R\$ 3.031,21	R\$ 958,79

Fonte: Elaboração Própria (base nas Pesquisas OD 2007 e Mobilidade 2012)

É notório que uma parcela da população tem abandonado o transporte público devido à facilidade e às vantagens oferecidas no mercado para aquisição do veículo privado. Tal fato deve-se também à baixa qualidade dos serviços de transporte oferecidos. A reversão desse quadro será possível a partir do momento em que o serviço ofertado esteja em conformidade às exigências dos clientes, os usuários do transporte público (RAMOS; OLIVEIRA, 2011).

Essa diminuição do uso do transporte público revela alguns pontos de investigação e pode contribuir para o planejamento da mobilidade urbana na RMSP. Por exemplo, o contraste entre o “nível de utilização do metrô quando o meio de transporte principal é o ônibus” e o “nível de utilização dos ônibus quando o transporte principal é o metrô”.

Figura 2: Uso de ônibus *versus* uso de metrô, como transporte principal

Fonte: Elaboração Própria (base nas Pesquisas OD 2007 e Mobilidade 2012)

Para seleção das zonas que compõem a Figura 2a utilizou-se o critério de quais apresentam maior porcentagem da população que utiliza o metrô como meio de transporte e comparou-se este uso ao de ônibus. Similarmente, a seleção das zonas da Figura 2b considerou aquelas que apresentam maior porcentagem da população que utiliza ônibus como meio de transporte e comparou-se este uso ao de metrô.

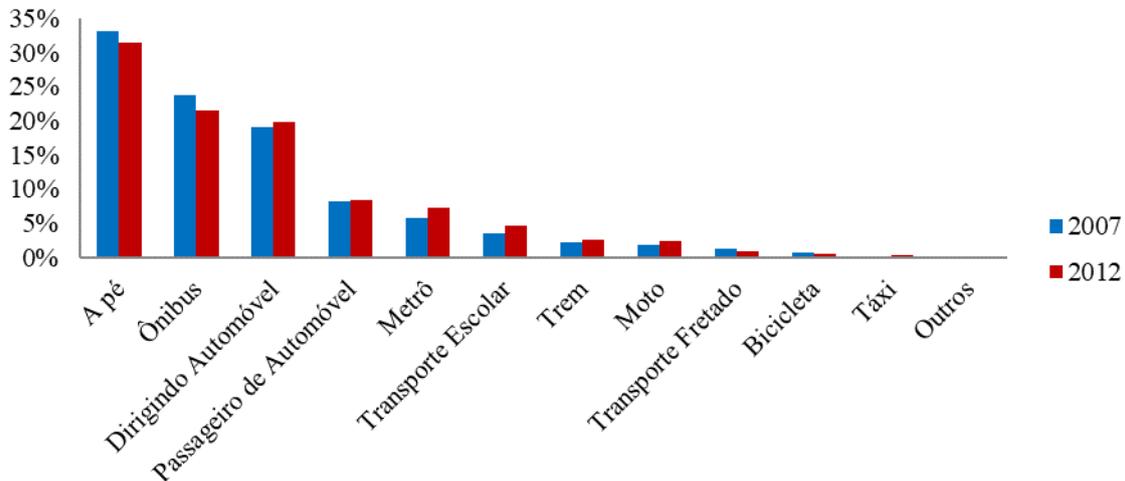
A Figura 2a comprova que em regiões mais centrais e/ou com maior infraestrutura metroviária (como Consolação, Vila Mariana, Jardim Paulista e Arthur Alvim), a demanda por ônibus é diminuída. Isto ocorre porque as pessoas podem optar por utilizar o metrô, que é, na maioria das vezes, um meio de transporte mais rápido que o ônibus. Nestas regiões, o ônibus torna-se complementar, como se fosse responsável pela capilaridade. Já a Figura 2b mostra que nas regiões mais periféricas, sem linhas de metrô (como Cotia, Rio Pequeno, Parelheiros e Grajaú), a disparidade é mais que clara. Sem outra opção de transporte - ou com opções piores - o principal meio de deslocamento é constituído pelos ônibus, o que tem como consequência o aumento dos congestionamentos nas vias e da superlotação destes veículos.

