

DEMANDA POR MEIOS DE TRANSPORTE NA GRANDE SÃO PAULO: UMA ANÁLISE DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Rodrigo Menon S. Moita¹
Carlos Eduardo M. Lopes²

Este artigo estima a demanda por meios de transporte na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e analisa o efeito de políticas públicas de transporte sobre as escolhas dos usuários e, em última instância, sobre o trânsito da cidade. Estimamos um modelo de escolha discreta usando dados da Pesquisa Origem e Destino do Metrô. Os resultados mostram que a introdução de corredores de ônibus tem pouco efeito sobre a escolha dos usuários, e que estações de metrô provocam migração moderada de usuários do carro para metrô e ônibus. Por outro lado, políticas que afetam o custo de uso do carro mostraram-se mais eficazes. Simulações feitas sobre a introdução de um pedágio urbano mostram que a cobrança de pequenas taxas causaria uma redução substancial no número de veículos em circulação: pedágios que cobrassem 1 real ou 5 reais de quem circulasse pelo centro expandido da cidade reduziriam o trânsito de carros em 5% e 50%, respectivamente.

Palavras-chave: estimação de demanda, logit, trânsito, pedágio urbano.

TRANSPORTATION MODE DEMAND IN THE CITY OF SAO PAULO: A PUBLIC POLICY ANALYSIS

This paper estimates the demand for transportation in the Sao Paulo Metropolitan Area (RMSP) and analyzes the effect of public transport policies on users' choices and on the city traffic. We estimate a discrete choice model using data from the Origin and Destination Survey. The results show that the introduction of bus lanes has little effect on users mode choice, and subway stations cause moderate migration of car users to subways and buses. Conversely, policies that affect the cost of car use have proven most effective. Simulations on the introduction of a congestion pricing show that charging small fees would cause a substantial reduction in the number of vehicles in circulation: a toll of 1 or 5 reais from those driving through the expanded downtown would reduce car traffic in 5% and 50%, respectively.

JEL: C25, R41, R48.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo trata do problema do trânsito na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).³ Estimamos a demanda por diferentes meios de transporte na região – ônibus, carro e metrô – e usamos o modelo estimado para analisar o impacto que diferentes políticas públicas teriam sobre as escolhas dos cidadãos.

1. Insper. *E-mail*: <rodrigomsm@insper.edu.br>.

2. Metrô. *E-mail*: <ce.morotti@uol.com.br>.

3. A Região Metropolitana de São Paulo, também conhecida como Grande São Paulo, é composta por 39 municípios, entre os quais, o de maior expressão, é a capital do estado, a cidade de São Paulo. Uma explanação detalhada de sua composição, inclusive em termos legais, pode ser encontrada no endereço eletrônico da Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos de São Paulo. Disponível em: <<http://goo.gl/k0h1VE>>.

Usamos um modelo de escolha discreta para estimar quais características dos meios de transporte, das rotas e dos próprios usuários são relevantes na decisão dos indivíduos quanto ao meio de deslocamento utilizado. Com base nessa estimativa, é possível prever os efeitos de intervenções do poder público sobre o trânsito.

Usando os dados da Pesquisa Origem e Destino do Metrô, estimamos um modelo *logit agregado com coeficientes aleatórios* em que os indivíduos escolhem entre metrô, carro e ônibus. Com essa estimativa da demanda em mãos, analisamos o impacto de dois tipos de políticas: de infraestrutura e de preço. Por políticas de infraestrutura de transporte referimo-nos especificamente à construção de estações de metrô e corredores de ônibus. Por políticas de preço referimo-nos a um imposto sobre o uso do carro, também conhecido como pedágio urbano. Os resultados mostram que a construção de corredores de ônibus pouco altera a escolha do meio de transporte. Por sua vez, a construção de estações de metrô ligando duas regiões na cidade de São Paulo diminui a probabilidade do uso do carro em 12%, e eleva as probabilidades dos usos do metrô e do ônibus em 14% e 9%, respectivamente.

Por outro lado, políticas de preços mostram-se mais eficazes. Um pedágio urbano que custe 1 real dos motoristas que circulam pelo centro expandido da cidade reduz o trânsito em 5%.⁴ Da mesma forma, um pedágio de 5 reais reduz o trânsito de carros particulares em 50%.

No Brasil, a epítome do caos urbano nesta questão é a cidade de São Paulo e todo o conjunto de cidades adjacentes que compõem a RMSP. Embora o problema do trânsito seja vivenciado em diversas outras cidades do país, algumas vezes até mesmo de maneira mais acentuada do que na própria capital paulista, a Grande São Paulo ainda é o exemplo mais lembrado, como reflexo de sua importância política e econômica. De fato, os congestionamentos nas cidades são um grande entrave econômico e em São Paulo o problema é proporcionalmente ainda maior.

O governo do Estado de São Paulo atua constantemente sobre a questão. Mais recentemente, o governo apresentou diferentes planos e projetos, como o Plano Integrado de Transportes Urbanos – Pitu 2020,⁵ em 1999, seu sucessor o Pitu – 2025,⁶ em 2006, e o projeto Expansão SP,⁷ em 2007. Deles, três lições podem ser apreendidas e refletem a importância da questão do trânsito para a região: *i*) o problema do trânsito em uma cidade demanda projeções extremamente antecipadas, pois os investimentos necessários são elevados e com resultados lentos; *ii*) essas

4. Para uma descrição do rodízio de veículos, ver: <<http://goo.gl/2FJlfg>>.

5. A apresentação do programa está disponível em: <<http://goo.gl/98AwqW>>.

6. A apresentação do programa está disponível em: <<http://goo.gl/cQ6Eud>>.

7. Informações acerca do projeto podem ser obtidas em diferentes estudos, reportagens e endereços eletrônicos, uma vez que o endereço eletrônico do projeto em si não mais disponibiliza o conteúdo. O endereço oficial era <<http://goo.gl/oh7HCe>>.

mesmas projeções devem ser revisitadas constantemente, uma vez que o problema não é imutável, com variações que afetam as políticas públicas; e *iii*) independentemente da inclinação política dos que estão no governo, o transporte coletivo sempre é tido como a melhor solução disponível e alvo das ações públicas.

O enfoque em transportes coletivos reflete um consenso existente de que mitigar o uso dos transportes particulares, ao máximo, em favor dos transportes coletivos, é uma solução adequada. Toda ação do setor público é e deve ser tomada considerando os benefícios para o transporte de massa, ainda que em prejuízo dos meios de transporte com baixa capacidade de passageiros. Aumentar a densidade de passageiros por viagem é tido como o grande objetivo dos investimentos públicos no trânsito das cidades, pois ainda é o melhor meio conhecido de combater os congestionamentos, uma vez que possibilita o deslocamento de um elevado número de usuários ocupando um espaço consideravelmente menor do que se estes utilizassem transportes individuais, em especial automóveis particulares.⁸

Ainda que a questão do trânsito na RMSP seja extensa, grande parte da produção sobre o tema no Brasil se resume a textos jornalísticos e artigos de cunho sócio-político. Muito se discute sobre os efeitos sociais do trânsito, as questões políticas envolvidas e os efeitos observados das obras entregues. Embora seja um tema muito discutido, a questão do trânsito na Grande São Paulo é estudada quase que exclusivamente sob a ótica social e, eventualmente, sob uma ótica política. Economicamente, o foco sempre é financeiro, sem analisar os dados referentes ao trânsito em si e à demanda pelos diferentes meios de transporte.

Dos textos existentes, Oliveira (2003) destaca-se por uma análise mais realista do problema, elencando benefícios da implementação do rodízio de veículos na cidade de São Paulo e destacando o problema do trânsito na cidade. Em seu texto aborda questões importantes para a cidade, destacando o custo do trânsito em sua economia e teorizando sobre meios alternativos de desestimular o uso de veículos particulares, inclusive mediante o uso de um pedágio urbano, uma medida mais radical que chegou a ser cogitada para a cidade.⁹ Em resumo, o texto do autor destaca-se por abordar o tema de maneira clara e objetiva, mantendo o teor sociopolítico comum à questão.

