

HENRIQUE MONTEIRO DE SOUZA RANGEL

**EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO
DIRETOR ESTRATÉGICO SOBRE A RENDA
POPULACIONAL DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

São Paulo
2021

HENRIQUE MONTEIRO DE SOUZA RANGEL

**EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO
DIRETOR ESTRATÉGICO SOBRE A RENDA
POPULACIONAL DA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada à Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade
da Universidade de São Paulo, como requi-
sito parcial para a obtenção do título de
bacharel em Economia.

Orientador:

Eduardo Amaral Haddad

São Paulo
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Rangel, Henrique Monteiro de Souza

Efeitos da Implementação do Plano Diretor Estratégico sobre a Renda Populacional da Região Metropolitana de São Paulo - São Paulo, 2021.

68 páginas

Área de concentração: Economia Geral

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Monografia - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo

1. Plano Diretor Estratégico; 2. Acessibilidade; 3. Renda

Dedico este trabalho à minha família, à minha namorada e aos meus amigos, pessoas mais importantes na minha vida e que estiveram sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial meus pais e minha irmã, que sempre me apoiaram em todas as decisões, mesmo as mais difíceis;

à minha namorada, com quem pretendo compartilhar e iniciar muitos outros ciclos, momentos e conquistas;

aos meus amigos do colégio, que estarão sempre entre as pessoas mais importantes da minha vida;

aos meus amigos, colegas, professores e funcionários da FAU-USP, que tiveram participação crucial na minha vida acadêmica e pessoal;

aos meus amigos, colegas, professores e funcionários da FEA-USP, que contribuíram enormemente para minha formação acadêmica, profissional e como pessoa;

aos meus amigos de outras passagens e momentos, que sempre terão um lugar especial na minha memória;

ao meu orientador, que me acompanhou e me apoiou durante boa parte de minha trajetória acadêmica, especialmente na etapa de conclusão;

aos meus colegas do Depec-Bradesco, que construíram a base para minha trajetória profissional.

“A ciência não pode resolver o mistério definitivo da natureza. E isso é porque, em última instância, nós mesmos somos parte da natureza e, portanto, parte do mistério que estamos tentando resolver”

-- Max Planck

RESUMO

EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO SOBRE A RENDA POPULACIONAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo consiste em um conjunto de diretrizes, estratégias e instrumentos que visam orientar o desenvolvimento urbano do município durante sua vigência. Sua edição mais recente foi instituída por lei municipal em 2014, tendo como uma das principais premissas a aproximação entre emprego e moradia, não apenas através da melhoria na rede de transporte metropolitano, mas também através da diversificação de centralidades que concentram regionalmente maior acessibilidade, renda e emprego. Diante de tal premissa, torna-se relevante avaliar quais os resultados efetivos e potenciais sobre variáveis econômicas de interesse, que será o objetivo desta monografia.

Para tanto, foram utilizados dados das edições de 2007 e 2017 da Pesquisa Origem e Destino, conduzida pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, que separa a Região Metropolitana de São Paulo entre diferentes zonas. Foram gerados indicadores de acessibilidade gravitacionais que ponderam o número de empregos em cada zona pelo tempo de deslocamento entre elas, com uma versão que considera todos os modais de transporte contemplados pela pesquisa, uma categoria apenas para transporte público e uma categoria apenas para transporte particular.

Em seguida, foram estimados modelos para diferentes métricas de renda, utilizando os indicadores de acessibilidade como variáveis independentes. A hipótese de endogeneidade entre tais variáveis, segundo sugerido por parte da literatura abordada, exigiu a escolha de uma variável instrumental para a reestimação dos modelos, a saber, a distância, via margens de rios, entre cada zona e o Marco Zero do município de São Paulo.

Por fim, utilizou-se o método de diferenças em diferenças, a fim de capturar os efeitos efetivos da implementação do Plano Diretor sobre a acessibilidade, em especial para modos de transporte público. A especificação utilizou como grupo de tratamento as regiões do município diretamente contempladas por dois dos principais instrumentos da legislação: as Operações Urbanas Consorciadas e os Projetos de Intervenção Urbana.

Palavras-Chave – Plano Diretor Estratégico, Operações Urbanas Consorciadas, Projetos de Intervenção Urbana, acessibilidade, renda, rede de transporte metropolitano, transporte público.

JEL – C33, C36, C52, K39, R11, R28, R41

ABSTRACT

EFFECTS OF THE STRATEGIC MASTER PLAN'S IMPLEMENTATION ON POPULATION INCOME IN SÃO PAULO METROPOLITAN REGION

The Strategic Master Plan for the Municipality of São Paulo comprises a set of guidelines, strategies and instruments that aim to guide the urban development of the municipality during its term. The Plan's most recent edition was instituted in 2014 as a municipal law, having the approximation between employment and housing as one of its main premises, not only through the improvement of the metropolitan transport network, but also through the diversification of regional centralities that condense greater accessibility, income and employment. Given this premise, it is relevant to assess the Plan's actual and potential results on economic variables of interest, which is the main objective of this monograph.

For this purpose, data from the 2007 and 2017 editions of the Origin and Destination Survey, conducted by the São Paulo's Metropolitan Company, which divides the São Paulo Metropolitan Region between different zones, was used. For each zone, gravitational accessibility indexes were generated, weighting the number of jobs in each zone by the travel time between them, with indexes that account for all transport modes considered by the research, indexes only for public transport and indexes only for private transport.

In the following steps, models for different income metrics were estimated with the accessibility indexes as independent variables. The hypothesis of endogeneity between such variables, as suggested by part of the literature, required the choice of an instrumental variable for the re-estimation of the models, namely, the river shore distance between each zone and the municipality's Zero Milestone.

Finally, the difference-in-differences method was applied in order to capture the actual effects of the Plan's implementation on accessibility, especially for public transport modes. The treatment group included the municipality's regions directly covered by two of the legislation's main instruments: Consorted Urban Operations and Urban Intervention Projects.

Keywords – Strategic Master Plan, Consorted Urban Operations, Urban Intervention Projects, accessibility, income, metropolitan transport network, public transport.