Pode-se notar, entretanto, um aumento na utilização do metrô em ambos os cenários analisados (e conseqüente redução do uso de ônibus). Isto pode ser explicado, principalmente, pelo programa de expansão deste sistema de transporte, com a extensão da Linha 2 Verde ao longo dos últimos anos e a inauguração da Linha 4 Amarela em 2010. É fundamental ressaltar, ainda, que este aumento do uso do metrô implica numa redução na demanda por ônibus em qualquer um dos dois cenários analisados.

Por outro lado, quando se considera o uso de transporte através de veículos particulares, os dados parecem revelar uma deterioração da qualidade de mobilidade. Entre 2007 e 2012 houve redução na porcentagem de pessoas que utilizam meios não-motorizados de transporte e aumento na proporção

daqueles que usam transporte motorizado. A mudança nas opções de transporte da população entre as duas pesquisas pode ser vista em maiores detalhes na Figura 3. No que tange os meios não-motorizados, pode-se observar uma queda notável da opção “a pé” de 33,1% para 31,4%. É importante observar a migração do uso de alguns meios de transporte para outros, evidenciada pela redução da porcentagem da população que se locomove a pé e de ônibus e pelo aumento daqueles que utilizam automóveis particulares e metrô.

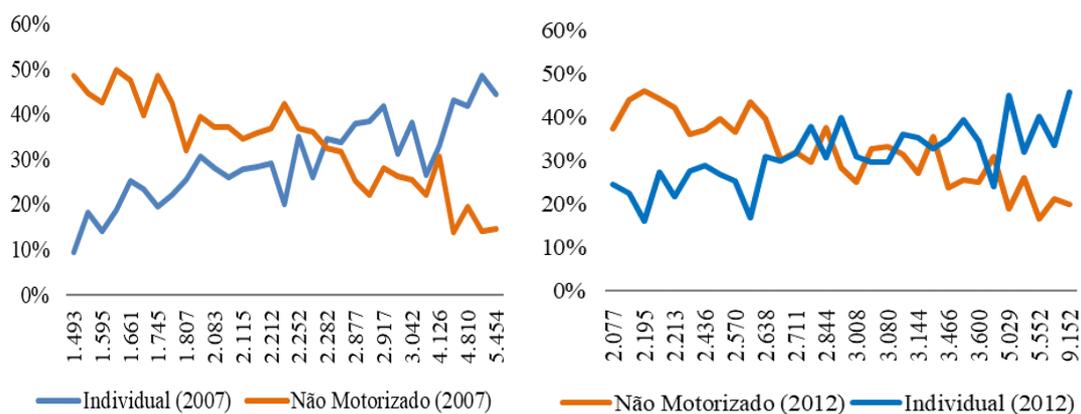
Figura 3: Viagem produzida por modo principal



Fonte: Elaboração Própria (base nas Pesquisas OD 2007 e Mobilidade 2012)

Por meio da análise de dados cruzada, referentes ao tipo de transporte utilizado e renda familiar média, percebe-se que a porcentagem de famílias que utilizam transporte público é mais estável, não dependendo de maneira direta ou proporcional à renda média. A Figura 4 revela que quanto menor a renda média familiar em determinada região, maior a porcentagem de indivíduos que utilizam meios não motorizados para locomoção em detrimento de veículos individuais, e vice-versa.

Figura 4. Uso de transporte individual x não motorizado x renda média (R\$) - 2007 e 2012



Fonte: Elaboração Própria (base na Pesquisa OD 2007)

