

Demanda por Meios de Transporte na Grande São Paulo: Uma Análise de Políticas Públicas

Carlos Eduardo M. Lopes

Rodrigo Menon S. Moita

Demanda por Meios de Transporte na Grande São Paulo: Uma Análise de Políticas Públicas

Carlos Eduardo M. Lopes* Rodrigo Menon S. Moita†

July 15, 2013

Abstract

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 *logit* 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 de usuários do ônibus para metrô e carro. Por outro lado, políticas que afetam o custo de uso do carro se mostraram mais eficazes. Simulações feitas sobre a introdução de um pedágio urbano mostram que a cobrança de pequenas taxas causariam 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 6% e 28%, respectivamente.

Palavras Chave: estimação de demanda, logit, trânsito, pedágio urbano.

JEL Codes: C25, R41, R48

*Metrô (ce.morotti@uol.com.br)

†Insper (rodrigomsm@insper.edu.br)

1 Introdução

O presente artigo trata do problema do trânsito na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).¹ 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. 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 nesta estimação, 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* onde 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 nos referimos especificamente à construção de estações de metrô e corredores de ônibus. Por políticas de preço nos referimos a imposto sobre o uso do carro, também conhecido como pedágio urbano. Os resultados mostram que a construção de corredores de ônibus não altera a escolha do meio de transporte. Já a construção de estações de metrô ligando uma rota na cidade de São Paulo diminui a probabilidade do uso do ônibus, e eleva as probabilidades dos usos do metrô e, surpreendentemente, do carro.

Por outro lado, políticas de preços mostram-se mais eficazes. Um pedágio urbano que custe 1 real reduz o trânsito em 6% se for cobrado somente dos motoristas que circulem pelo centro expandido da cidade, e 12% se for cobrado dentro de toda a cidade.² Da mesma forma, um pedágio de 5 reais no centro expandido ou em toda cidade reduz o trânsito de carros em 26% e 58%, respectivamente.

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

¹A Região Metropolitana de São Paulo, também conhecida como Grande São Paulo, é composta por 39 municípios, dentre 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 (<http://www.stm.sp.gov.br/index.php/rmas-de-sao-paulo/rm-de-sao-paulo>).

²Para uma descrição do rodízio de veículos, ver *website* <http://www.cetsp.com.br/consultas/rodizio-municipal/como-funciona.aspx>.

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 2020³ em 1999, seu sucessor o Pitu - 2025⁴ em 2006 e o projeto *Expansão SP*⁵ em 2007. Os montantes envolvidos nos planos e no projeto não eram mais expressivos apenas que a preocupação em planejar políticas públicas para uma região tão importante e imprevisível quanto a RMSP. 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) estas 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 particulares⁶.

³A apresentação do programa está disponível em <http://www.stm.sp.gov.br/index.php/pitu-2020>.

⁴A apresentação do programa é disponibilizada em <http://www.stm.sp.gov.br/index.php/planos-e-projetos/sumario-executivo/2114-pitu-2025-sumario-executivo>.

⁵Informações 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 conteúdo sobre o mesmo. O endereço oficial era <http://www.expansao.sp.gov.br/>.

⁶A Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos de São Paulo disponibiliza uma apresentação que expõe, visualmente, o benefício dos transportes coletivos para o trânsito, em

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. Muito embora seja um tema muito discutido, a questão do trânsito na Grande São Paulo é estudada quase que exclusivamente sob a óptica social, e eventualmente sob uma óptica 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 [6] 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 cidade⁷. Em resumo, o texto do autor se destaca por abordar o tema de maneira clara e objetiva, mantendo o teor socio-político comum à questão.

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 [7] analisa o sistema de transporte de 100 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 das cidades pertencerem a diferentes grupos de países e culturas.

Seguindo a mesma linha de análise, Albalade e Bel [1] restringem sua análise de oferta e demanda de transporte a algumas cidades européias. 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, car-

<http://www.stm.sp.gov.br/images/stories/publicacoes/APM3.pdf>.

⁷Esta hipótese inclusive está presente nos valores apresentados pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. Ver nota de rodapé 3.

acterísticas geopolíticas das cidades, como o fato da 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 [3], 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* [5] e em Train e *A Validation Test of a Disaggregate Mode Choice Model* [8]. 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, procurando obter dados que permitam inferências sobre esta última. Então, 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 parte

deste 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.