JEL – C33, C36, C52, K39, R11, R28, R41

LISTA DE FIGURAS

1	Função d com parâmetro θ especificado	20
2	Indicadores de acessibilidade geral	22
3	Indicadores de acessibilidade para transporte público	23
4	Indicadores de acessibilidade para transporte particular	24
5	Distâncias via margens de rios ao Marco Zero de São Paulo	28
6	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade geral em 2007 .	31
7	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade geral em 2017 .	31
8	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte público em 2007	32
9	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte público em 2017	32
10	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte particular em 2007	33
11	Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte particular em 2017	33
12	LISA para indicadores de acessibilidade geral	35
13	LISA para indicadores de acessibilidade para transporte público	36
14	LISA para indicadores de acessibilidade para transporte particular	37

LISTA DE TABELAS

1	Regressões MQO para Acessibilidade Geral em 2007	38
2	Regressões MQO para Acessibilidade Geral em 2017	39
3	Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Público em 2007 . . .	40
4	Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007 .	41
5	Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Particular em 2017 .	42
6	Regressões VI para Acessibilidade Geral em 2007 (1) e (2) e 2017 (3) . . .	43
7	Regressões VI para Acessibilidade por Transporte Público em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)	44
8	Regressões VI para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)	45
9	Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade geral em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)	46
10	Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade por transporte público em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)	46
11	Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade por transporte particular em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)	47
12	Regressões de Diferenças em Diferenças	48
13	Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade Geral em 2007	59
14	Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade Geral em 2017	60
15	Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2007	61
16	Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2017	62
17	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade Geral em 2007	63
18	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade Geral em 2017	64

19	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2007	65
20	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público 2017	66
21	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007	67
22	Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Particular 2017	68

SUMÁRIO

1	Introdução	12
2	Revisão de Literatura	14
3	Base de Dados e Estratégia Empírica	18
3.1	Base de Dados	18
3.2	Estratégia Empírica	19
4	Resultados	31
5	Conclusões	49
	Referências	52
	Apêndice A – Estimador de Mínimos Quadrados Ordinários	55
	Apêndice B – Estimador de Variáveis Instrumentais	57
	Apêndice C – Propriedades dos estimadores VI e MQO	58
	Apêndice D – Regressões sem significância estatística para acessibilidade	59

1 INTRODUÇÃO

A Lei Municipal nº 16.050, de 31 de julho de 2014, instituiu o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo de 2014 (PDE/2014), o qual consiste em um conjunto de diretrizes e estratégias que visam orientar o desenvolvimento urbano do município durante os 16 anos de sua vigência, atuando sobre frentes como mobilidade urbana, moradia, emprego e meio ambiente. Sua sanção revogou e substituiu a Lei Municipal nº 13.430, de 13 de setembro de 2002, que instituiu o PDE/2002.

Diante da circunstância de alta concentração de empregos e acessibilidade nas áreas centrais da cidade em detrimento das regiões periféricas (VILLAÇA, 2011), o Plano se propõe a distribuí-los de maneira mais homogênea através de eixos de transporte metropolitano, sob a premissa de reduzir as necessidades de deslocamentos e assim aproximar emprego e moradia (LAMOUR, 2018). Segundo o texto da Lei (SÃO PAULO (Município), 2014):

Art. 7º A Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico se orientam pelos seguintes objetivos estratégicos:

(...)

II - acomodar o crescimento urbano nas áreas subutilizadas dotadas de infraestrutura e no entorno da rede de transporte coletivo de alta e média capacidade;

III - reduzir a necessidade de deslocamento, equilibrando a relação entre os locais de emprego e de moradia;

Para tanto, o Plano prevê diferentes instrumentos, dentre os quais é possível destacar os Projetos de Intervenção Urbana (PIUs) e as Operações Urbanas Consorciadas (OUCs). É complementado ainda por leis auxiliares, tais como a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (SÃO PAULO (Município), 2016).

As diretrizes e objetivos do PDE/2014 contemplam, em diversas passagens, a dimensão econômica, uma vez que o Plano mede esforços ativos para incentivar o crescimento e o desenvolvimento econômico do município (SÃO PAULO (Município), 2014). Diante desta perspectiva, é pertinente questionar quais seriam os potenciais resultados das suas frentes de atuação sobre esta dimensão.

O aprimoramento na rede de transporte metropolitano está associado a maiores níveis de produto e atividade econômica (HADDAD et al., 2019). Assim, o objetivo do presente estudo será a avaliação de impactos econômicos selecionados, a nível metropolitano, decorrentes da implementação do PDE. Em especial, serão avaliados os efeitos da acessibilidade sobre métricas de renda populacional. Com isso, espera-se esclarecer, ainda que parcialmente, o potencial de desenvolvimento que a legislação possui sobre acessibilidade e variáveis econômicas de interesse.

Para tanto, utilizando-se dados das edições de 2007 e 2017 da Pesquisa Origem e Destino (OD), foram calculados indicadores de acessibilidade para as distintas regiões do município de São Paulo, ponderando disponibilidade de empregos nas zonas pelo tempo de deslocamento entre elas. Os indicadores foram diferenciados entre indicadores gerais (que consideram todos os modos de transporte considerados na pesquisa), indicadores de acessibilidade para transporte público e indicadores de acessibilidade para transporte particular. Foram também aplicadas estatísticas de econometria espacial sobre os indicadores de acessibilidade, a fim de capturar padrões na sua distribuição espacial e efeitos de autocorrelação.

Em seguida, foram estimados modelos de forma a mensurar os efeitos da acessibilidade sobre diferentes métricas de renda. Tendo em vista que, conforme sugerido por parte da literatura, tratou-se de um sistema de equações simultâneas, em que a aplicação dos indicadores de acessibilidade como variáveis explicativas poderia gerar viés dos estimadores, modelos adicionais foram estimados utilizando-se uma variável instrumental. Foram realizados testes para capturar a presença ou não de endogeneidade, bem como para identificar o método de estimação mais adequado.

Por fim, foi estimado um modelo de diferenças em diferenças a fim de avaliar os efeitos da aplicação do PDE sobre a acessibilidade. O grupo de tratamento consistiu em regiões diretamente contempladas por PIUs e OUCs, e as demais regiões constituíram o grupo de tratamento. Buscou-se, com isso, verificar se de fato a aplicação do Plano no período considerado possuiu efeito positivo e estatisticamente significativo sobre acessibilidade.