Uma análise quantitativa similar a deste artigo é feita por Lucinda *et al.* (2015). Eles utilizam os microdados da Pesquisa Origem e Destino para estimar a elasticidade da demanda por meio de transporte. Apesar da similaridade com este artigo, empregam a mesma base de dados para estimar a demanda por meio de transporte, e os artigos

8. A Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos de São Paulo disponibiliza uma apresentação que expõe, visualmente, o benefício dos transportes coletivos para o trânsito, em: <<http://goo.gl/lisMFO>>.

9. Esta hipótese inclusive está presente nos valores apresentados pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. Ver nota de rodapé 5.

diferem na análise que se propõem a fazer. Enquanto este artigo procura comparar políticas de preço (pedágio urbano) com obras de infraestrutura, aquele analisa a eficiência do rodízio de veículos *versus* o pedágio urbano e a viabilidade política de ambos os mecanismos.

A análise da demanda por transporte público é mais profícua fora do Brasil, começando pelos estudos da demanda e da oferta de transporte. A exemplo disso, Souche (2010) analisa o sistema de transporte de cem cidades de diferentes países considerando sua oferta e sua demanda, com ênfase especial nos efeitos das variáveis renda, custo dos carros, custos do transporte público e quantidade disponível dos dois tipos de meios. Como resultado, conclui que apenas o custo do transporte público e a densidade demográfica da cidade são estatisticamente significantes para o modelo. No entanto, faz a ressalva de que a ausência do produto interno bruto dos diferentes países pode ter influenciado consideravelmente a ausência de significância estatística para o fato de as cidades pertencerem a diferentes grupos de países e culturas.

Seguindo a mesma linha de análise, Albalade e Bel (2010) restringem sua análise de oferta e demanda de transporte a algumas cidades europeias. Da mesma forma, renda, custos e características das cidades são as variáveis consideradas para as duas equações, com a adição do efeito do tempo gasto na viagem para a demanda e do produto interno bruto das cidades para a oferta. Ainda, características geopolíticas das cidades, como o fato de a cidade ser ou não capital política da região a que pertence, são acrescentadas ao modelo e acabam por se mostrar importantes em explicar o que determina a oferta e, em parte, a demanda do transporte coletivo nas diferentes regiões. Ademais, para o modelo, renda, densidade demográfica e outros fatores continuam tendo influência tanto na oferta quanto na demanda.

Uma análise da demanda por transporte em uma cidade que se assemelhe mais à proposta deste artigo faz uso de um modelo *logit* ou alguma de suas derivações. Um exemplo próximo a esse pode ser encontrado em Choudhury e Enam (2011), com a aplicação de um modelo multinomial para avaliar a demanda por transporte em Dhaka, capital de Bangladesh. Um dos pontos de maior interesse deste artigo é o uso do modelo de escolha discreta clássico, considerando atributos tanto socioeconômicos quanto dos meios de transporte alternativos a uma possível escolha de um indivíduo. Na prática, trata-se exatamente da proposta do presente artigo aplicada a outra grande cidade e, portanto, fonte de informações interessantes. No entanto, o artigo foca sua análise não nos efeitos que cada variável explicativa possui sobre determinado meio de transporte, mas sim na obtenção dos modelos e em seus coeficientes estimados; ainda assim, chega a conclusões interessantes, aplicáveis a regiões como a RMSP. Por exemplo, destaca a tendência de mulheres e de pessoas com maior poder aquisitivo evitarem o uso de transportes coletivos, enquanto para os homens, estudantes e trabalhadores,

tais meios são extremamente relevantes. A conclusão de maior destaque do artigo é a importância da cultura de uma cidade nas escolhas por transporte: como uma cidade majoritariamente islâmica, os resultados obtidos eram esperados, considerando suas características sociais.

Por fim, este texto baseia-se especialmente em McFadden e seu artigo *The Measurement of Urban Travel Demand* (1974) e em Train e *A Validation Test of a Disaggregate Mode Choice Model* (1978). O primeiro teoriza a importância dos investimentos em transporte em uma região e suas repercussões por um extenso período de tempo, mediante sua influência na demanda por transporte, fazendo uma análise dos fatores que influenciam a demanda individual e coletiva. Para tanto, teoriza os componentes das decisões individuais e os extrapola para a população, sendo um meio, portanto, de obter dados que permitam inferências sobre esta última. Dessa forma, utiliza as informações obtidas para conceituar o modelo *logit* e justificar seu uso em modelos de escolha discreta. Finalmente, aplica o modelo *logit* binário – em que o indivíduo escolhe apenas entre dois meios – em um exemplo, considerando características dos usuários e dos meios de transporte. Train (1978) parte desse exemplo e de seus dados e faz uma análise mais completa, pontuando conclusões e possíveis problemas do modelo. Por se tratar de um *logit* binário, os meios avaliados limitam-se a carros e a ônibus, porém sem diminuir a importância do artigo, cujo principal objetivo é apresentar o uso do modelo. A conclusão de McFadden foca a importância teórica do modelo, salientando a necessidade de maiores cálculos e refinamentos nos dados do artigo. Enquanto Train analisa os resultados obtidos, aponta os problemas metodológicos e destaca a utilidade do *logit* para modelos de escolha discreta.

Este artigo divide-se da seguinte forma: a seção 2 expõe a metodologia utilizada, a seção 3 descreve a base de dados utilizada, a seção 4 expõe os resultados obtidos e a última seção conclui.

2 METODOLOGIA

2.1 Modelo e estimação

A análise será feita mediante um modelo de escolha discreta para a estimação da participação de diferentes meios de transporte na demanda total da RMSPP. O objetivo desse método é entender o que leva a um determinado comportamento por parte dos consumidores, levando em consideração fatores comuns de escolha entre eles. Na prática, trata-se de avaliar os componentes relevantes nas decisões dos indivíduos entre as diversas possibilidades existentes, procurando determinar aqueles que de fato afetam a probabilidade de escolha de um meio, obtendo um modelo probabilístico que relaciona esta probabilidade às características dos indivíduos e dos meios considerados.

Neste trabalho utilizamos os dados agregados da pesquisa OD. No entanto, para um correto cálculo das elasticidades é crucial a introdução da heterogeneidade da população no modelo. Este artigo usa o método estabelecido pela literatura de organização industrial sobre estimação de demanda por bens diferenciados com modelos de escolha discreta. Berry (1994), Berry, Levinsohn e Pakes (1995) e Nevo (2000), entre outros, usam um modelo estrutural de escolha do consumidor para derivar as condições da demanda agregada. Essa metodologia permite-nos: *i*) estimar um modelo de múltiplas escolhas discretas, usando dados agregados; e *ii*) introduzir heterogeneidade no modelo, mesmo utilizando somente dados agregados.

Por outro lado, o uso de um modelo de escolha discreta impõe duas restrições que devem ser consideradas. Primeiro, as opções existentes para cada indivíduo devem ser mutuamente exclusivas, ou seja, ao optar por um meio de transporte, o usuário não pode escolher nenhum outro. Obviamente, na escolha por um transporte, em especial o transporte coletivo, os usuários acabam por fazer uso de mais de um meio; esta restrição e suas implicações serão melhor discutidas quando da apresentação dos dados. Em segundo lugar, todas as opções possíveis de escolha devem estar presentes, isto é, um indivíduo não tem como opção um meio de transporte que não é contemplado pelo modelo. Consequentemente, no universo de possibilidades considerado, o número de escolhas possíveis deve ser finito.