Esse artigo se divide da seguinte forma: a seção seguinte 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

A análise será feita mediante um modelo de escolha discreta para a estimação da participação de diferentes meios de transporte na demanda total da RMSP. O objetivo desse método é entender o que leva a um determinado comportamento por parte dos consumidores considerando 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. A opção por um modelo de escolha discreta traz consigo o benefício da utilização de dados agregados, mediante a enumeração das decisões possíveis e do cálculo da probabilidade de ocorrerem. Com isso, a ausência de microdados para a análise da escolha dos indivíduos não impossibilita a aplicação do modelo, uma vez que as informações de uma dada rota podem ser tratadas como sendo o conjunto de informações de um grupo semelhante de indivíduos.

Por outro lado, o uso de um modelo discreto impõe duas restrições que devem ser consideradas para os dados utilizados neste artigo. 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, sendo a soma de suas respectivas probabilidades unitária.

Assumindo que os dados utilizados adequam-se a estas duas restrições e que representam corretamente a escolha dos indivíduos, esta será baseada na utilidade obtida em cada meio de transporte disponível, tendo como objetivo maximizá-la. Assim, a utilidade para cada indivíduo é dada por:

$$u_{i,j}(\kappa_i, x_j, \varepsilon_{ij}; \theta) \quad (1)$$

Onde κ_i é um vetor de características do indivíduo i , x_j é um vetor de características observadas do meio de transporte j , ε_{ij} representa um termo idiossincrático e não-observável de preferência do indivíduo i em relação ao meio de transporte j e $\theta = [\alpha \beta]$ é um vetor de parâmetros.⁸ Assumindo uma função utilidade linear podemos, então, escrevê-la da seguinte forma:

$$u_{i,j} = \kappa_i \alpha + x_j \beta + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Ao assumir que os termos de preferência idiossincrático ε_{ij} são não-correlacionados entre os meios de transporte para um mesmo indivíduo e entre indivíduos, e também distribuídos com uma distribuição de valor extremo do tipo I, chegamos no modelo *logit*. Assim, com $J + 1$ meios de transportes disponíveis para o indivíduo i temos:

$$\begin{aligned} u_{i0} &= \kappa_i \alpha + x_0 \beta + \varepsilon_{i0} \\ u_{i1} &= \kappa_i \alpha + x_1 \beta + \varepsilon_{i1} \\ &\vdots \end{aligned}$$

⁸ ε_{ij} é não-observável do ponto de vista do econometrista. O agente faz a sua escolha conhecendo esse valor.

$$u_{iJ} = \kappa_i \alpha + x_J \beta + \varepsilon_{iJ}$$

Em que o indivíduo escolhe o meio de transporte que fornece a maior utilidade possível, ou seja, aquele que resolve $\max_j \{u_{i,j}, j = 0, 1, \dots, J\}$.

Nota-se que algumas covariadas variam entre as opções de transporte enquanto outras são fixas para um mesmo indivíduo. Essa composição de características identificam o modelo conhecido como *mixed logit*.⁹ Para a aplicação no artigo, as opções de meios de transporte foram restringidas a três principais meios: carro, metrô e ônibus.

Os dados disponibilizados para a demanda por meio de transporte na RMSP são dados agregados por regiões¹⁰, desta forma a escolha de cada indivíduo não pode ser observada. Para adequar o modelo aos dados agregados, consideramos um indivíduo representativo de cada região, bem como características representativas dela própria expressas no conceito de rota. Como exemplo, para a renda per capita do modelo é obtida da média das rendas informadas pelos indivíduos da região de origem; por sua vez, distribuição de renda é calculada através de uma fórmula específica que permita representar a região em análise.

Utilizar a idéia de indivíduo e rota médios impõe a idéia de que são justamente as características não observáveis do modelo que leva o usuário a escolher entre diferentes meios de transporte. Em outras palavras, um mesmo indivíduo representativo pode escolher diferentes meios de transporte, ainda que com as mesmas características observadas, pois suas próprias características não observáveis, as de sua rota e as de outros fatores não considerados no modelo alteram sua decisão. Logo, κ_i é constante dentro de uma mesma rota m , e definido como $\bar{\kappa}_m$.

Definindo $\delta_{jm} = \bar{\kappa}_m \alpha + x_j \beta$, podemos reescrever a utilidade do indivíduo i como sendo:

$$u_{ij} = \delta_{jm} + \varepsilon_{ij} \tag{3}$$

⁹Há uma certa confusão desse modelo com um modelo *logit* de coeficientes aleatórios, também chamado de *mixed logit*. Aqui o *mixed* se refere ao fato de que este modelo mistura o *logit* condicional (somente covariadas que variam entre as opções do indivíduo) e o *logit* multinomial (somente covariadas constantes entre as opções).