A relevância do tema se justifica pelo caráter participativo na gestão e formulação do PDE, que foi estruturada em audiências públicas, oficinas, seminários, diálogos com segmentos e consultas via plataformas digitais (GESTÃO URBANA SP, b). A presente monografia visa contribuir, portanto, para a conscientização popular sobre os potenciais que o PDE/2014 possui sobre a dimensão econômica, assim gerando insumos para elaborações e revisões futuras, bem como para o acompanhamento de sua implementação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Há extensa literatura acerca do tema de transporte no município e Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), sua articulação com a disponibilidade de emprego e renda, bem como dos seus reflexos sobre e decorrentes da desigualdade social.

Gomide (2006) discorre sobre a manifestação de desigualdades no acesso a serviços públicos essenciais, apontando para uma privação de acesso a serviços de transporte coletivo por parte de populações de baixa renda na RMSP. Segundo o autor, as consequências de tal privação incluem a falta de acesso a oportunidades e emprego, uma vez que as fricções de mobilidade impõem custos de deslocamentos para essas populações incompatíveis com sua renda.

Segundo Nigriello e Oliveira (2013), a rede de transporte metropolitano está profundamente relacionada com os padrões de uso do solo, localização das atividades e ordenação do espaço urbano. Há uma correlação inversa entre a densidade de empregos e a média dos custos generalizados de viagem, e uma nítida concentração de empregos no denominado *centro expandido*, região que também envolve a população de maior renda, a maior oferta de linhas de transporte coletivo e a mais densa estrutura viária do município. O *centro expandido* é também o principal destino da população residente nas áreas periféricas, carente de oferta de transporte de massa e empregos. Os autores apontam para a necessidade de criação de centralidades e fortalecimento das já existentes fora do *centro expandido*.

O conceito de *centro expandido* é também desenvolvido por outros autores que notam similar tendência de concentração de empregos e oportunidades na região. Villaça e Zioni (2005) analisam a relação entre a dinâmica de transportes sobre trilhos e a desigualdade na RMSP, apontando que o *centro expandido* reflete a otimização dos deslocamentos moradia-emprego pelos mais ricos em detrimento dos mais pobres¹. Assim, o abastecimento pela rede de transporte sobre trilhos não necessariamente atende à sua demanda, mas sim favorece os indivíduos e regiões de renda mais elevada.

¹Os autores definem como “os mais ricos” integrantes de famílias com renda familiar mensal superior a 20 salários mínimos e “os mais pobres” o restante da população.

As desigualdades mencionadas apresentam raízes históricas e manifestaram-se em períodos distintos ao longo do tempo. Zioni (2000) identifica quatro períodos em que se observam padrões no desenvolvimento e formação da metrópole paulistana. O primeiro (de 1900 a 1930) corresponde à cessão de um monopólio à produção do transporte público compassada a uma política de planejamento urbano orientada ao embelezamento das cidades. No segundo (de 1930 a 1965) é possível observar o papel da indústria automobilística como matriz da urbanização, momento em que o transporte coletivo se torna objeto de disputas políticas. O terceiro (1965 a 1985) é caracterizado por uma intensificação da política desenvolvimentista e dos processos de industrialização e urbanização, momento em que o transporte coletivo passa a ser considerado como setor estratégico da economia. No quarto e último (de 1985 a 1999), é possível observar o atendimento da produção dos serviços de transporte à sua rentabilidade, o que não necessariamente corresponde à sua demanda em termos de infraestrutura e abastecimento. O resultado da trajetória histórica de desenvolvimento do transporte metropolitano em São Paulo é uma acentuada segregação espacial.

Complementarmente, Zioni (2008) identifica no processo de construção histórica de São Paulo o adensamento e verticalização do *centro expandido*, além da priorização do automóvel como meio de transporte. É possível identificar uma concentração de empregos nas regiões centrais da RMSP, e a reprodução da segregação espacial pelo sistema de transportes que prioriza as viagens individuais em detrimento das coletivas, propiciando pouca qualidade aos serviços de transporte público.

Diversos são os esforços na literatura que visam quantificar a acessibilidade e o tema dos deslocamentos na metrópole. Vieira e Haddad (2015) propõem indicadores de acessibilidade para cada uma das 460 regiões do município estipuladas pela edição de 2007 da pesquisa OD, baseados na disponibilidade de empregos e tempo de deslocamento para as demais regiões. Foram calculadas duas categorias de indicadores: para transporte individual e transporte coletivo. Os autores concluem que a acessibilidade apresenta relação inversa com a distância ao centro da cidade, e que sua disposição espacial apresenta um padrão de anéis concêntricos para o transporte individual e uma estrutura alinhada com os eixos de transporte ferroviário para o transporte coletivo. Observam também que a acessibilidade está altamente associada à renda. Calculando estatísticas *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA), identificam *clusters* de concentração de alta acessibilidade nas regiões centrais da RMSP e baixa acessibilidade nas regiões periféricas.

Haddad, Vieira et al. (2015) se propõem a avaliar a valoração do tempo de viagem dos trabalhadores na RMSP, bem como seus efeitos e canais de transmissão para a economia

e, adicionalmente, as perdas econômicas decorrentes das fricções excessivas de mobilidade urbana. Através de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) e um exercício adicional de estimação do efeito do tempo despendido em deslocamentos sobre a produtividade dos trabalhadores na RMSP, os autores concluem que uma redução generalizada no tempo de viagem resultaria em um aumento na produtividade dos trabalhadores e, por consequência, um aumento no Produto Interno Bruto (PIB) a níveis municipais, regionais e nacionais.