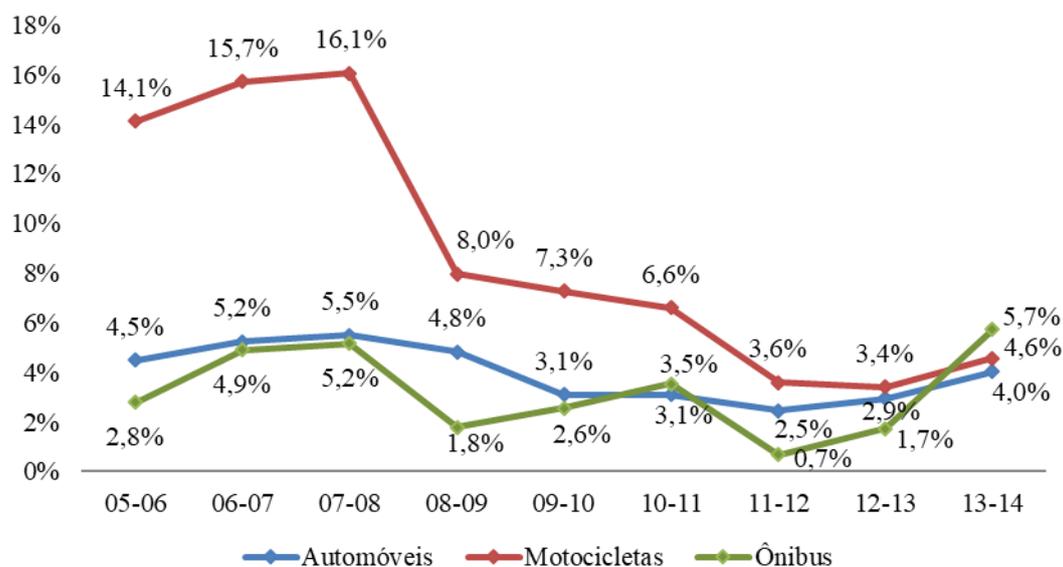
Pode-se afirmar que o aumento da renda média entre 2007 e 2012 reduziu a diferença entre as curvas de transporte individual e não motorizado, ao passo que não houve alteração significativa no uso de transportes coletivos, principalmente em 2012. Ou seja, é provável que tal efeito tenha possibilitado que uma parcela da população que se locomovia por meios não motorizados passasse a utilizar automóveis. Ao mesmo tempo, observa-se que uma parcela maior da população de maior renda passou a utilizar meios não motorizados para locomoção.

O crescimento constante da frota de veículos na RMSP é um fato que vem chamando cada vez mais atenção e causando preocupação às pessoas e autoridades. O crescimento percentual em cada período é

uma informação importante, pois mostra o quanto cada tipo de veículo cresceu em relação dentro de sua categoria em determinado período. A Figura 5 mostra uma desaceleração no crescimento de todas as frotas analisadas no período entre 2008 e 2009, época de crise econômica mundial. Deve-se destacar o setor de motocicletas, que teve suas vendas e produção afetadas depois da crise devido às exigências para liberação de crédito. Pode-se observar um salto no crescimento da frota de ônibus e micro-ônibus na região entre 2013 e 2014, enquanto o número de automóveis e motocicletas apresenta recuperação gradativa de crescimento desde 2011. Nenhuma frota apresentou decréscimo nos períodos analisados.

Interessante notar é o comportamento aleatório no crescimento da frota de ônibus, com picos e baixas em períodos subsequentes. Esta aleatoriedade é um provável reflexo de políticas públicas voláteis e pouco incisivas, que não fazem com que o transporte público seja efetivamente melhorado.

Figura 5. Crescimento percentual da frota de veículos em São Paulo

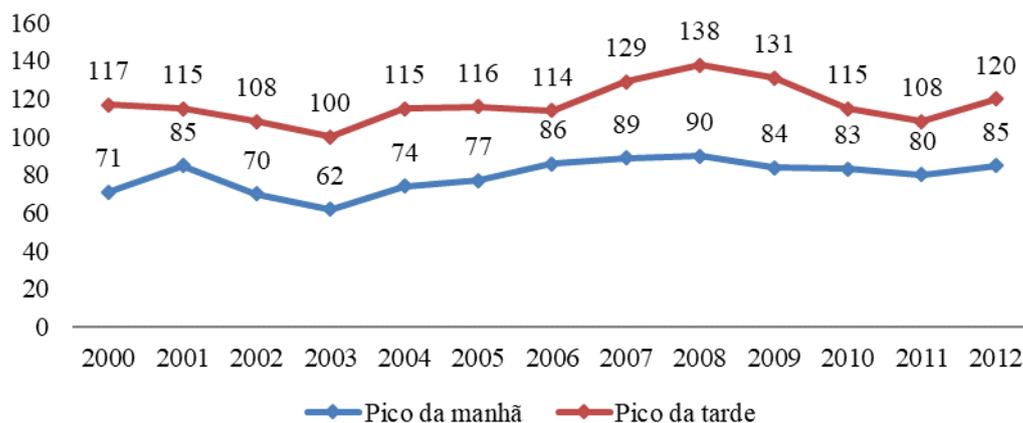


Fonte: Elaboração Própria (base em dados da Companhia de Engenharia de Tráfego)