¹⁰O conceito de região utilizado, denominado zona, bem como o de rota, encontram-se no item 3.3.

Assumindo uma distribuição de valor extremo para ε_{ij} e sendo Y a escolha do meio de transporte, a forma analítica para a escolha de cada meio j será dada por ¹¹:

$$Prob(Y = j) = P_j = \frac{e^{\delta_{jm}}}{\sum_{k=0}^J e^{\delta_{km}}} \quad (4)$$

A expressão acima determina um modelo *mixed logit*, no qual os indivíduos possuem uma gama de $J + 1$ opções.

2.2 Adequação de dados agregados ao modelo

A utilização de dados agregados no *logit* 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 utilizado como aproximação para sua própria probabilidade. Mas ao invés 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.¹² O exemplo da tabela 1 deve ajudar na compreensão desse argumento.

Nos dados da tabela 1, 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 soluciona dois problemas. Primeiro, nos permite estimar o *logit* com dados agregados e, segundo, dá pesos diferentes para diferentes rotas. Esse

¹¹A obtenção da forma analítica pode ser encontrada em Greene [4] e Wooldridge [9].

¹²Com uma abordagem diferente, Berry [2] estima um *logit* agregado usando informações das quantidades demandadas.

Tabela 1:Exemplo com dados agregados

Opção	Viagens
Carro	5
Ônibus	25
Metrô	10

Fonte: Elaboração própria.

segundo ponto é importante pois há grande variação entre o número de viagens em cada rota. Essa metodologia dá um peso maior para as rotas mais movimentadas.

Em função dos pesos dados a cada escolha, baseados na quantidade de viagens de cada meio, o número de observações da estimação difere do da amostra. Na prática, o *logit* usa a frequência de opções feitas por cada escolha como peso, e trabalha com um número de observações fictício: no exemplo, embora a informação utilizada seja de apenas três observações, o modelo assume um total de 40, com 10 escolhas individuais para a opção *Metrô*, 25 para *Ônibus* e 5 para *Carro*.

Por fim, um ponto importante que merece maior atenção é como as características de cada observação se comportam com a mudança da escolha. Seguindo o conceito de *mixed logit* apresentado no item 2.1, características observadas do indivíduo médio não se alteram entre diferentes opções (*logit* multinomial), enquanto características de cada opção obviamente se alteram conforme a escolha muda (*logit* condicional).

3 Dados

A principal fonte 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, permitindo 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 ?? mostra o mapa de zoneamento segundo a pesquisa, base para a

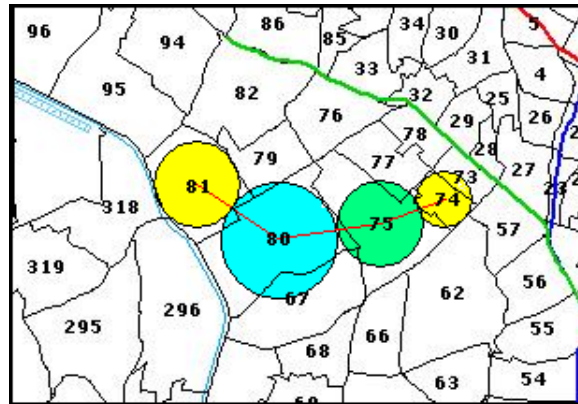
determinação das rotas, a unidade chave desse estudo.

(FIGURA 1 OMITIDA POR EXCESSO DE TAMANHO)

A Figura ?? permite uma melhor compreensão dos conceitos de zona e rota utilizados. Uma zona é composta por um ou mais bairros, e os dados informados sobre ela representam os valores médios de todas as residências e vias pertencentes a ela¹³. 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 $n = 460 \times 460 = 211.600$.

Procurando esclarecer o conceito de rota, a Figura 1 abaixo 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 desta rota baseiam-se em características da zona de origem e, para algumas variáveis, como trânsito, em características da zona de destino.

Figure 1: Exemplo de rota entre zonas



Fonte: Pesquisa Origem e Destino 2007.

¹³Uma breve explicação de como é feito o zoneamento pode ser encontrada na Pesquisa Origem e Destino: Síntese das Informações (http://www.metro.sp.gov.br/empresa/pesquisas/od_2007/teod.asp).