Similarmente, Haddad et al. (2019) buscam quantificar os efeitos de uma hipotética melhoria na rede de transportes da RMSP sobre o crescimento econômico, distribuição de renda e distribuição interna de atividade econômica. Utilizando modelos de equilíbrio geral computável espacial (EGCE), os autores simulam cenários separados em duas categorias: os que consistem em intervenções de ordem infraestrutural no transporte de massa, e os que consistem em políticas de desincentivo ao uso do transporte individual. Os resultados da primeira categoria indicam que a expansão da infraestrutura de transporte tende a reduzir o tempo médio de deslocamento, assim reduzindo os custos generalizados de transporte público para indivíduos. Ainda, investimentos desta natureza tendem a aumentar o Produto Regional Bruto (PRB). Os da segunda categoria indicam que o aumento dos custos do transporte individual e, por consequência, o desincentivo de seu uso, também reduzem o congestionamento. Cabe ressaltar a observação dos autores de que leis de zoneamento e planejamento urbano possuem o potencial de reduzir as distâncias entre emprego e moradia. Outra caracterização importante é a identificação das regiões periféricas da RMSP como carentes de infraestrutura de transportes e disponibilidade de empregos, em detrimento das regiões centrais onde o oposto se verifica.

É possível verificar, portanto, que o transporte metropolitano é uma questão central na estruturação urbana do município de São Paulo e da RMSP, sendo um tema profundamente associado à produtividade, atividade e crescimento econômicos, bem como a distribuição da atividade, do emprego e da renda. É justamente essa uma das temáticas que o PDE/2014 se propõe a solucionar, incentivando o desenvolvimento ao longo de eixos de transporte metropolitano, aproximando emprego e moradia (FUNARI, 2016). Um dos dispositivos previstos na legislação para tanto, é a criação dos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana, que dentre seus objetivos, estimula o desenvolvimento ao longo dos eixos de transporte metropolitano, incentiva a criação de novas centralidades e a dispersão da oferta de emprego e renda. Segundo o texto da Lei (SÃO PAULO (Município), 2014):

Art. 75. Os eixos de estruturação da transformação urbana, defini-

dos pelos elementos estruturais dos sistemas de transporte coletivo de média e alta capacidade, existentes e planejados, determinam áreas de influência potencialmente aptas ao adensamento construtivo e populacional e ao uso misto entre usos residenciais e não residenciais.

Trata-se, portanto, de porções do território, delineadas ao longo dos eixos de transporte metropolitano, orientadas para o adensamento populacional e construtivo, além da ampliação da oferta de comércio, serviços e equipamentos públicos (BALBIM; KRAUSE, 2016). É possível observar nas diretrizes do PDE/2014, portanto, uma expressiva iniciativa de desenvolvimento ao longo dos eixos de transporte.

Há dois instrumentos essenciais e de especial interesse para os objetivos da presente monografia previstos no PDE/2014, a saber, os PIUs e as OUCs. Munidos de uma série de estudos técnicos, os PIUs têm por finalidade o ordenamento e reestruturação de áreas de interesse no município, criando mecanismos que possibilitem melhor aproveitamento da terra e infraestrutura urbana, incentivando o aumento da densidade demográfica, a criação de empregos e novas atividades econômicas (GESTÃO URBANA SP, c). As OUCs são instrumentos possíveis para a implementação de PIUs, consistindo em regras urbanísticas específicas e de incentivo ao adensamento populacional e construtivo (GESTÃO URBANA SP, a). Dentre os potenciais resultados que são possíveis pela implementação desses instrumentos, espera-se que seja possibilitado um aumento na acessibilidade das áreas por eles abrangidas.

3 BASE DE DADOS E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

3.1 Base de Dados

Foram utilizados dados das edições de 2007 e 2017 da Pesquisa OD, realizada pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô-SP)¹. O intuito da pesquisa é coletar informações sobre os padrões de deslocamentos dos indivíduos na RMSP durante um dia útil típico, por meio de diferentes modais de transporte, a fim de traçar o perfil dos fluxos de transportes na região. São consideradas tanto as viagens internas à RMSP quanto as externas, as quais incluem viagens cuja origem ou destino estão fora dos 39 municípios que compõem a região, mas cujo trajeto a atravessa, ainda que parcialmente². Os dados e relatórios gerados pela pesquisa fornecem insumos relevantes para o planejamento urbano e de transporte, bem como possibilitam simulações e a execução de modelos para prever viagens e avaliar projetos futuros para a rede de transporte metropolitano (HADDAD; BARUFI, 2017).

A pesquisa é conduzida em campo a cada dez anos, através de entrevistas com residentes da RMSP selecionados aleatoriamente, bem como passageiros não-residentes de modais de transporte que atravessam a região. A aplicação dos questionários coleta não apenas dados relacionados aos padrões de deslocamento em si, mas também dados socioeconômicos e pessoais dos respondentes. Na edição de 2007, a RMSP foi dividida em 460 zonas de pesquisa, sendo 320 pertencentes ao município de São Paulo. Na edição de 2017, há 517 zonas de pesquisa, das quais 342 pertencem ao município de São Paulo. Uma vez que há um número distinto de zonas entre as diferentes edições da pesquisa, o Metrô-SP disponibiliza uma correspondência que possibilita a comparação direta entre as edições.

¹Dados disponíveis no Portal da Transparência (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2017).

²Mais detalhes e conclusões sobre a pesquisa disponíveis no Relatório Síntese (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO; SECRETARIA ESTADUAL DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS, 2019).

Cabe destacar que as edições de 2007 e 2017 da Pesquisa OD são defasadas, respectivamente, cinco e três anos da sanção dos PDEs de 2002 e 2014. No entanto, os principais instrumentos das legislações a serem avaliados, a saber, as PIUs e as OUCs, também apresentaram defasagem em relação à sanção dos PDEs (GESTÃO URBANA SP, c, a). Será admitida a hipótese, portanto, de que as ocorrências durante os anos de defasagem são desprezíveis.

Dentre os materiais disponibilizados pelo Metrô-SP, estão incluídos os dados das respostas individuais dos entrevistados, bem como matrizes e tabelas contendo variáveis gerais agregadas para cada uma das zonas, sendo estes os dados utilizados na estratégia empírica descrita na seção a seguir.

Por fim, uma vez que a especificação dos modelos estatísticos incluiu variáveis de renda, foi utilizada a série histórica mensal do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), disponibilizada pelo Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE)³, para tratamento dos dados.