Assumindo que os dados utilizados adéquam-se a essas duas restrições e que representam corretamente a escolha dos indivíduos, esta basear-se-á na utilidade obtida em cada meio de transporte disponível, tendo como objetivo maximizá-la. Assim, a utilidade para cada indivíduo i , na rota k , utilizando o meio de transporte j é dada por:

$$u_{ikj} (z_k, p_{kj}, x_{kj}, \varepsilon_{ikj}; \theta), \quad (1)$$

em que z_k é um vetor de características da rota k , x_{kj} é um vetor de características do transporte j na rota k , ε_{ikj} representa um termo idiossincrático e não observável de preferência do indivíduo i em relação ao meio de transporte j na rota k , e θ é o vetor de parâmetros que queremos estimar.¹⁰ Assumindo uma função utilidade linear podemos, então, escrevê-la da seguinte forma:

$$u_{ikj} = \alpha_i p_{kj} + z_k \gamma + x_{kj} \beta + \varepsilon_{ikj}. \quad (2)$$

O termo α_i capta varia entre os indivíduos da amostra, representando diferentes sensibilidade ao preço do meio de transporte. Esse aspecto é importante,

10. ε_{ij} é não observável do ponto de vista do econometrista. O agente faz a sua escolha conhecendo esse valor.

pois capta a forte heterogeneidade que existe entre os moradores da cidade. No entanto, os dados disponibilizados para a demanda por meio de transporte na RMSPP são dados agregados por região,¹¹ dessa forma, a escolha de cada indivíduo não pode ser observada.

Para tentar superar essa limitação, assumimos que α é um coeficiente aleatório, com uma determinada distribuição de probabilidade. No entanto, em vez de assumir que α segue uma distribuição (normal, por exemplo) e estimar a sua média e sua variância, nós adotamos a solução usada pela literatura sobre estimação de demanda com dados agregados – Berry (1994) – e assumimos que α segue a distribuição de renda da região de origem do indivíduo. Ou seja, α_i é definido pela seguinte relação:

$$\alpha_i = \alpha + \rho y_i, \quad (3)$$

Dessa forma, a distribuição do coeficiente α_i é parametrizada pela distribuição de renda da população, $y_i \sim G(y)$. Esse método tem a substancial vantagem de incorporar heterogeneidade no modelo trazendo informação adicional via a distribuição usada. A intuição nesse caso é a de que indivíduos com diferentes rendas terão diferentes sensibilidades. Notadamente, esperamos que indivíduos mais ricos sejam menos sensíveis a preço.

A equação 2 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$u_{ikj} = \delta_{kj} + \nu_{ikj}, \quad (4)$$

em que $\delta_{kj} = \alpha p_{kj} + z_k \gamma + x_{kj} \beta$ representa a utilidade média de um indivíduo na rota k , utilizando o meio de transporte j , e $\nu_{ikj} = \rho y_i p_{kj} + \varepsilon_{ikj}$ que representa a parte aleatória da utilidade, ou desvios da média δ_{kj} .

Um indivíduo é definido pela sua renda y e pelos choques idiossincráticos ε . Portanto, podemos definir o conjunto de indivíduos que escolhem o meio de transporte j da seguinte forma:

$$D_{kj}(z_k, p_k, x_k, \theta) = \{(y_i, \varepsilon_{ik0}, \dots, \varepsilon_{ikJ}) \mid u_{ikj} \geq u_{ikm}, \forall m = 0, \dots, J\}, \quad (5)$$

em que, por exemplo, x_k representa o vetor de características de todos os meios de transportes disponíveis na rota k . Uma vez definido o conjunto D_{kj} , o *share* do meio de transporte j é a integral sobre distribuição de consumidores na região D_{kj} .

11. O conceito de região utilizado, denominado zona, bem como o de rota, encontram-se na seção 3 *Dados*.

$$s_{kj} (z_k, p_{k.}, x_{k.}; \theta) = \int_{D_{kj}} dF(\varepsilon) dG(y). \quad (6)$$

Dado o vetor de parâmetros θ , a equação 6 define o *share* previsto do meio de transporte j . A estimação do vetor de parâmetros θ ocorre minimizando a distância entre o *share* observado e o previsto. Para isso, precisamos computar a integral definida em 6. Isso é feito em duas etapas. Primeiro assumimos que o erro estocástico ε é *iid* entre opções e segue uma distribuição de valor extremo do tipo I. Isso faz com que a integral de $F(\varepsilon)$ dê origem à tradicional fórmula de probabilidade *logit*:

$$s_{kj} = \int \frac{\exp[\delta_{kj} + \rho y_{ikj} p_{kj}]}{\sum_{j=1}^J \exp[\delta_{kj} + \rho y_{ikj} p_{kj}]} dG(y) \quad (7)$$

A integral do coeficiente aleatório é feita por meio de simulação. Usando dados de renda familiar da pesquisa OD, calcula-se para cada região da cidade de São Paulo a média e a variância da renda. Assumindo que a renda se distribui como uma normal, com a média e a variância calculadas, amostramos cem “indivíduos”. A integral é então simulada via Monte Carlo.

Uma vez computado o *share* previsto, a estimação dos parâmetros é feita minimizando a seguinte expressão:

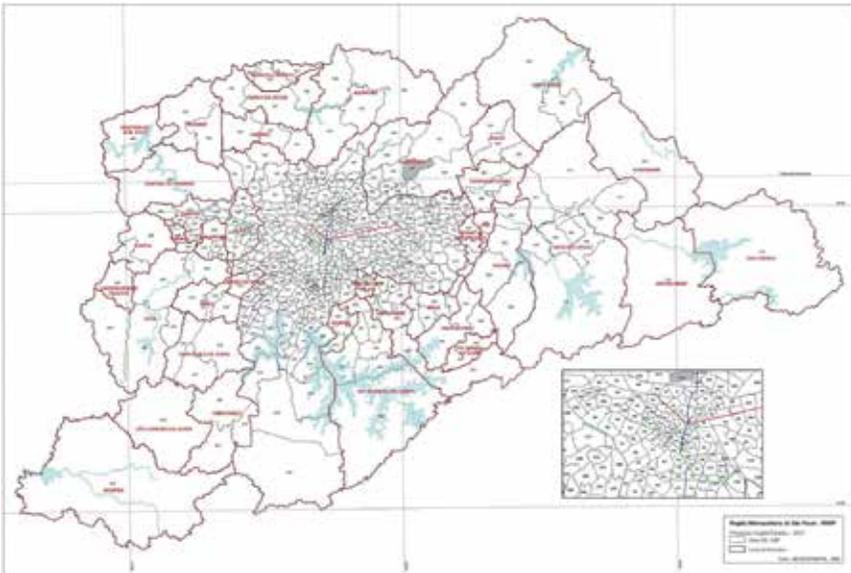
$$\min_{\theta} \|s(z, p, x; \theta) - S\| \quad (8)$$

3 DADOS

A fonte principal de dados é a Pesquisa Origem e Destino (POD) do metrô para o ano de 2007. Além dessa pesquisa, alguns dados provêm de outras fontes, a serem identificadas mais adiante. A POD é realizada, a cada dez anos, coordenada pelo metrô com a participação de outras empresas interessadas, baseada em informações coletadas de uma amostra de usuários de diversos meios de transporte da RMSP. A pesquisa divide a região em diversas zonas, o que permite uma localização espacial dos indivíduos e de suas características, em uma amostra composta por 30 mil domicílios para o ano de 2007, em um total de 460 zonas. A figura 1 mostra o mapa de zoneamento segundo a pesquisa, base para a determinação das rotas, a unidade chave deste estudo.

A figura 1 permite uma melhor compreensão dos conceitos de zona e rota utilizados. Uma zona é composta por um ou mais bairros. Por sua vez, os dados informados sobre ela representam os valores médios de todas as residências e vias pertencentes a ela.¹² Uma rota determina o percurso entre uma zona de origem e uma zona de destino e é a unidade de análise do modelo, uma vez que o deslocamento entre duas zonas, suas características e as características de quem faz esta rota determinam os dados utilizados na estimação. Algumas rotas não possuem intermediários, quando as zonas são vizinhas, enquanto uma grande maioria implica cruzar uma ou mais zonas, além de 460 rotas realizadas dentro de uma mesma zona. Assim, cada zona possui uma rota ligando-a a ela mesma e outras 459 rotas até as outras zonas. O total de rotas possíveis e, portanto, de potenciais observações (n) para o modelo, é $n = 460 \times 460 = 211.600$.