Dos dados disponibilizados pela pesquisa, as informações utilizadas para o artigo são:

1. Tempo médio de viagem por modo de transporte, em minutos;
2. Distância percorrida para cada possível rota, em quilômetros;
3. Zonas que possuem estações de metrô e corredores de ônibus, de acordo com o mapa de zoneamento;
4. Zonas pertencentes apenas à cidade de São Paulo, também segundo o mapa de zoneamento;
5. 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 a renda, ambas adimensionais;
6. Demana total por meio de transporte ao longo da rota, por zona;
7. Zonas pertencentes a área em que se aplica o rodízio municipal de veículos na cidade de São Paulo; e
8. 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. Desta 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 desta classificação é se adequar 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: (a) modo coletivo: metrô, trem, ônibus, transporte fretado, transporte escolar e lotação; (b) modo individual: dirigindo automóvel, passageiro de automóvel, táxi, motocicleta e outros; e, (c) 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 através 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 1. Seguindo este 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 baseou-se 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, baseado no mesmo mapa e nas informações disponibilizadas pela empresa São Paulo Transporte (SPTrans) acerca

dos corredores de ônibus da cidade¹⁴, 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 a 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 era interligadas em 2007. ¹⁵A afirmação acerca da importância destas 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.

Foi criada uma dummy (*rodizio*) para as rotas que estão dentro da área do rodízio 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 em todas as viagens não referentes ao deslocamento em análise, ou seja, quantas pessoas, ou carros, no caso do meio de transporte particular, fazem uso deste meio em cada zona pertencente a uma rota. O objetivo desta variável é justamente incorporar à regressão o efeito que a demanda por cada meio tem sobre a própria escolha pela transporte. Na prática é uma aproximação para o

¹⁴Um mapa dos corredores de ônibus da cidade de São Paulo está disponível no site da SPTrans (<http://www.sptrans.com.br/terminais/corredores.aspx>).

¹⁵Existe 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. Desta forma, a utilização dos dados considerando todos os corredores conectados continua válida.

¹⁶Disponível e explicado no site da Companhia de Engenharia de Tráfego - CET (<http://www.cetsp.com.br/consultas/rodizio-municipal/como-funciona.aspx>).

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, procurando evitar qualquer problema de endogeneidade.

Procurando auferir o efeito da renda dos indivíduos sobre sua escolha de meio de transportes, uma variável foi incluída no modelo exatamente como apresentada na Pesquisa Origem e Destino, sendo a renda *per capita* (**renda_percapita**) média da zona em milhares de reais. Além dela, incluímos a variável distribuição de renda (**distr_renda**) de uma zona. Uma zona com elevada renda *per capita* pode mascarar uma disparidade econômica severa, por exemplo, com a utilização esperada de veículos particulares sendo muito inferior à realidade; o contrário, obviamente, também pode ocorrer, e uma zona com baixa renda *per capita*, mas boa distribuição de renda, apresentar uma quantidade de viagens de carro muito superior à esperada. Para auferir a distribuição de renda das diferentes regiões, fez-se uso dos dados da Pesquisa Origem e Destino e da metodologia de cálculo do Coeficiente de Gini.¹⁷

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.¹⁸ 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 neste mesmo período. Estes últimos demandaram ponderações das possibilidades de escolha dos usuários: 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 deste deslocamento ser feito uti-

¹⁷O Coeficiente de Gini é uma medida de desigualdade em que o índice da região analisada varia entre 0 e 1, em que a distribuição de renda melhora à medida que o índice aproxima-se de 0.

¹⁸O preço médio da gasolina em São Paulo na data considerada é disponibilizado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em <http://www.anp.gov.br/preco/>.

lizando 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 3 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 2¹⁹.

4 Resultados

4.1 Modelos estimados

Para uma análise preliminar estimamos um *logit* multinomial. Esse modelo utiliza somente variáveis explicativas que são contantes 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. Os resultados são apresentados na tabela 1, lembrando que ônibus é a categoria base.

Esse modelo nos permite 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, exibidos na tabela 3, mostram que corredores de ônibus impactam negativamente a probabilidade 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.

O passo seguinte é estimar um modelo que contenha todas as variáveis de interesse: tanto as constantes por rota, como as que variam entre as opções de uma rota. Foi estimado um *mixed logit*, onde ambos os tipo de variáveis entram na estimação.