Com o objetivo de ter uma previsão de crescimento da frota, foi feita uma análise de regressão para os próximos 10 anos, levando em consideração esse conjunto de dados de 2005 a 2014, para os variados tipos de veículos. Para tal análise, utilizou-se o método de regressão linear, de forma a determinar a relação entre o número de veículos e os anos analisados. Os resultados comprovam a tendência de deterioração constante da mobilidade urbana na RMSP. Tem-se um incremento de cerca de 25% na frota de ônibus e micro-ônibus entre 2015 e 2025, ao passo que, no mesmo período, o número de motocicletas aumenta cerca de 54% e o de automóveis 31%. É importante considerar, ainda, que fatores como congestionamentos e poluição já são considerados elevados atualmente e que o trânsito, quando congestionado, pode levar os motoristas a um nível de estresse alto (NERI; SOARES; SOARES, 2005). Couto *et al.* (2010) relata que a importância da melhoria da qualidade dos serviços de transporte coletivo nos grandes centros urbanos de todo o mundo tornou-se pública e demandada por todas as classes sociais, sejam elas usuárias ou não dos serviços de transporte público. Sem nenhuma política de início imediato que mude o curso desta previsão, a situação da mobilidade urbana na RMSP chegará num ponto insustentável.

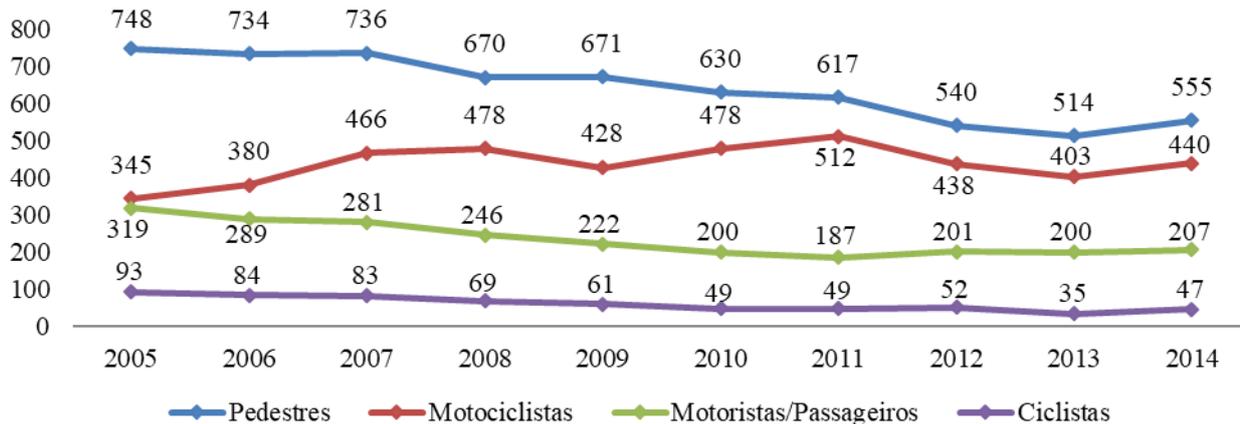
Mobilidade na RMSP versus Externalidades

Os dados da CET - Companhia de Engenharia de Tráfego - sobre o *congestionamento* na cidade de São Paulo entre 2000 e 2012 apresentam interessantes cenários com respeito às externalidades. A Figura 6 mostra que o congestionamento em São Paulo vem alternando períodos de picos e declínios. Entre 2004 e 2007, por exemplo, tem-se um período de prosperidade econômica e considerável incentivo ao crédito, intensificando o crescimento da frota (conforme confirma a Figura 6) e aumentando os índices de congestionamento (vide Figura 8). A partir de 2008, por outro lado, tem-se a proibição dos caminhões nas marginais, o que, aliado à redução no ritmo do crescimento das frotas devido à crise econômica mundial, reduz significativamente o nível de congestionamentos.