FIGURA 1
Região metropolitana de São Paulo: zonas da POD



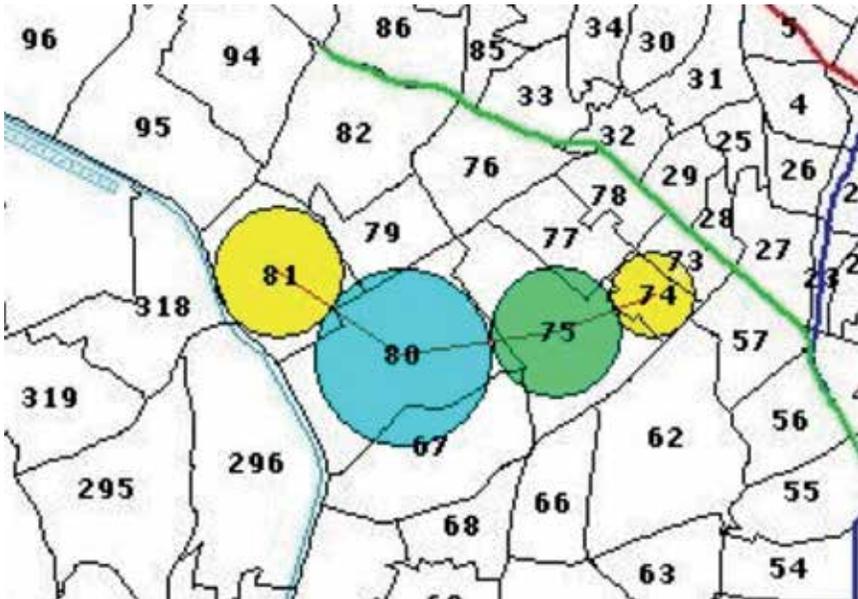
Fonte: Pesquisa OD, Metrô SP.

Procurando esclarecer o conceito de rota, a figura 2 ilustra um deslocamento entre a zona 81 e a zona 74. A linha que sai do centro da circunferência da zona 81, passa pelos centros das circunferências das zonas 80 e 75 e termina no centro da zona 74, compõe uma rota possível. As informações dessa rota baseiam-se em características da zona de origem e, para algumas variáveis, como trânsito,

12. Uma breve explicação de como é feito o zoneamento pode ser encontrada na Pesquisa Origem e Destino: síntese das informações em: <<http://goo.gl/11N9IU>>.

em características da zona de destino. Assumimos que entre duas regiões existe somente uma rota possível, definida como o trajeto que atravessa o menor número de zonas possível.¹³

FIGURA 2
Exemplo de rota entre zonas



Elaboração própria.

Dos dados disponibilizados pela pesquisa, as informações utilizadas para o artigo são listadas conforme a seguir.

- Tempo médio de viagem por modo de transporte, em minutos.
- Distância percorrida para cada possível rota, em quilômetros.
- Zonas que possuem estações de metrô e corredores de ônibus, de acordo com o mapa de zoneamento.
- Zonas pertencentes apenas à cidade de São Paulo, também segundo o mapa de zoneamento.
- Renda *per capita* em reais de outubro de 2007, também utilizada no cálculo da distribuição de renda e do custo do meio de transporte em relação à renda.

13. As rotas foram calculadas usando o algoritmo de Dijkstra, que calcula o caminho mais curto entre dois pontos em um gráfico. Para isso, foi usado o software Matlab 2013.

- Demanda total por meio de transporte ao longo da rota, por zona.
- Zonas pertencentes à área em que se aplica o rodízio municipal de veículos na cidade de São Paulo.
- Número de viagens produzidas por cada meio de transporte, para auferir a probabilidade de escolha de um meio.

Todos os dados da pesquisa são agregados, apresentando valores médios dos domicílios pesquisados de cada zona. Assim, por exemplo, a renda *per capita* de uma zona é a média das rendas de todos os indivíduos que pertencem a ela.

As viagens produzidas seguem o critério da pesquisa, que determina uma hierarquia entre os meios de transporte utilizados. Dessa forma, se um indivíduo faz uso de metrô e ônibus em seu deslocamento, o meio de transporte da viagem é considerado como sendo o metrô. O benefício dessa classificação é adequar-se à exigência dos modelos *logit* quanto às opções serem mutuamente exclusivas: um modo principal automaticamente exclui qualquer outro modo na contagem de viagens produzidas, ainda que com perda de informação. A hierarquia entre os meios, segundo a pesquisa, é: 1. metrô; 2. trem; 3. ônibus; 4. transporte fretado; 5. transporte escolar; 6. táxi; 7. dirigindo automóvel; 8. passageiro de automóvel; 9. motocicleta; 10. bicicleta; 11. outros; e, 12. a pé. Este artigo somente foca nos principais meios utilizados, que são metrô, ônibus e automóvel (*carro*).

Uma primeira informação importante em uma análise de meios de transporte é o tempo de deslocamento (*tempo_medio*) entre dois pontos. A pesquisa não disponibiliza o tempo médio de viagem por meio de transporte, apenas por modo, agregando-os em: *i*) modo coletivo: metrô, trem, ônibus, transporte fretado, transporte escolar e lotação; *ii*) modo individual: dirigindo automóvel, passageiro de automóvel, táxi, motocicleta e outros; e *iii*) viagem a pé. Além dessa agregação, somente são disponibilizados os tempos médios de viagem por zona de origem e não por rota (*origem e destino*), como seria desejável. Em função disso, os tempos para os carros e para os ônibus foram aproximados utilizando a velocidade média por modo apresentado na POD e a distância entre as zonas, conforme método de cálculo apresentado a seguir. No caso do metrô, assumimos uma mesma velocidade média de deslocamento para a rede metroviária em todas as rotas possíveis com esse meio. Quando as zonas de origem ou de destino não possuíam estação, mas alguma zona vizinha sim, consideramos a soma dos tempos médios da zona com estação e da zona de origem ou de destino. Caso não existisse nem ao menos uma estação em zona vizinha, então a viagem não poderia ser realizada por meio desse meio.

Outra característica relevante para transportes é a distância (*distancia*) entre o ponto de partida e o de chegada. A variável foi calculada seguindo o mapa de zonas da pesquisa e da área informada, considerando-se cada região como sendo um

círculo, com cada rota tendo início no centro da zona de origem e seu fim no centro da zona de destino, tal como apresentado na figura 2. Seguindo esse raciocínio, uma rota que, necessariamente, passe por três ou mais regiões, é calculada como sendo o raio das zonas de origem e destino e o diâmetro das zonas que as intermedeiam. Para rotas dentro de uma mesma zona, a distância considerada foi o raio da região, o que na figura seria representado pela linha vermelha ligando o centro da zona 81 à borda de sua circunferência. Obviamente, trata-se de uma aproximação para as distâncias percorridas, existindo caminhos que certamente são mais curtos que os considerados no modelo; no entanto, também existem caminhos mais longos, em que os trajetos mais curtos são limitados por barreiras físicas ou mesmo por tomarem mais tempo dos indivíduos.

A determinação das regiões que possuem estações de metrô na cidade de São Paulo também se baseou no mapa de zoneamento, buscando aferir se a existência de estação próxima à origem e ao destino de uma rota influencia a escolha pelo meio. Com o mesmo intuito, fundamentado no mesmo mapa e nas informações disponibilizadas pela empresa São Paulo Transporte (SPTrans) acerca dos corredores de ônibus da cidade,¹⁴ também foi criado um quadro de rotas beneficiadas pela presença dos corredores de ônibus. Esperamos que a existência de corredores e estações afete positivamente a probabilidade de escolha de ônibus e metrô. Foram criadas variáveis *dummies* referentes à existência de corredor na zona de origem e na zona de destino (*corredor_corredor*) e na existência de estações do metrô também na origem e no destino (*estacao_estacao*). A possibilidade de conexão entre os corredores de ônibus e entre as estações de metrô justifica-se, uma vez que todas as vias em ambos os sistemas de transporte eram interligadas em 2007.¹⁵ A afirmação acerca da importância dessas duas variáveis retoma o primeiro parágrafo da introdução do artigo, no qual são destacados os vultosos investimentos tanto em infraestrutura de sistema metroviário quanto de corredores de ônibus. Na prática, esses investimentos são as principais políticas públicas de transporte, por disponibilizar aos usuários alternativas com melhores tempos de deslocamento do que nas vias comuns e a um custo relativo menor do que o dos veículos particulares.