Foram incluídos efeitos fixos de rota.²⁰ Portanto, as variáveis fixas dentro de uma rota foram interagidas com *dummies* de meio de transporte, tanto para que modelo fosse identificado quanto para que o efeito dessas variáveis fosse diferenciado entre os distintos meios de transporte. Os resultados são exibidos na tabela 4.

¹⁹Um exemplo simplificado da base de dados, para melhor compreensão, encontra-se no apêndice (Apêndice A).

²⁰A estimação foi feita com o *software* Stata usando-se o comando *clogit*. Quando esse comando é usado o Stata automaticamente inclui *dummies* para cada rota.

Podemos ver que o sinal das variáveis tempo médio e fluxo é positivo, diferente do esperado. Nossa suposição é que o tempo médio é função de algumas das variáveis incluídas no modelo, o que pode gerar um problema de multicolinearidade. Para comprovar, regredimos a variável tempo médio nas variáveis `corredor_corredor`, `estacao_estacao`, `distancia` e `fluxo`. Isso nos permite analisar se é correto incluir todas as variáveis no modelo. Os resultados dessa regressão são apresentados na tabela 5.

A regressão apresentada na tabela 5 permite concluir que inserir as variáveis `tempo_medio`, `corredor_corredor`, `estacao_estacao`, `distancia` e `fluxo` não devem aparecer simultaneamente no modelo. Assim, o modelo que contém todas as possíveis variáveis não é adequado. A tabela 6 apresenta os resultados da estimação sem a variável tempo médio.

A análise dos resultados da próxima subseção se baseia nos resultados da tabela 6.

4.2 Análise dos resultados obtidos

Dividimos a análise em duas partes: a análise de mudanças na infraestrutura de transporte, e da sensibilidade da demanda em relação aos preços dos meios de transporte. Essa divisão se deve ao fato de que obras de infraestrutura e políticas de preço, como por exemplo o pedágio urbano, 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.

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.²¹ Os resultados da razão, com relação a existência de corredores de ônibus e estações de metrô, são apresentados na tabela 7. Note que θ é uma variável binária, que representa a existência de corredores ou estações de metrô.

Os resultados indicam que a implantação de um corredor de ônibus tem pouco impacto na escolha do meio de transporte. Eleva marginalmente o uso do ônibus - em cerca de 0,2% quando comparado com o metrô, e 0,6% no caso do carro - sendo que a mudança de probabilidade não é estatisticamente diferente de zero em nenhum dos casos.

²¹Apresentadas no item **2.Métodos de análise de estimação** do Apêndice.

Conectar duas zonas com estações de metrô eleva a probabilidade do uso do metrô e, surpreendentemente, do uso do carro. Ambos os aumentos ocorrem em detrimento do uso do ônibus, ou seja, o que se observa é uma redução na probabilidade de uso do ônibus. Portanto, a substituição entre os meio de transporte que ocorre quando se constroem estações de metrô é do ônibus para metrô ou carro. Não há substituições do carro para o metrô, como seria desejável para reduzir os congestionamentos de automóveis e ônibus. A conclusão que tiramos é que é quase nulo o efeito que essas obras de infraestrutura tem sobre o trânsito de veículos.

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.²² 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, elevando a substituição do carro em prol de ônibus e metrô. Os números da tabela 7 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 melhorando 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 um rota podem estar superestimando o verdadeiro efeito.

Outro instrumento de política pública relevante são impostos que afetem 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 se aplica somente a impostos que incidam sobre o custo do uso do veículo.

Na diagonal principal da tabela 8 temos as elasticidades-preço da demanda referente ao próprio preço, e nas demais entradas as elasticidades-preço cruzadas.

As elasticidades do próprio preço são bastante baixas para carro e ônibus, 0,2 e 0,3 respectivamente, e próxima de 1,0 para o metrô. 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, entre 0,20 e 0,30, indicando baixa substitutabilidade entre os meios.

²²Esses efeitos decorrem da possibilidade da existência de colinearidade entre as variáveis explicativas.

No entanto, dado o baixo preço do uso dos meios de transportes, políticas públicas que dobrem o custo de usar o carro, por exemplo, não são implausíveis. Para termos um ideia do efeito de uma política desse tipo, simulamos a implantação de um pedágio urbano. A tabela 9 mostra o resultado de diferentes simulações, onde foram usadas diferentes taxações sobre o uso do veículo.