Figura 6. Congestionamentos na cidade de São Paulo (em km) - 2000 a 2012

Fonte: Elaboração Própria (base em dados da Companhia de Engenharia de Tráfego)

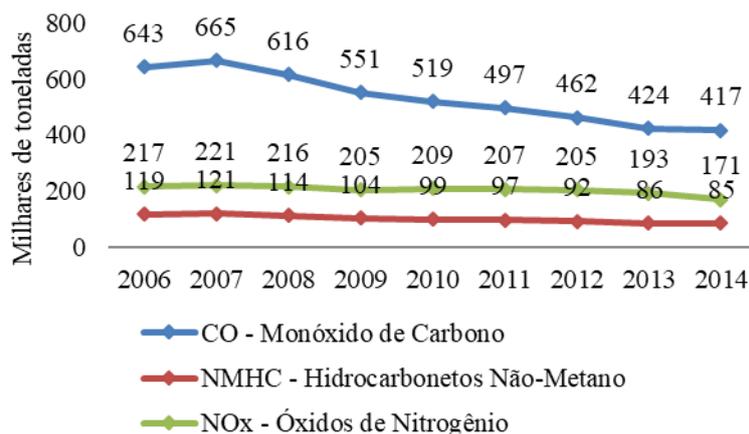
O número de mortes por *acidentes de trânsito* é também um importante índice na análise da mobilidade urbana na RMSP. Pela Figura 7, é possível concluir que os pedestres são as maiores vítimas do trânsito, seguidos pelos motociclistas. Tal dado mostra de forma clara o quanto estes componentes são o elo mais frágil da cadeia.

Figura 7. Número de mortes por acidente de trânsito em São Paulo - 2005 a 2014

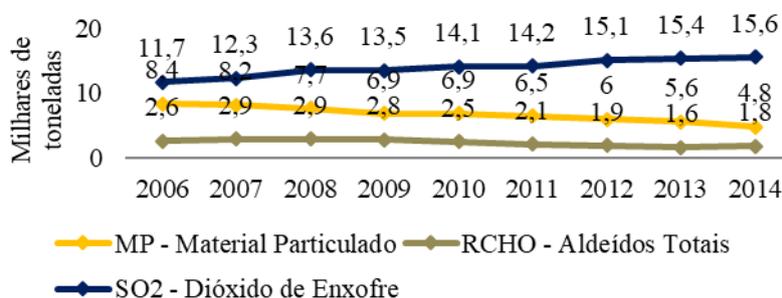
Fonte: Elaboração Própria (base em dados da Companhia de Engenharia de Tráfego)

Além disso, pode-se observar que o número de motociclistas mortos no período de 2005 a 2014 aumentou cerca de 27,5%, como provável consequência do grande aumento de motocicletas no trânsito da região. Paralelamente, o número de pedestres vítimas de tais acidentes caiu quase 26%, o de motoristas/passageiros caiu mais de 35% e o de ciclistas, 49,5%. Tais porcentagens enfatizam a importância da conscientização da população e de fiscalização mais intensas, já que os números vêm, em sua maioria, caindo, mesmo com o aumento da frota. Entretanto, os mesmos números possibilitam inferir que os motociclistas mantêm um comportamento imprudente e/ou não utilizam equipamento de proteção adequados, fazendo com que o número de mortes tenda a crescer ao longo dos anos.

Devido à falta de informações sobre a RMSP sobre os principais *poluentes* encontrados na atmosfera, foram analisados os dados do Estado de São Paulo. No entanto, os dados que apresentaram maior variação dos resultados foram as emissões veiculares de “monóxido de carbono”, e “dióxido de enxofre” (vide Figuras 8a e 8b).

Figura 8a. Emissões de CO, NMHC e NOx no Estado de São Paulo - 2006 a 2014

Fonte: Elaboração Própria (base em dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo)

Figura 8b. Emissões de MP, RHCO e SO₂ no Estado de São Paulo - 2006 a 2014

Fonte: Elaboração Própria (base em dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo)

Por meio dessas informações, pode-se observar uma queda acentuada da emissão veicular de poluentes, em especial do monóxido de carbono e de material particulado (35% e 43%, respectivamente). Tais reduções se devem ao menor uso do diesel como fonte de combustível (e à introdução do biodiesel), às melhores tecnologias utilizadas nos veículos e ao maior controle das autoridades em relação às emissões. Além do aumento das emissões de Dióxido de Enxofre, houve também aumento de 34,4% de Dióxido de Carbono para o período analisado.

Discussão dos Resultados

A análise de dados OD 2007 e 2012 e de frota de veículos permitem identificar relações significativas entre as diferentes variáveis envolvidas na situação atual da mobilidade urbana na RMSP. Como principais resultados da análise dos dados atuais em relação ao cenário passado tem-se um aumento no número de veículos motorizados na frota da RMSP (principalmente de motocicletas) e uma tendência de uso mais intenso dos meios de transporte particulares (HENRIQUE, 2004), sobretudo devido às políticas implementadas nas últimas décadas, que incentivam o uso deste meio de transporte em detrimento dos públicos (VERA *et al.*, 2004).