A rede metroviária da região da Grande São Paulo limita-se à cidade de São Paulo, sem conectar cidades diferentes. Por esse motivo, consideramos somente as rotas que possuem tanto zona de origem, quanto de destino dentro da cidade de São Paulo.

14. Um mapa dos corredores de ônibus da cidade de São Paulo está disponível no site da SPTrans em: <<http://goo.gl/91bwHM>>.

15. Existe uma única exceção para os corredores de ônibus da RMSP, o corredor denominado Paes de Barros, que não se conecta diretamente a nenhum outro. No entanto, ele acompanha, paralelamente e a uma curta distância, o corredor Expresso Tiradentes. Dessa forma, a utilização dos dados considerando todos os corredores conectados continua válida.

Foi criada uma *dummy* (*rodizio*) para as rotas que estão dentro da área do rodízio de veículos. Utilizando o mapa de zoneamento da pesquisa e o mapa da área de rodízio de veículos na cidade de São Paulo.¹⁶ Esperamos que rotas inseridas na região em que o uso do veículo particular é limitado apresentem uma taxa menor de escolha pelo carro, em benefício do transporte coletivo.

O efeito da demanda por cada meio de transporte em uma rota é dado pela variável fluxo (*fluxo*), em milhares de pessoas. Esta reflete o uso do meio de transporte em todas as viagens não referentes ao deslocamento em análise, ou seja, quantas pessoas, carros, no caso do meio de transporte particular, fazem uso desse meio em cada zona pertencente a uma rota. O objetivo dessa variável é justamente incorporar à regressão o efeito que a demanda por cada meio tem sobre a própria escolha pelo transporte. Na prática é uma aproximação para o trânsito (de pessoas para metrô e ônibus, de carros para carro) de viagens que interferem na rota, ou seja, na viagem principal em análise, considerando todo o fluxo de uso que adentra as zonas de uma rota. Assim, é calculada pela soma do uso de um meio em cada zona (todos os usuários que utilizam o metrô para ir até uma zona “A” qualquer, por exemplo) componente de uma rota (a soma destes conjuntos de usuários), subtraindo a demanda pelo meio na própria rota origem-destino que está sendo analisada, o que evita qualquer problema de endogeneidade.

Incorporamos heterogeneidade ao modelo por meio do coeficiente aleatório da variável *custo*, cuja distribuição é parametrizada pela distribuição da renda *per capita* de uma região. Essa distribuição de renda possui a média e o desvio-padrão da renda *per capita* fornecida pela POD – número de famílias por faixa de renda, e assumimos que seja uma normal. Cem “indivíduos” são simulados por rota (par origem e destino) e usados para calcular a integral descrita na equação 6.

Outra variável de grande importância é o custo do deslocamento (*custo*). Para o carro, o custo foi calculado da seguinte maneira: foi utilizado o preço médio da gasolina na cidade de São Paulo, em outubro de 2007, vezes a distância percorrida na rota dividido pela eficiência do carro no uso do combustível.¹⁷ Colocado de outra forma:

$$custo_{carro} = \frac{R\$ \text{ litro}}{\text{litro km}} km.$$

Para o metrô e o ônibus, utilizou-se o custo das tarifas nesse mesmo período. Estes últimos demandaram ponderações das possibilidades de escolha dos usuários:

16. Disponível e explicado no *site* da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET): <<http://goo.gl/CHx43>>.

17. O preço médio da gasolina em São Paulo na data considerada é disponibilizado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em: <<http://goo.gl/80NoLf>>.

baldeações entre metrô e ônibus também possuíam tarifas diferenciadas. Quando o meio em análise era o metrô e não havia estação nas zonas de origem, de destino ou em ambas, considerou-se a hipótese desse deslocamento ser feito utilizando dois meios: ônibus até uma estação e metrô a partir de então, com custos maiores, da mesma maneira como foi feita para o tempo de deslocamento.

A composição dos dados utilizados no estudo demanda maiores esclarecimentos, em função de sua complexidade. O apêndice mostra uma pequena amostra de dados extraídos diretamente da amostra utilizada no estudo.

Com base nas características consideradas para o modelo apresentadas acima, os valores médios, os desvios-padrão e os valores mínimos e máximos dos dados utilizados estão expostos na tabela 1.

TABELA 1
Estatísticas descritivas

	x	d.p. (x)	Mín.	Máx.	Unidade
<i>corredor_corredor</i>	0,1840	0,3874	0	1	-
<i>estacao_estacao</i>	0,0474	0,2125	0	1	-
<i>rodizio</i>	0,5017	0,5000	0	1	-
<i>distr_renda (Gini)</i>	0,7013	0,0851	0	0,80	-
<i>custo</i>	3,0546	2,9180	0	58,21	-
<i>renda_per capita</i>	0,9947	0,5651	0	2,78	R\$
<i>distância</i>	7,4817	7,7966	0,32	99,80	km
<i>tempo_medio</i>	30,0172	30,9076	0,64	454,13	min.
<i>fluxo</i>	98,5517	79,8886	0,25	659,99	qtd. demandada

Elaboração própria.

4 RESULTADOS

Os resultados da estimação são apresentados na tabela 2. Um modelo alternativo – o *logit multinomial* – é apresentado no apêndice a título de robustez.

Os resultados apresentam o sinal esperado para praticamente todas as variáveis do modelo. O coeficiente da variável *custo* é negativo e significativo, como esperado. O mesmo ocorre com os coeficientes das variáveis de infraestrutura, estação de metrô e corredor de ônibus. Os desvios-padrão foram calculados via *bootstrap*.¹⁸

18. A variável tempo médio de viagem foi retirada da estimação devido à forte colinearidade que apresentava com as demais variáveis. Ver apêndice.

4.1 Análise dos resultados

Dividimos a análise em duas partes: a análise de mudanças na infraestrutura de transporte e a sensibilidade da demanda em relação aos preços dos meios de transporte. Essa divisão deve-se ao fato de que obras de infraestrutura e políticas de preço, como, por exemplo, o pedágio urbano e subsídios, são as principais ferramentas de política pública para melhorar a qualidade do trânsito de uma cidade. Entender os efeitos dessas medidas é crucial para analisar a eficácia da política implementada.

A tabela 3 apresenta as distribuições das elasticidades-preço do carro, metrô e ônibus. Há uma significativa heterogeneidade em relação a essas variáveis dentro da população. Para o carro há uma massa de consumidores com elasticidade muito próxima de zero (a média é -0.15), ver tabela 3, mas com uma cauda que se estende até quase -2. Ou seja, a maior parte dos cidadãos é bastante inelástica a preço, mas há uma cauda sensível a variações no custo.

TABELA 2
Logit agregado com coeficientes aleatórios

	Coeficiente	Desvio-padrão
<i>c</i>	-0.63	0.13
<i>custo</i>	-0.10	0.04
<i>corredor</i>	0.03	0.05
<i>Dm_corredor</i>	-0.15	0.04
<i>estacao</i>	-0.22	0.04
<i>Dm_estacao</i>	0.27	0.03
<i>distancia</i>	0.03	0.01
<i>Dm_distancia</i>	-0.21	0.02
<i>fluxo</i>	0.00	0.00
<i>Dm_fluxo</i>	0.04	0.00
<i>rodizio</i>	0.23	0.02
<i>sigma</i>	-0.0001	0.00

Elaboração própria.

Os dois meios de transporte públicos analisados apresentam resultados bastante distintos em relação à elasticidade-preço. O metrô apresenta uma elasticidade média igual a -0.54, e uma distribuição multimodal com vários picos. Isso é reflexo da malha metroviária que atende somente alguns bairros da cidade de São Paulo, mas se estende por uma grande distância, servindo bairros muito heterogêneos no que diz respeito à renda *per capita*. O ônibus apresenta elasticidade média igual a -0.12 com pouca dispersão ao redor desse número. É a elasticidade média mais representativa dos três modos.