As simulações foram feitas considerando duas situações: um pedágio urbano que vigore na cidade todas, ou apenas no centro expandido da cidade.²³ Nas duas primeiras linhas da tabela 9 são apresentados o custo médio e a probabilidade média de escolha de cada meio sem pedágio urbano. Note que, em média, o carro é meio mais barato dentre os três, custando 1,77 reais. Ele é seguido pelo ônibus e pelo metrô, que custam 2,36 e 4,64, respectivamente. A probabilidade de escolha do carro, metrô e ônibus é 0,51, 0,17 e 0,44, respectivamente. Essas médias não capturam a forte heterogeneidade que existe entre as rotas.

Primeiro simulamos um pedágio de 1 Real por carro circulando. Isso levaria a uma redução de 12% no número de veículos circulando, caso o pedágio fosse aplicado sobre toda a área da cidade de São Paulo. Caso essa taxa só fosse cobrada dos veículos circulando no centro expandido da cidade, a queda no percentual de veículos em circulação fica em 6%. Note que um pedágio urbano de 1 Real representa um aumento de mais de 50% no custo médio de uso do carro.

Um pedágio de 5 Reais teria impacto substancialmente maior. Haveria uma queda de 56% no uso do carro, gerando um aumento da mesma magnitude no uso do metrô e do ônibus. Caso esse pedágio fosse cobrado somente no centro expandido, essa redução no uso do carro seria de 28%, com aumentos de 45% e 27% no uso do metrô e do ônibus.

As duas últimas simulações representam aumentos de 50% e 100% no custo do uso do carro. Isso tenta replicar o efeito de um imposto que fosse proporcional à distância percorrida. Podemos notar que o aumento de 50% gera uma queda de 9% no uso do carro, e aumentos de 8% e 10% no uso do metrô e ônibus. Um imposto de 100% geraria variações duas vezes maior.

Podemos concluir que apesar da baixa elasticidade-preço da demanda, mesmo um pedágio urbano que cobrasse somente 1 Real de cada veículo teria um impacto significativo sobre o trânsito. Um pedágio que cobrasse 5 Reais de quem trafegasse no centro expandido, reduziria o trânsito de carros em quase 30%.

²³O centro expandido é a região onde ocorre o rodízio de veículos.

5 Conclusão

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 coletivos reduzem o número de veículos em circulação, em função de sua maior densidade demográfica por deslocamento, beneficiando o trânsito. Para tanto, estima-se um modelo *mixed logit* usando dados agregados de escolha de meio de transporte. A partir desses resultados, determina os efeitos de alterações nas variáveis explicativas sobre a probabilidade de escolha de um determinado meio de transporte.

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 - obtém-se duas conclusões importantes. Primeiro, a construção de corredores de ônibus pouco aumenta o uso do ônibus. Não há um efeito de magnitude significativa da existência de corredores de ônibus sobre o número de usuários de cada meio. Segundo, a construção de estações de metrô ligando duas regiões eleva tanto o uso do metrô quanto o do carro, em detrimento ao do ônibus. Portanto, essa não é uma política efetiva para se reduzir o número de veículos particulares em circulação.

Com relação a políticas de preço, uma primeira inspeção das elasticidades estimadas indica pouca sensibilidade ao preço, e pouca 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 substancial sobre o número de carros particulares em circulação. Um pedágio que cobrasse 5 Reais dos carros que circulassem sobre o centro expandido implicaria em uma redução de 30% sobre o 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.

Embora os resultados obtidos sejam esclarecedores, o artigo não esgota as possibilidades de estudo, podendo sofrer melhorias consideráveis. Uma primeira é a utilização de dados agregados, obrigando ajustes nos dados para a esti-

mação 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, ainda que o número total de observações consideradas tenha sido elevado, um modelo aprimorado faria uso de um número maior de dados considerando mais informações referentes ao trajeto escolhido; desta forma, poderia ser analisado o efeito da qualidade dos sistemas em cada trecho da rota - qualidades das ruas, dos ônibus e dos trens, por exemplo -, ou mesmo quanto o desconforto pela demanda elevada por transporte coletivo implica em maiores custos para usuários e poder público ao longo de cada rota. Em resumo, o modelo utilizado, ainda que adequado aos objetivos do estudo, poderia ter sua eficiência aprimorada caso os dados fossem mais acurados, com indicações de ações para a RMSP mais adaptadas à sua realidade.