Um fato interessante é que o aumento da renda média entre 2007 e 2012 está intimamente relacionada com o aumento da frota de veículos particulares na região, o que confirma os resultados apresentados por Ramos *et al.* (2011). Outra tendência observada é o fato de que as pessoas de baixa renda passaram a utilizar menos meios não motorizados de transporte e mais veículos motorizados individuais, enquanto a tendência contrária é vista entre as pessoas de renda mais elevada. Apesar disso, observa-se uma manutenção no uso dos transportes públicos devido ao maior investimento público no setor, com obras realizadas depois da Pesquisa OD 2007, como a ampliação e construção de algumas linhas do Metrô e aumento da quilometragem de faixas exclusivas (ROLNIK; KLINTOWITZ, 2011). Conforme constata Rolnik *et al.* (2011), os fortes investimentos em transportes públicos nos últimos anos na região resultaram, pela primeira vez desde que a Pesquisa OD é realizada, em uma mudança na tendência de perda progressiva do transporte público para o individual.

Contrariando o padrão observado por Vasconcellos (2005a), entretanto, percebe-se que o nível de congestionamento não segue o mesmo comportamento do crescimento observado no tamanho da frota,

mas apresenta picos e baixas cíclicas desde o início dos anos 2000. Pode-se inferir que os picos são resultados do aumento indiscriminado da frota e que as quedas são causadas por ações públicas como rodízio e a regulamentação da circulação de caminhões na região. Observa-se também que o crescimento da frota veicular se dá de maneira constante no período analisado e segue desta maneira durante os próximos dez anos na previsão feita. Tendo por base o cenário encontrado até 2014, a tendência é de que a frota de automóveis cresça cerca de 30%, a de motocicletas cerca de 54% e a de ônibus cerca de 15%. Assim sendo, novas medidas públicas de controle de congestionamento se mostram necessárias (de preferência com efeitos de longo prazo), uma vez que os seus níveis já mostram sinais de retomada de crescimento nos dados de 2012.

Vasconcellos (2005a) salienta o alto número de morte de pedestres entre 1980 e 1997 que, apesar de apresentar uma queda de 29% no período, passando de 1580 para 1109 mortes principalmente devido à instalação de radares eletrônicos, ainda era alto. De acordo com os dados de 2014 da CET, pode-se observar uma redução de cerca de 50% deste número em relação 1997, que passou de 1109 para 555. Desta maneira, pode-se concluir que a falta de fiscalização e conscientização da população, apontados por Vasconcellos (2005a) como os principais fatores responsáveis pelo alto índice de mortes de pedestres, estão recebendo mais atenção do governo. Isto pode ser comprovado pelo incremento de radares e aumento da fiscalização nos últimos anos, bem como pela promoção de campanhas de educação no trânsito, como incentivo ao uso da faixa de pedestres e de passarelas suspensas.

Vale ressaltar que único segmento que apresentou incremento no número de mortes foi o de motociclistas. Tal fato leva à conclusão de que medidas mais intensas de fiscalização do uso de equipamentos de segurança e controle do tráfego deste meio de transporte se fazem extremamente necessários. Da mesma forma, outras campanhas e iniciativas para redução das mortes nos demais segmentos devem continuar recebendo investimentos.

Nota-se uma redução no nível de poluição, - principalmente Monóxido de Carbono - o que corrobora a constatação de Carvalho *et al.* (2015). Além disso, Vasconcellos (2005a) discute a aprovação de uma lei em 1997 limitando a emissão de CO, HC e NOx por carros manufaturados a partir deste ano para 1.2g/km, 0.2g/km e 0.2g/km, respectivamente. Entretanto, o autor relata que em 2003, à época em que o artigo foi elaborado, os veículos que circulavam pela RMSP ainda eram antigos, emitindo cerca de 12.3g/km de CO, 1.26g/km de HC e 0.7g/km de NOx. Baseado nesta afirmação, pode-se inferir que a queda acentuada na emissão de CO e NOx no período entre 2006 e 2014 deve-se à renovação na frota veicular da RMSP, além de leis de fiscalização de emissões mais eficientes e uso de biocombustíveis em substituição ao diesel.