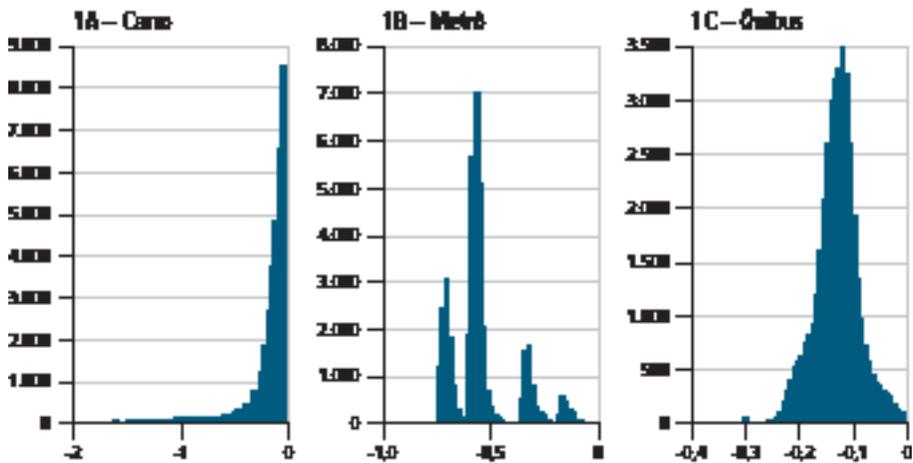
De acordo com esses números, podemos dizer que as demandas por carro e ônibus são pouco sensíveis a mudanças de preços. Diferentemente, usuários do metrô seriam mais sensíveis a mudanças de preços. As elasticidades-preço cruzadas também são baixas, nunca superior a 0.12, indicando baixa substitutabilidade entre os meios.

TABELA 3
Elasticidade-preço

	Carro	Metrô	Ônibus
P_{carro}	-0.16	0.11	0.09
P_{metro}	0.025	-0.54	0.03
P_{onibus}	0.12	0.12	-0.12

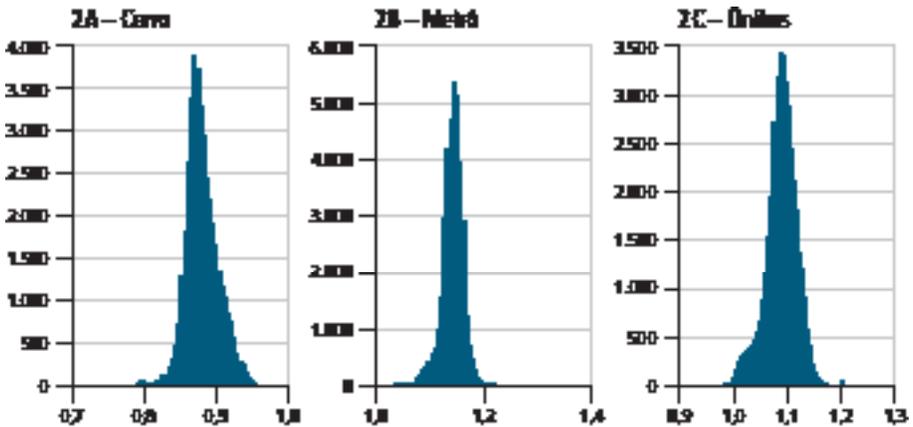
Elaboração própria.

GRÁFICO 1
Elasticidade-preço



Elaboração própria.

GRÁFICO 2
Razão de probabilidades – estação de Metrô



Elaboração própria.

Para estimar o impacto da infraestrutura de transporte, corredores de ônibus e estações de metrô, entre duas regiões, utilizamos a razão entre as probabilidades com e sem a presença dessas obras de infraestrutura. Os resultados da razão, com relação à existência de estações de metrô e corredores de ônibus, são apresentados nas tabelas 4 e 5.

TABELA 4
Razão de probabilidades: $P(1)/P(0)$

	Estação	Corredor
<i>carro</i>	0.88	1.02
<i>metro</i>	1.14	0.88
<i>onibus</i>	1.09	0.99

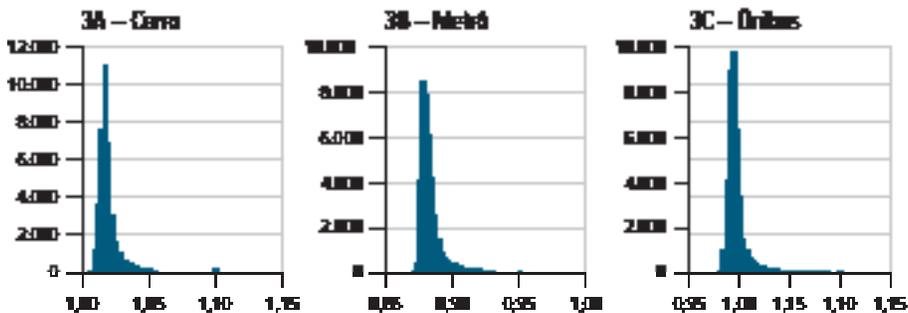
Elaboração própria.

Conectar duas zonas com estações de metrô eleva a probabilidade do uso do metrô em 14%, em média, como mostrado na tabela 4 e no gráfico 2B. O uso do carro reduz-se em cerca de 12% (gráfico 2A), e o uso do ônibus também aumenta em 9% (gráfico 2C). Há pouca dispersão em torno da média, o que faz da média uma boa representação da amostra. Interessante que a existência de estação de metrô eleva o uso do transporte coletivo, uma característica desejável dessa política.

Os resultados indicam que a implantação de um corredor de ônibus tem em média impacto quase nulo no uso do ônibus. No entanto, o gráfico 3C

mostra que uma parcela da população tem a probabilidade de usar o ônibus aumentada – cauda da direita – atingindo até 5% de aumento.

GRÁFICO 3
Razão de probabilidades – corredor de ônibus



Elaboração própria.

Podemos concluir essa análise afirmando que estação de metrô tem um efeito maior sobre a escolha dos indivíduos, o que aumenta o uso do ônibus e do metrô, principalmente. Corredores de ônibus têm efeitos mais modestos, reduzindo principalmente o percentual de viagens de metrô.

Um ponto que deve ser ressaltado é que podem haver efeitos de segunda ordem decorrentes da implantação de corredores de ônibus e de estações de metrô.¹⁹ A implantação de um corredor de ônibus em geral ocupa um espaço antes utilizado também pelos carros particulares. Isso pode fazer com que a implantação do corredor piore a situação do trânsito de carros, o que eleva a substituição do carro em prol de ônibus e metrô. Os números da tabela não levam em conta esse efeito indireto e, portanto, devem ser entendidos como um limite inferior do verdadeiro efeito. O contrário vale para estações de metrô. O uso do metrô pode reduzir o número de carros, pois melhora as condições de trânsito. Isso faz com que alguns cidadãos voltem a usar o carro. Portanto, os números referentes à implantação de estações de metrô em uma rota podem estar superestimando o verdadeiro efeito.

Outro instrumento de política pública relevante são os impostos que afetam o custo de se usar o carro. Impostos ambientais, de propriedade do veículo ou de uso do veículo (pedágio urbano) são possibilidades a serem consideradas. A análise a seguir aplica-se somente a impostos que incidam sobre o custo do uso do veículo.

Para termos uma ideia do efeito de uma política desse tipo, simulamos a implantação de um pedágio urbano. A tabela 5 mostra o resultado de diferentes simulações, em que foram usadas diferentes taxações sobre o uso do veículo.

19. Esses efeitos decorrem da possibilidade da existência de colinearidade entre as variáveis explicativas.

TABELA 5
Efeitos do pedágio urbano: s(com)/s(sem)

	1 real	5 reais	2 x custo
<i>carro</i>	0.95	0.50	0.87
<i>metrô</i>	1.04	1.41	1.10
<i>ônibus</i>	1.04	1.40	1.10

Elaboração própria.