3.2 Estratégia Empírica

O objetivo final da pesquisa foi avaliar os efeitos concretos e potenciais da implementação de instrumentos do PDE/2014 sobre variáveis econômicas de interesse, em especial, a renda média das zonas da RMSP. Para tanto, foram avaliados os efeitos da implementação de instrumentos análogos presentes no PDE/2002 durante sua vigência, o que possibilitou traçar conclusões e expectativas sobre o potencial que a edição atual do PDE/2014 possui sobre as variáveis analisadas.

A primeira etapa consistiu na formulação de indicadores de acessibilidade gerais A_{it} para as n zonas da RMSP de São Paulo definidas pela Pesquisa OD no período $t = 2007, 2017$. Os indicadores consideram todos os modais de transporte contemplados pela pesquisa. A especificação utilizada foi similar à de Vieira e Haddad (2015), consistindo em uma medida de acessibilidade gravitacional que pondera o número de empregos nas diferentes zonas pelo tempo de deslocamento entre elas. Assim, a acessibilidade da zona i no período t pode ser descrita como:

$$A_{it} = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{E_{jt}}{d_{jt}} \quad (3.1)$$

³Dados disponíveis no SIDRA-IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA,).

Em que E_j é o número de empregos em cada região $j \neq i$ e d_{ij} é uma função exponencial do tempo de deslocamento s_{ij} , em minutos, entre cada par de regiões, calibrada por um parâmetro θ :

$$d_{ij} = e^{\theta s_{ij}} \quad (3.2)$$

O tempo de deslocamento foi estimado pela média aritmética entre os tempos de deslocamento declarados pelos respondentes da Pesquisa OD, que possuíam i como zona de origem e j como zona de destino. De maneira similar a Vieira e Haddad (2015), o parâmetro θ foi selecionado com a seguinte formulação, de forma a reduzir pela metade o fator de ponderação para cada hora adicional no tempo de trajeto:

$$e^{60\theta} = 2 \iff \theta = \frac{\ln 2}{60} \quad (3.3)$$

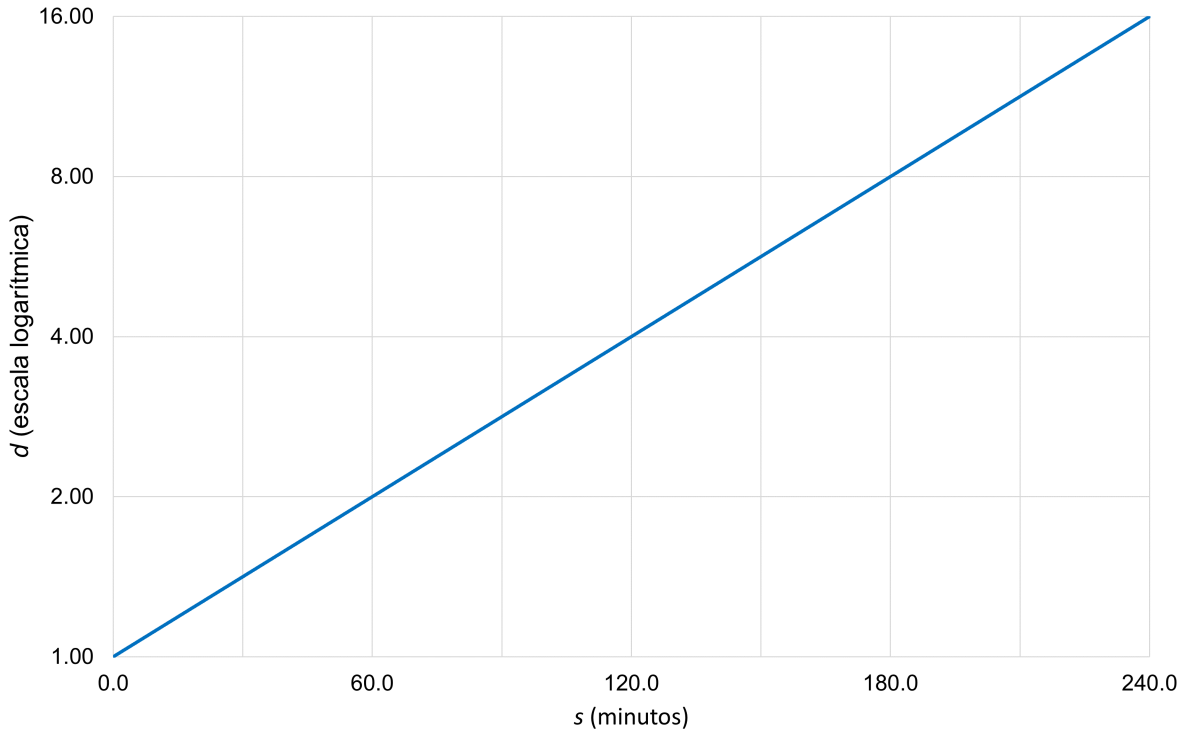


Figura 1: Função d com parâmetro θ especificado

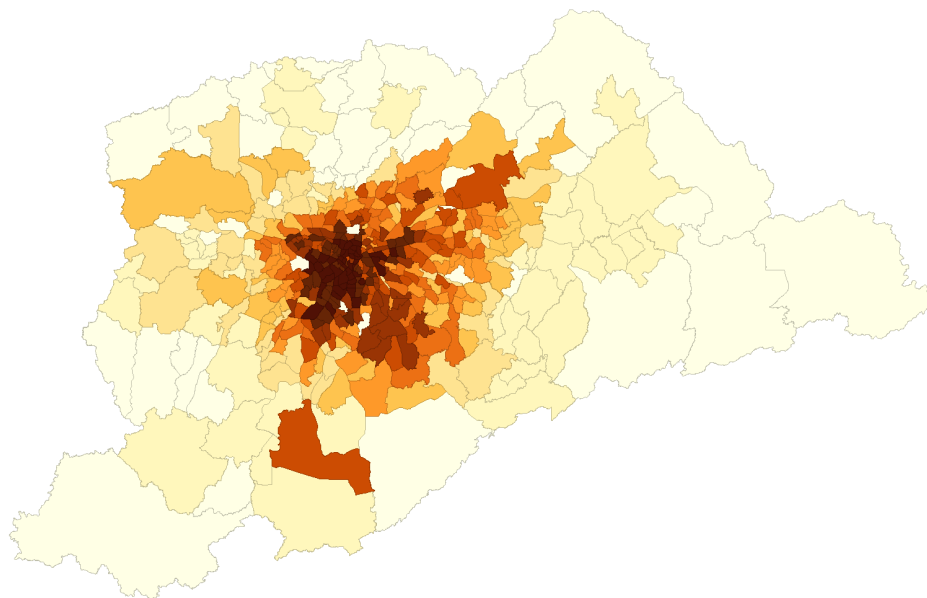
Uma limitação dos indicadores de acessibilidade gerais formulados é a de que, por considerarem todos os modais de transporte contemplados pela Pesquisa OD, não há uma diferenciação entre modais de transporte particular e transporte público. Portanto, adicionalmente, de maneira análoga a (3.1), foram calculados indicadores de acessibilidade