As exceções neste tópico ficam por conta do Dióxido de Carbono (CO₂) e do Dióxido de Enxofre (SO₂), que aparentam seguir a mesma tendência de crescimento da frota de veículos. Análises mais profundas são recomendadas para identificar as causas das divergências entre os comportamentos das diferentes emissões ao longo dos anos, mas pode-se inferir que, por não ter havido regulamentação limitando as emissões de CO₂ e SO₂ por veículo, a renovação da frota e a maior fiscalização não exerceram influência sobre tais poluentes.

Conclusões

O presente estudo cumpre seu objetivo de atualizar, validar e incrementar as informações levantadas por Vasconcellos (2005a, 2005b). Externalidades como mortes de motociclistas não foram abordadas pelo autor e outras, como mortes de pedestres, sofreram alterações drásticas no período entre as duas pesquisas. Se por um lado pôde-se validar dados como as mudanças nos índices de poluição devido à nova lei de 1997 e posterior renovação da frota, por outro, pôde-se confrontar informações como o aumento do congestionamento proporcional ao aumento da frota devido a políticas de curto prazo implementadas no período.

A previsão de crescimento da frota, paralelamente, permite uma visão dos próximos anos e uma estimativa dos impactos das externalidades na RMSP, dada a premissa de que o panorama econômico não se altere drasticamente. A economia, entretanto, encontra-se em processo de desaceleração e o cenário no país não é dos mais favoráveis, com alta da inflação, redução do poder de compra, menor confiança do consumidor e maior competitividade (NIELSEN, 2014). Desta forma, deve-se acompanhar as variações e mudanças nas tendências dos dados coletados, de maneira a atualizar constantemente tanto os dados atuais quanto a regressão linear. Ainda, vale ressaltar que novas políticas e investimentos públicos em incentivo ao uso de transportes públicos em detrimento dos privados podem acontecer no futuro, de forma a alterar a dinâmica dos dados e sua previsibilidade.

O estudo mostrou áreas para ações governamentais. No entanto, pode-se identificar, ainda, áreas de oportunidades que mereçam estudos específicos, possivelmente resultando em projetos de melhorias no longo prazo.

Limitações da Pesquisa e Trabalhos Futuros

A principal limitação desta pesquisa é a dificuldade de obtenção de fontes de dados agregados (mesmos anos e/ou regiões contemplados). Como exemplos, tem-se que os dados de poluição são referentes ao Estado de São Paulo, os dados de acidentes de trânsito são referentes à cidade de São Paulo e as informações que caracterizam a mobilidade urbana são da RMSP. No entanto, acredita-se que essas análises possam refletir a realidade da RMSP, onde concentra a maioria dos problemas relacionados à mobilidade urbana no Estado de São Paulo. Desta forma, indica-se, como melhoria a este estudo, a busca por informações agregadas que garantam uma análise mais precisa por meio da padronização dos dados. Além disso, diversas outras conexões entre os diferentes dados - que não se aplicavam ao escopo específico desta pesquisa - podem ser feitas, o que contribui para o aumento ainda mais o leque de análises e conclusões.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP - Processo: 06074-7.

Referências

- AZEVEDO FILHO, M.A.N. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. 2012. 190 p. Doutorado em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73-80, 2008.
- BLACK, J.A.; PAEZ, A.; SUTHANAYA, P. Sustainable Urban Transportation: Performance Indicators and Some Analytical Approaches. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 128, n. 4, p. 184-209, 2002.
- BOARETO, R. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. **Revista de Transportes Públicos - ANTP - Ano 30/31**, p. 143-160, 2008.
- BONTEMPO, A. P.; CUNHA, C. B.; BOTTER, D. A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Evaluating Restrictions on the Circulation of Freight Vehicles in Brazilian Cities. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 125, p. 275 - 283, 2014.
- CARVALHO, V.; FREITAS, E., MARTINS, L.; MARTINS, J.; MAZZOLI, C.; ANDRADE, M. Air quality and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. **Environmental Science and Policy**, v. 47, p. 68-79, 2015.
- CET - Cia de Engenharia de Tráfego. **Notas Técnicas 232. Evolução do número de mortes no trânsito em São Paulo**. São Paulo, 2014.
- CET - Cia de Engenharia de Tráfego. **Acidentes de Trânsito Fatais - Relatório Anual 2014**. São Paulo, 2014.
- COUTO, D. M.; BARRA, R. A.; OLIVEIRA, L. K. Busca da eficiência econômica na implantação de sistemas integrados de transporte: a adequação do perfil da frota. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 33, p. 7-18, 2010.
- DOLL, C.; WIETSCHEL, M. Externalities of the transport sector and the role of hydrogen in a sustainable transport vision. **Energy Policy**, v. 36, p. 4069-4078, 2008.
- GAKENHEIMER, R. Urban mobility in the developing world. **Transportation Research Part A**, v. 33, p. 671-689, 1999.
- GOMIDE, A. **Mobilidade Urbana, Iniquidade e Políticas Sociais**. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2006.