References

- [1] Daniel Albalade and Germà Bel. What shapes local public transportation in europe? economics, mobility, institutions, and geography. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(5):775–790, 2010.
- [2] Steven T Berry. Estimating discrete-choice models of product differentiation. *The RAND Journal of Economics*, pages 242–262, 1994.
- [3] Annesha Enam and Charisma F Choudhury. Methodological issues in developing mode choice models for dhaka, bangladesh. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2239(1):84–92, 2011.
- [4] William H Greene. *Econometric analysis*. Pearson Education India, 2003.
- [5] Daniel McFadden. The measurement of urban travel demand. *Journal of public economics*, 3(4):303–328, 1974.
- [6] R. G. Oliveira. Pedágio urbano: Mitos acerca do inevitável. *Boletim de informações da FIPE*, pages 21–25, 2003.
- [7] Stéphanie Souche. Measuring the structural determinants of urban travel demand. *Transport policy*, 17(3):127–134, 2010.

- [8] Kenneth Train. A validation test of a disaggregate mode choice model. *Transportation Research*, 12(3):167–174, 1978.
- [9] Jeffrey M Wooldridge. *Econometric Analysis Cross Section Panel*. MIT press, 2002.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas

	\bar{x}	d.p. (\bar{x})	mín	máx	Unidade de Medida
corredor_corredor	0,1840	0,3874	-	-	-
estacao_estacao	0,0474	0,2125	-	-	-
rodizio	0,5017	0,5000	-	-	-
distr_renda	0,7013	0,0851	0	0,80	-
custo	3,0546	2,9180	0	58,21	-
renda_percapita	0,9947	0,5651	0	2,78	R\$
distancia	7,4817	7,7966	0,32	99,80	km
tempo_medio	30,0172	30,9076	0,64	454,13	min
fluxo	98,5517	79,8886	0,25	659,99	qtd demandada

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3: Modelo *logit* multinomial

Meio de referência: ônibus					
Carro					
Variável	Coefficiente	Desvio padrão	z	$P > z $	$e^{\beta(A B)m^\theta}, \theta = 1$
corredor_corredor	-0,1158	0,0052	-22,41	0,000	0,8907
estacao_estacao	-0,0162	0,0108	-1,51	0,132	0,9839
rodizio	0,0391	0,0047	8,33	0,000	1,0399
distr_renda	-0,0441	0,0247	-1,78	0,075	0,9568
renda_percapita	0,5973	0,0043	138,76	0,000	1,8173
distancia	-0,0733	0,0004	-200,16	0,000	0,9293
constante	0,1426	0,0192	7,43	0,000	1,1532
Metrô					
Variável	Coefficiente	Desvio padrão	z	$P > z $	$e^{\beta(A B)m^\theta}, \theta = 1$
corredor_corredor	-0,7455	0,0135	-55,30	0,000	0,4745
estacao_estacao	1,7526	0,0132	132,68	0,000	5,7697
rodizio	1,5978	0,0127	125,91	0,000	4,9420
distr_renda	2,9035	0,0825	35,20	0,000	18,2381
renda_percapita	0,4916	0,0107	45,94	0,000	1,6349
distancia	-0,0850	0,0009	-89,56	0,000	0,9185
constante	-5,1853	0,0657	-78,96	0,000	0,0056
Número de observações: 1.164.549					

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4: *Mixed logit*: todas as variáveis

Meio de referência: ônibus					
Variável	Coefficiente	Desvio padrão	z	$P > z $	$e^{\beta(A B)m^\theta}, \theta = 1$
custo	-0,3852	0,0054	-71,25	0,000	0,6803
tempo_medio	0,0093	0,0003	32,84	0,000	1,0093
fluxo	0,0083	0,0001	142,85	0,000	1,0084
Dcar_corredor	0,0004	0,0053	0,07	0,941	1,0004
Dcar_estacao	0,0938	0,0109	8,57	0,000	1,0983
Dcar_rodizio	-0,0657	0,0049	-13,33	0,000	0,9364
Dcar_distrib	-0,0088	0,0248	-0,36	0,723	0,9912
Dcar_renda	0,5067	0,0044	115,27	0,000	1,6597
Dcar_distancia	0,0264	0,0017	15,52	0,00	1,0267
carro	-0,6998	0,0225	-31,14	0,000	0,4967
Dmetro_corredor	0,0077	0,0146	0,53	0,599	1,0077
Dmetro_estacao	0,2661	0,0176	15,10	0,000	1,3049
Dmetro_rodizio	0,5310	0,0137	38,71	0,000	1,7006
Dmetro_distrib	1,4040	0,0839	16,73	0,000	4,0713
Dmetro_renda	0,3212	0,0114	28,08	0,000	1,3788
Dmetro_distancia	0,1299	0,0014	90,39	0,000	1,1387
metro	-2,0533	0,0685	-29,98	0,000	0,1283