As simulações foram feitas considerando a situação a qual o pedágio urbano vigore no centro expandido da cidade.²⁰ Simulamos três valores de pedágio: 1 real, 5 reais e dobrar o custo atual do uso do carro. Esta última alternativa procura simular o efeito de uma taxa que fosse proporcional à distância percorrida.

Um pedágio de 1 real provoca uma redução de 5% na fração dos que escolhem o carro como meio de transporte e aumenta a fração de ônibus e metrô em 4%. Um pedágio de 5 reais reduz o uso do carro em 50% e eleva o de metrô e ônibus em 40%, em média. A última coluna da tabela 5 mostra que dobrar o custo do uso do carro reduz a fração dos que usam o automóvel, em 13%, e aumenta o uso do ônibus e do metrô, em 10%. Portanto, podemos concluir que apesar de a baixa elasticidade-preço da demanda, mesmo um pedágio urbano que cobrasse somente 5 reais de cada veículo, reduziria o trânsito em 50%.

No entanto, a média – especialmente para o pedágio de 5 reais – não é uma boa descrição do efeito do pedágio nas diferentes rotas. Os gráficos 4 e 5 mostram a variação percentual por rota para cada meio de transporte. Os histogramas revelam que o efeito de um pedágio de 1 real (gráfico 4) é moderado, com cerca de 5% de variação, e relativamente homogêneo nas diferentes rotas. Por outro lado, o pedágio de 5 reais (gráfico 5) tem um impacto que, além de maior, afeta de forma bastante distinta as diferentes rotas. Podemos ver que em algumas rotas o uso do carro desaparece (massa de probabilidade sobre o zero no gráfico da esquerda) e outras rotas não são afetadas pelo pedágio (massa positiva sobre o 1 do mesmo gráfico), enquanto o uso do metrô e do ônibus aumentam em mais de 50%, em muitas rotas.

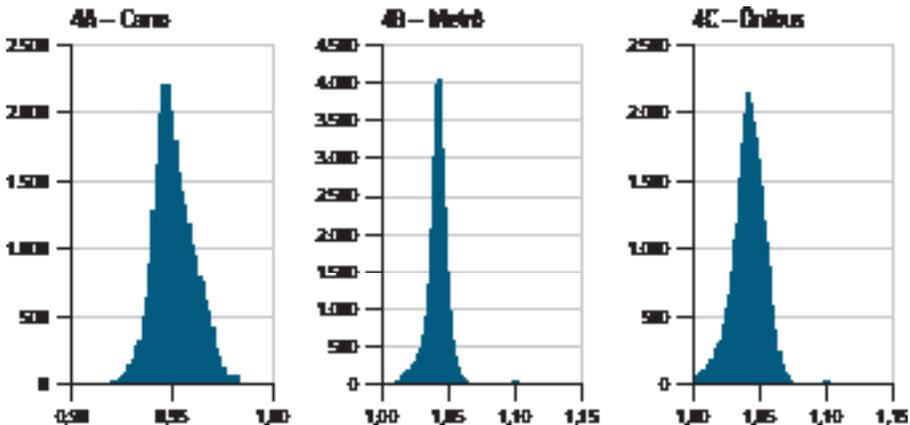
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo analisa fatores que influenciam a demanda por três meios de transporte na RMSP, quais sejam: carro, ônibus e metrô. O objetivo principal do estudo é determinar quais ações do poder público são eficientes para reduzir o uso do carro e incentivar a demanda por ônibus e por metrô, embasado na teoria de que meios de transporte coletivo reduzem o número de veículos em circulação, em função de sua maior densidade demográfica por deslocamento, beneficiando o trânsito. Para tanto, estima-se um

20. O centro expandido é a região onde ocorre o rodízio de veículos.

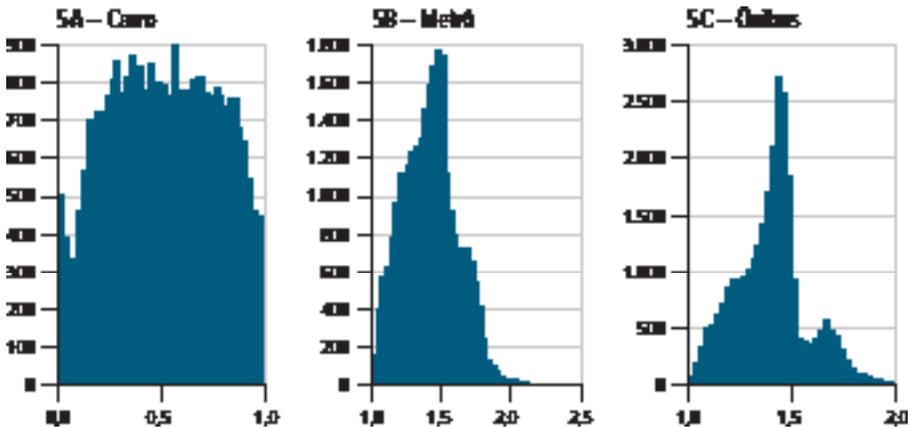
modelo *logit* usando dados agregados de escolha de meio de transporte. Com base nesses resultados, determinamos os efeitos de alterações nas variáveis explicativas sobre a probabilidade de escolha de um determinado meio de transporte.

GRÁFICO 4
Pedágio urbano de 1 real – heterogeneidade



Elaboração própria.

GRÁFICO 5
Pedágio urbano de 5 reais – heterogeneidade



Elaboração própria.

A análise dos efeitos das variações de características dos meios de transporte sobre a probabilidades da escolha desse meio traz resultados importantes. Com relação a mudanças na infraestrutura – corredores de ônibus e estações de metrô – temos duas conclusões importantes. Primeiro, a construção de corredores de ônibus pouco aumenta o uso do ônibus. A construção de um novo corredor

de ônibus afeta menos de 5% das escolhas do usuário. A construção de um corredor de ônibus deve provocar uma melhora na qualidade da viagem dos que já escolhiam o ônibus, mas não atrai um número significativo de novos usuários. Portanto, os resultados mostram que não é um instrumento eficaz para reduzir o congestionamento. Segundo, a construção de estações de metrô ligando duas regiões eleva o uso tanto do metrô quanto o do ônibus, em detrimento do carro. Além disso, o efeito dessa mudança na escolha das pessoas é substancialmente maior do que o de corredores de ônibus, o que aumenta em 14% e 9% a parcela daqueles que escolhem o metrô e o ônibus, respectivamente, e reduzindo em 12% o uso do carro. É uma mudança significativa na escolha do meio de transporte, mas ainda tímida para reduzir o trânsito na cidade, se comparada ao rodízio de veículos que retira cerca de 20% dos carros de circulação a cada dia da semana.

Com relação a políticas de preço, uma primeira inspeção das elasticidades estimadas indica pouca sensibilidade a preço e baixa substitutabilidade entre os três meios analisados. No entanto, a simulação de um pedágio urbano mostra que mesmo uma taxa de somente 1 real já teria um impacto de 5% sobre o número de carros particulares em circulação. E, surpreendentemente, um pedágio que cobrasse 5 reais dos carros que circulassem no centro expandido geraria uma redução de 50% no número de veículos circulando por toda a cidade. Esses resultados indicam que políticas de preço podem ser efetivas para a redução do trânsito, se cobrarem um preço suficientemente alto. A dicotomia entre elasticidade-preço baixa e o forte efeito do pedágio reside no baixo custo marginal do uso do carro.

Embora os resultados obtidos sejam esclarecedores, o modelo não esgota as possibilidades de estudo, podendo sofrer melhorias consideráveis. Uma primeira limitação é a utilização de dados agregados, obrigando uma modificação para a estimação utilizando *logit*, enquanto uma estimação utilizando microdados para a RMSP automaticamente se adequaria ao modelo e enriqueceria a análise. Além desse problema, algumas variáveis importantes utilizadas são aproximações, em função da inexistência de dados mais exatos, que, caso pudessem ser utilizados, certamente agregariam informações relevantes. Por fim, a redução na intensidade do uso do carro em favor do ônibus, devido a uma política pública como o pedágio urbano, por exemplo, afeta a qualidade do meio ônibus, algo que nosso modelo não capta. Incorporar isso nos permitiria analisar o equilíbrio geral do sistema de transporte.