A_i^{PUB} para deslocamentos predominantemente via transporte público⁴ e A_i^{PART} predominantemente para transporte particular⁵.

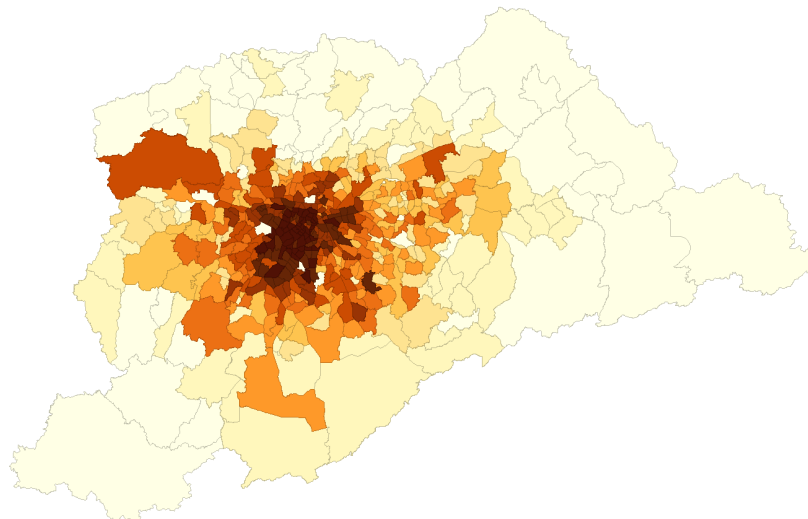
Nas figuras a seguir, podemos observar os indicadores de acessibilidade, em que as colorações mais escuras indicam zonas onde a acessibilidade é maior e colorações mais claras indicam zonas onde a acessibilidade é menor:

⁴São considerados modais de transporte público: metrô, trem, monotrilho, ônibus/microônibus/van/perua do município de São Paulo, ônibus/microônibus/van/perua de outros municípios, ônibus/microônibus/van/perua metropolitano, transporte fretado, transporte escolar.

⁵São considerados modais de transporte particular: automóvel, táxi convencional, táxi não convencional e moto.