Número de observações: 2.676.431.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5: Modelo *OLS* para tempo médio

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

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6: *Mixed logit*: sem tempo médio

Meio de referência: ônibus					
Variável	Coefficiente	Desvio padrão	z	$P > z $	$e^{\beta(A B)_m^\theta}, \theta = 1$
custo	-0,2780	0,0043	-64,64	0,000	0,7573
fluxo	0,0083	0,0001	141,51	0,000	1,0083
Dcar_corredor	-0,0063	0,0053	-1,20	0,230	0,9937
Dcar_estacao	0,1063	0,0109	9,72	0,000	1,1121
Dcar_rodizio	-0,0921	0,0049	-18,95	0,000	0,9120
Dcar_distrib	0,0318	0,0247	1,29	0,199	1,0323
Dcar_renda	0,4990	0,0044	113,77	0,000	1,6471
Dcar_distancia	-0,0186	0,0010	-18,44	0,000	0,9816
carro	-0,4817	0,0215	-22,43	0,00	0,6178
Dmetro_corredor	-0,0017	0,0146	-0,12	0,906	0,9983
Dmetro_estacao	0,1097	0,0169	6,48	0,000	1,1160
Dmetro_rodizio	0,4806	0,0136	35,28	0,000	1,6170
Dmetro_distrib	1,5242	0,0841	18,13	0,000	4,5915
Dmetro_renda	0,2998	0,0114	26,22	0,000	1,3497
Dmetro_distancia	0,1051	0,0012	86,07	0,000	1,1109
metro	-1,9340	0,0686	-28,19	0,000	0,1446

Número de observações: 2.676.431.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 7: Razão entre probabilidades: corredores e estações

corredor_corredor				estacao_estacao			
A	B	$e^{\beta\theta}, \theta = 1$	$P > z $	A	B	$e^{\beta\theta}, \theta = 1$	$P > z $
Carro	- Ônibus	0,9937	0,230	Carro	- Ônibus	1,1121	0,000
Carro	- Metro	0,9954	0,748	Carro	- Metro	0,9966	0,832
Ônibus	- Carro	1,0064	0,230	Ônibus	- Carro	0,8992	0,000
Ônibus	- Metro	1,0017	0,906	Ônibus	- Metro	0,8961	0,000
Metro	- Carro	1,0046	0,748	Metro	- Carro	1,0034	0,832
Metro	- Ônibus	0,9983	0,906	Metro	- Ônibus	1,1160	0,000

Número de observações: 2.676.431.

Tabela 8: Elasticidade-preço - próprias e cruzadas

	<i>Carro</i>	<i>Ônibus</i>	<i>Metrô</i>
<i>Carro</i>	0,219	0,251	0,251
<i>Ônibus</i>	0,287	0,331	0,287
<i>Metrô</i>	0,222	0,222	1,006

Tabela 9: Pedágio Urbano

	<i>Cidade de São Paulo</i>			<i>Centro expandido</i>		
	<i>carro</i>	<i>metrô</i>	<i>ônibus</i>	<i>carro</i>	<i>metrô</i>	<i>ônibus</i>
<i>custo médio sem pedágio</i>	1,77	4,64	2,36	1,77	4,64	4,64
<i>prob. sem pedágio</i>	0,51	0,17	0,44	0,51	0,17	0,44
<i>1 Real</i>	0,45	0,19	0,49	0,48	0,19	0,46
$\Delta\%$	-0,12	0,13	0,13	-0,06	0,10	0,06
<i>5 Reais</i>	0,22	0,27	0,70	0,37	0,25	0,56
$\Delta\%$	-0,56	0,57	0,59	-0,28	0,45	0,27
<i>0,5 x custo</i>	0,46	0,18	0,48	0,48	0,18	0,46
$\Delta\%$	-0,09	0,08	0,10	-0,06	0,06	0,06
<i>1 x custo</i>	0,42	0,20	0,52	0,46	0,19	0,49
$\Delta\%$	-0,18	0,14	0,19	-0,11	0,12	0,11