- HENRIQUE, C.S. **Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do sistema integrado de transporte de Fortaleza**. 2004. 178 p. Mestrado em Engenharia de Transporte, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, CE, Brasil, 2004.
- JENSEN, M. *Passion and Heart in Transport - A Sociological Analysis on Transport Behaviour*. **Transport Policy**, v. 6, n.1, p. 19-34, 1999.
- KEISHICHO - Tokyo Metropolitan Police Department. **Measures to Prevent Occurrence of Critical Traffic Accidents**. Tokyo, 2014.
- LINDHOLM, M. *Urban freight transport from a local authority perspective - a literature review*. **European Transport**, v. 54, n. 23, 2013.
- MCIDADES. **Caderno de Referências para Elaboração de Planos de Mobilidade Urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana, 2007.
- MIRANDA, H.F.; SILVA, A.N.R. *Benchmarking sustainable urban mobility: The Case Study of Curitiba, Brazil*, **Transport Policy**, v.21, p. 141-151, 2012.
- NIELSEN. **Mudanças no Mercado Brasileiro em 2015**. São Paulo, 2014.
- [OLIVEIRA, L. K.](#); ALMEIDA, S. A. *Avaliação da adesão da população ao pedágio urbano: um estudo exploratório em Belo Horizonte (MG)*. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 35, p. 37-46, 2013.
- NERI, M.; SOARES W. L.; SOARES C. *Condições de saúde no setor de transporte rodoviário de cargas e de passageiros: um estudo baseado na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.21, n.4, p.1107-1123, 2005.
- RAMOS, M. W.; OLIVEIRA, L. K. *Preferência dos usuários de ônibus de Belo Horizonte em relação à conduta dos motoristas*. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 34, p. 39-49, 2011.
- RIBEIRO, G.R., MAGRINYÀ, F., ORRICO, D.R. *Study of the changes in the urban mobility of the Brazilian middle class, brought about by the population's increased income, and the ensuing impact on urban mass transit*. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 160, p. 294-303, 2014.
- RODRIGUES, A.N.; COSTA, M. D., MACEDO, M. H. *Multiple Views of Sustainable Urban Mobility: The Case of Brazil*. **Transport Policy**, v. 15, n. 6, p. 350-360, 2008.
- ROLNIK, R., KLINTOWITZ, D. **(Im)Mobility in the city of São Paulo**. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2011.
- SPICKERMANN, A.; GRIENITZ, V.; GRACHT, H.A. **Heading towards a multimodal city of the future? Multi-stakeholder scenarios for urban mobility**. *Technological Forecasting & Social Change*, 2013.
- TAGORE, M.R.; SKIDAR, P.K. *A new accessibility measure accounting mobility parameters*. 7th World Conference on Transport Research. **Anais**. Mumbai, India, 1995.
- VASCONCELLOS, E.A., 2005a. *Urban Change, mobility and transport in São Paulo: three decades, three cities*. **Transport Policy**, v. 12, p. 91-104, 2005a.
- VASCONCELLOS, E. A. *Transport metabolism, social diversity and equity: The case of São Paulo, Brazil*. **Journal of Transport Geography**, v. 13, p. 329-339, 2005b.
- VERA, L.A.N.; WAISMAN, J. *Estudo do Comportamento de Usuários de Automóveis na Ótica de Diferentes Enfoques: Um Subsídio na Formulação de Políticas Públicas*. *Traffic & Transportation Engineering*, XIII PANAM Conference Papers. **Anais**. Albany, NY, USA, 2004.
- VERHOEF, E. *External effects and social costs of road transport*. **Transportation Research A**, v. 28, n. 4, p. 273-287, 1994.
- WHO - World Health Organization. **Global Health Observatory (GHO) data**, 2010.