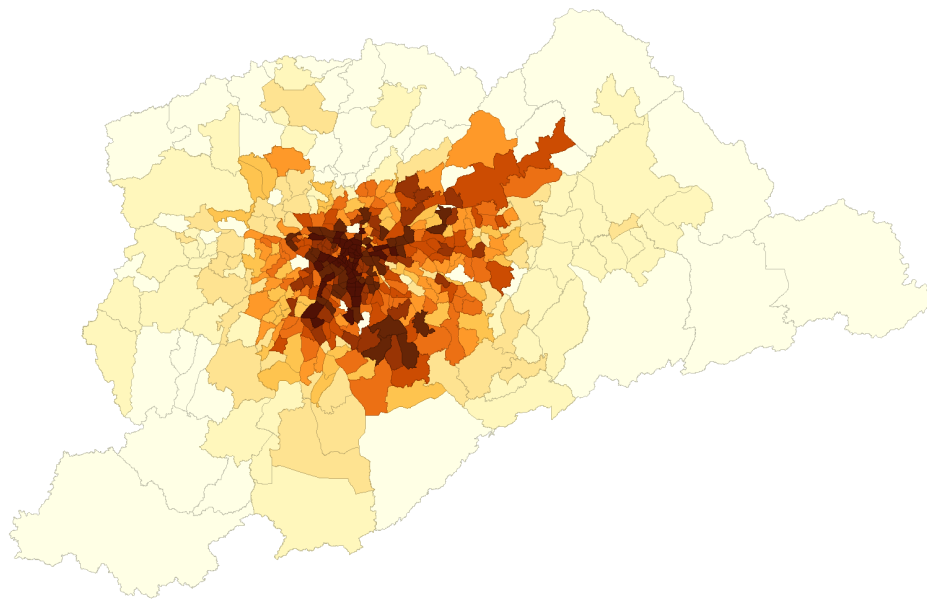


(a) 2007

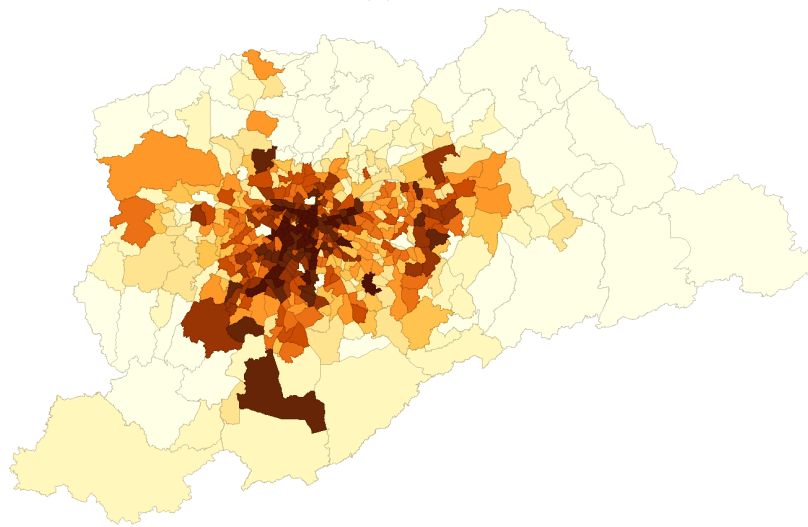


(b) 2017

Figura 2: Indicadores de acessibilidade geral

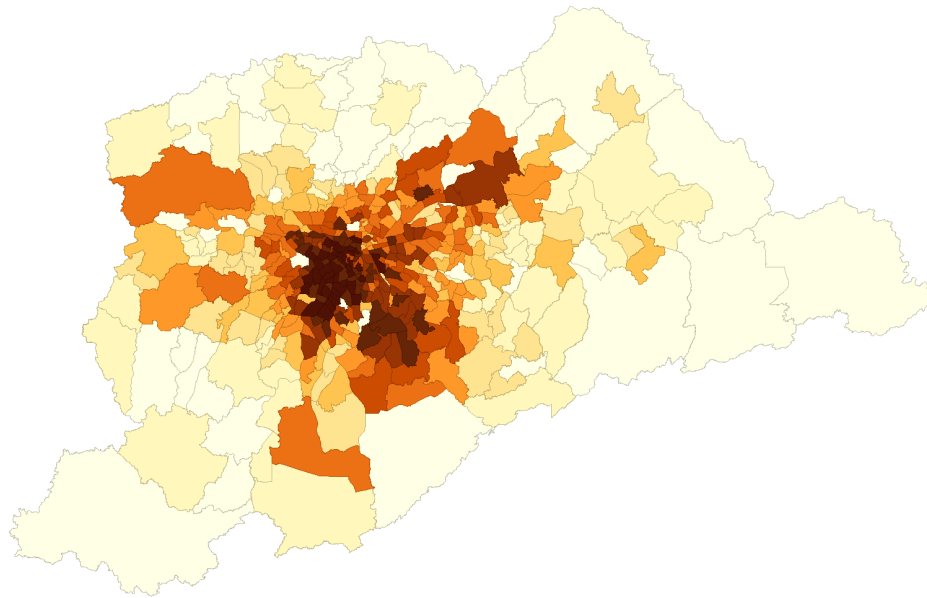


(a) 2007

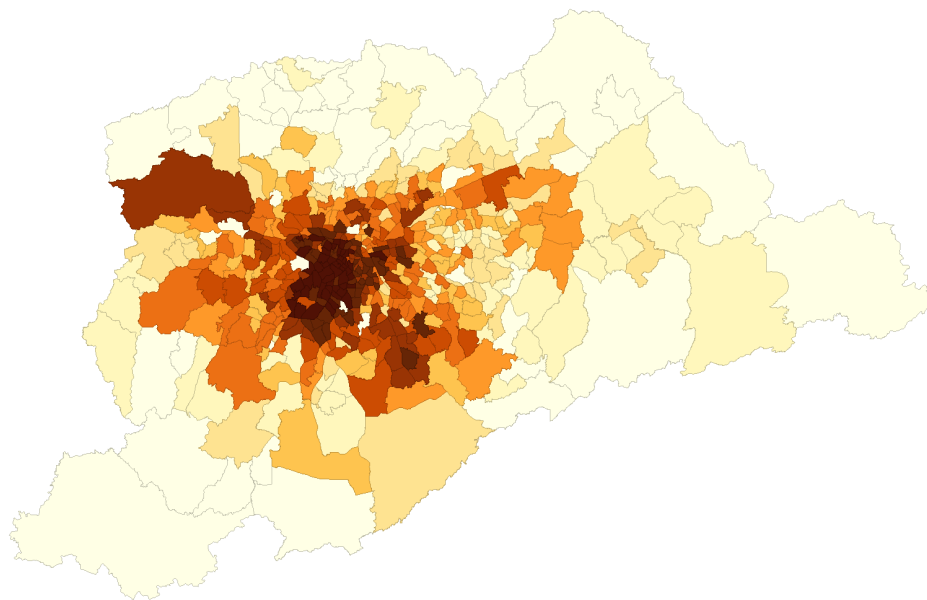


(b) 2017

Figura 3: Indicadores de acessibilidade para transporte público



(a) 2007



(b) 2017

Figura 4: Indicadores de acessibilidade para transporte particular

A inspeção visual das imagens anteriores sugere fortemente que há uma concentração de zonas com maior acessibilidade nas regiões centrais do município de São Paulo, em contraste com zonas mais próximas aos limites da RMSP cuja acessibilidade é menor. No entanto, torna-se necessária uma examinação mais rigorosa da dispersão espacial dos valores observados, o que requer a aplicação de métodos de econometria espacial.

A fim de capturar a autocorrelação espacial identificar a ocorrência ou não de aleatoriedade espacial, foram calculadas estatísticas I de Moran para os indicadores de acessibilidade gerais:

$$I_t = \frac{n_t}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ijt} A_{it} A_{jt}}{\sum_{i=1}^n A_{it}^2} \quad (3.4)$$

Em que w_{ij} representa o elemento da matriz de ponderação espacial \mathbf{W} com convenção “rainha” de contiguidade⁶ referente às zonas $i \neq j$, n é o número de zonas, e $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ é a soma de todos os elementos da matriz \mathbf{W} . Estatísticas análogas foram calculadas para os indicadores de acessibilidade para transporte público e transporte particular.

Para todas as estatísticas calculadas, foi realizado o seguinte teste de hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0 : I_t &= -\frac{1}{n-1} \\ H_1 : I_t &\neq -\frac{1}{n-1} \end{aligned} \quad (3.5)$$

A rejeição da hipótese nula implica na inexistência de aleatoriedade espacial (CLIFF; ORD, 1981), uma vez que este é o valor esperado para a inexistência de padrão espacial da amostra. A inferência estatística é realizada por permutação aleatória, em que, repetidamente, as n observações são distribuídas aleatoriamente entre as n zonas, e compara-se a distribuição efetiva dos dados com as distribuições aleatórias gerando uma região crítica de rejeição.

Em seguida, de forma a identificar padrões de autocorrelação espacial local, foram calculadas estatísticas I de Moran locais:

$$I_{it}^L = A_{it} \sum_{j=1}^{n^*} w_{ijt} A_{jt} \quad (3.6)$$

⁶A matriz de ponderação espacial é uma matriz $n \times n$ tal que $w_{ij} = 1$, se i e j são geograficamente contíguos, e 0, caso contrário. Mais detalhes em Almeida (2012).