APÊNDICE

ADEQUAÇÃO DE DADOS AGREGADOS AO MODELO

A utilização de dados agregados no *logit* multinomial exige uma adequação ao modelo, uma vez que *a priori* este trabalha com decisões binárias que assumem os valores 1 ou 0, dependendo da escolha do indivíduo. Para dados agregados, a informação de não escolher uma opção não é observada, sendo apresentadas apenas as quantidades de escolhas realmente feitas.

Uma vez que modelos *logit* baseiam-se na probabilidade de escolha de uma decisão, a quantidade de escolhas por uma opção, em relação ao total feito para todas as opções, pode ser utilizada como aproximação para sua própria probabilidade. Mas em vez de usar a quantidade de viagens para calcular o *share* ou probabilidade de cada alternativa, simulamos o número de indivíduos que fizeram as viagens da rota. O exemplo a seguir deve ajudar na compreensão desse argumento.

TABELA A.1
Dados agregados

Opção	Viagens
Carro	5
Ônibus	25
Metrô	10

Elaboração dos autores.

Nos dados da tabela A1, 5 indivíduos optam por carro, 25 por ônibus e 10 por metrô. As probabilidades de escolha de cada opção são 12, 5%, 62, 5% e 25%, respectivamente. Usando as características dessa rota e do indivíduo médio que nela trafega, simulamos 5 indivíduos que optam pelo carro, 25 que escolhem o ônibus e 10, o metrô. Isso nos permite estimar o *logit* multinomial com dados agregados

Outro ponto importante que merece esclarecimento é como as características de cada observação comporta-se com a mudança da escolha. Características observadas do indivíduo médio não se alteram entre diferentes opções, enquanto características de cada opção obviamente se alteram conforme a escolha muda. Uma vez que os dados são agregados, uma observação é repetida o número total de opções existentes para o grupo de indivíduos, de tal forma que um total de n observações iniciais totalizam $(n \cdot J)$ observações para um conjunto J de opções disponíveis.

MODELO ALTERNATIVO

Como um teste de robustez, estimamos um *logit* multinomial. Esse modelo utiliza somente variáveis explicativas que são constantes entre as opções em uma rota: metrô, carro e ônibus. Como o custo, o tempo de viagem e o fluxo variam entre as opções, essas variáveis não entram nessa estimação. Esse modelo usa decisões individuais, e nossa base de dados é agregada por rota. Para viabilizar a estimação fizemos uma adequação dos dados, descrita a seguir.

Os resultados são apresentados na tabela A2, lembrando que ônibus é a categoria base. Esse modelo permite-nos ter uma primeira impressão do efeito que a existência de estação de metrô e corredor de ônibus tem na demanda por cada meio de transporte. Como esperado, os resultados mostram que corredores de ônibus impactam negativamente a probabilidade de que o carro e o metrô sejam o meio de transporte escolhido. Da mesma forma, estações de metrô reduzem a chance de uso do carro, mas aumentam a probabilidade de escolha do metrô.

TABELA A.2
Modelo *logit* multinomial

Meio de referência: ônibus					
Carro					
Variável	Coefficiente	Desvio-padrão	z	P > z	$e^{\beta(A B)_m \theta}, \theta = 1$
<i>corredor_corredor</i>	-0,1158	0,0052	-22,41	0,000	0,8907
<i>estacao_estacao</i>	-0,0162	0,0108	-1,51	0,132	0,9839
<i>rodizio</i>	0,0391	0,0047	8,33	0,000	1,0399
<i>distr_renda</i>	-0,0441	0,0247	-1,78	0,075	0,9568
<i>renda_percapita</i>	0,5973	0,0043	138,76	0,000	1,8173
<i>distancia</i>	-0,0733	0,0004	-200,16	0,000	0,9293
<i>constante</i>	0,1426	0,0192	7,43	0,000	1,1532
Metrô					
Variável	Coefficiente	Desvio-padrão	z	P > z	$e^{\beta(A B)_m \theta}, \theta = 1$
<i>corredor_corredor</i>	-0,7455	0,0135	-55,30	0,000	0,4745
<i>estacao_estacao</i>	1,7526	0,0132	132,68	0,000	5,7697
<i>rodizio</i>	1,5978	0,0127	125,91	0,000	4,9420
<i>distr_renda</i>	2,9035	0,0825	35,20	0,000	18,2381
<i>renda_percapita</i>	0,4916	0,0107	45,94	0,000	1,6349
<i>distancia</i>	-0,0850	0,0009	-89,56	0,000	0,9185
<i>constante</i>	-5,1853	0,0657	-78,96	0,000	0,0056

Elaboração própria.

Obs.: Número de observações: 1.164.549.

MULTICOLINEARIDADE DA VARIÁVEL TEMPO

A variável tempo de viagem apresentou problemas na estimação do modelo. Nossa suposição é que o tempo médio é função de algumas das variáveis explicativas, o que pode gerar um problema de multicolinearidade. Para testar essa hipótese, regredimos a variável tempo médio nas variáveis corredor, estação, distância e fluxo. Isso nos permite analisar se é correto incluir todas as variáveis no modelo. O resultado é apresentado na tabela.

TABELA A.3
Modelo OLS para tempo médio (neg)

	Carro		Metrô		Ônibus	
	Coefficiente	t	Coefficiente	t	Coefficiente	t
<i>corredor</i>	1,4499	173,08	-0,1224	-0,61	2,0871	104,15
<i>estacao</i>	0,7064	42,88	-42,3135	-267,03	-1,2069	-27,18
<i>distancia</i>	2,4858	3.330,85	3,1228	111,99	3,9628	2.908,44
<i>fluxo</i>	-0,0033	-49,21	-0,3066	-57,38	0,0699	486,55
<i>constante</i>	-0,9195	-155,80	49,3015	361,03	-1,3965	-100,45
<i>nº. de obsevações:</i>	595.288		59.714		509.547	
<i>Prob > F:</i>	0,0000		0,0000		0,0000	
<i>R² ajustado:</i>	0,9771		0,6635		0,9815	

Elaboração própria.

Ob.: A regressão acima permite concluir que inserir as variáveis *tempo_medio*, *corredor_corredor*, *estacao_estacao*, *distancia* e *fluxo* não devem aparecer simultaneamente no modelo.

REFERÊNCIAS

- ALBALATE, D.; BEL, G. What shapes local public transportation in Europe? Economics, mobility, institutions, and geography. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 46, n.5, p. 775-790, 2010.
- BERRY, S. T.; LEVINSOHN, J.; PAKES, A. Automobile prices in market equilibrium. **Econometrica**, v.63, n. 4, p. 841-890, 1995.
- BERRY, S. T. Estimating discrete-choice models of product differentiation. **The Rand Journal of Economics**, p. 242-262, 1994.
- ENAM, A.; CHOUDHURY, C. F. Methodological issues in developing mode choice models for Dhaka, Bangladesh. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2.239, n. 1, p. 84-92, 2011.
- LUCINDA, C. *et al.* The economics of sub-optimal policies for traffic congestion. Insper **Working Paper**, 2015.

MCFADDEN, D. The measurement of urban travel demand. **Journal of Public Economics**, v. 3, n. 4, p. 303-328, 1974.

NEVO, A. A practioner's guide to estimation of random-coefficients logit models of demand. **Journal of Economics and Management Strategy**, Winter, v. 9, n. 4 p. 513-548, 2000.

SOUICHE, S. Measuring the structural determinants of urban travel demand. **Transport Policy**, v. 17, n. 3, p. 127-134, 2010.

TRAIN, K. A validation test of a disaggregate mode choice model. **Transportation Research**, v. 12, n. 3, p. 167-174, 1978.