Em que n^* é o número de regiões vizinhas à região i , conforme o critério de ponderação espacial. O valor esperado é, segundo Anselin (1995):

$$E(I_{it}^L) = -\frac{w_i}{n} \quad (3.7)$$

Em que w_i é a soma dos elementos da i -ésima linha da matriz \mathbf{W} .

O objetivo é identificar as zonas que são LISA, isto é, regiões que são *clusters* ou *outliers* na distribuição regional das variáveis de acessibilidade. A inferência estatística para a identificação dos indicadores LISA é similar ao processo de permutação realizado anteriormente.

A etapa seguinte consistiu em avaliar o efeito da acessibilidade sobre variáveis de renda de cada uma das zonas. Para tanto, foram avaliadas diferentes métricas de renda:

- (i) média aritmética da renda familiar mensal declarada pelos respondentes (r^F);
- (ii) média aritmética da renda individual mensal declarada pelos respondentes (r^{Ind});
- (iii) renda média das regiões, calculada pelo Metrô-SP (r^M);
- (iv) renda per capita das regiões, calculada pelo Metrô-SP (r^{PC});
- (v) renda mediana das regiões, calculada pelo Metrô-SP (r^{MED}).

Uma vez que a análise contempla diferentes períodos do tempo, optou-se por deflacionar os dados de renda. Para os índices de inflação, foi utilizada a série histórica mensal do IPCA de dezembro de 1997 até setembro de 2021, dessazonalizada pelo método X-13-ARIMA-SEATS, segundo Sax e Eddebuettel (2018). A deflação foi realizada segundo a seguinte especificação:

$$r = r^{OBS} \left(\frac{\pi_{9;2021}}{\pi_{m;a}} \right) \quad (3.8)$$

Em que r é uma designação genérica para as diferentes métricas de renda deflacionadas, r^{OBS} é a renda observada pela Pesquisa OD para a métrica em questão, $\pi_{9;2021}$ é o último índice de inflação utilizado e $\pi_{m;a}$ é o índice de inflação para o mês m do ano a da data de resposta da Pesquisa OD⁷.

⁷Para as observações em que não constava a data de resposta, foi utilizada a mediana dos índices de inflação observados durante o período de execução da pesquisa.

Após o tratamento dos dados de renda, foram especificadas as seguintes categorias de modelos para capturar os efeitos da acessibilidade sobre a renda de cada zona i , no período t :

$$\ln r_{it} = \beta_{0t} + \beta_{1t} \ln A_{it} + \sum_{k=2}^K \beta_{kt} x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.9)$$

$$\ln r_{it} = \beta_{0t} + \beta_{1t} \ln A_{it}^{PUB} + \sum_{k=2}^K \beta_{kt} x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.10)$$

$$\ln r_{it} = \beta_{0t} + \beta_{1t} \ln A_{it}^{PART} + \sum_{k=2}^K \beta_{kt} x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3.11)$$

Assim, foram avaliadas as possíveis combinações entre diferentes métricas de renda deflacionadas⁸ e os diferentes indicadores de acessibilidade. Foram incluídas outras $K - 1$ variáveis de controle x_k , a saber, a média aritmética dos anos de escolaridade⁹, a média aritmética da idade dos respondentes e a média aritmética do número de moradores do domicílio. Por fim, ε_i denota o termo de erro do modelo.

É importante ressaltar que a fundamentação teórica por trás das variáveis de acessibilidade aponta para uma possível ruptura com as propriedades de consistência e não-viés dos estimadores, para o caso da estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)¹⁰. Isso se deve ao fato de que a acessibilidade é também determinada pela renda, uma vez que, em diversos períodos do desenvolvimento histórico de São Paulo, os fluxos de investimentos, ampliação e melhoria na rede e infraestrutura do sistema de transporte metropolitano foram direcionados para regiões onde habitavam indivíduos de renda mais elevada (ZIONI, 2000, 2008; ROLNIK; KLINTOWITZ, 2011; VILLAÇA; ZIONI, 2005; GOMIDE, 2006).

A interpretação dos indicadores de acessibilidade, segundo sua especificação em (3.1), sugere que há uma influência de tais fluxos de investimentos e ampliação da infraestrutura de transporte metropolitano, essencialmente pela redução nos tempos de deslocamento. A disponibilidade de empregos, por sua vez, também afeta diretamente as variáveis de renda

⁸Dada a aplicação da forma funcional logarítmica, foram eliminadas das amostras observações de renda iguais a 0. Por sua vez, todas as observações de indicadores de acessibilidade foram estritamente positivas.

⁹Os anos de escolaridade foram estimados através do grau de instrução declarado pelos respondentes. Assumiu-se que o erro de medida possui média zero e é não-correlacionado com a medida observada, assim não acarretando em endogeneidade e viés dos estimadores. Mais detalhes sobre as consequências da hipótese assumida em Wooldridge (2015).

¹⁰Mais detalhes sobre a estimação MQO no Apêndice A.

observadas. Isso geraria simultaneidade entre as variáveis dependentes e os indicadores de acessibilidade nas equações (3.9), (3.10) e (3.11), violando a hipótese de nulidade na média dos termos de erro condicionados às variáveis explicativas, tornando os indicadores de acessibilidade variáveis endógenas. Como resultado, os estimadores MQO seriam viesados e inconsistentes.

A solução adotada para tratar da endogeneidade foi a escolha de uma variável instrumental que eliminasse a correlação entre os indicadores de acessibilidade e os termos de erro, e a reestimação dos modelos por Variáveis Instrumentais (VI)¹¹. De maneira similar a Haddad e Barufi (2017), a variável instrumental selecionada foi a distância via margens de rios de cada zona para o Marco Zero de São Paulo, localizado na Praça da Sé, na região central do município de São Paulo. As distâncias foram calculadas em quilômetros através de bases georreferenciadas em um Sistema de Informação Geográfica (GIS). Foram gerados centroides para cada zona da Pesquisa OD, e em seguida calculou-se as distâncias mínimas ao Marco Zero ao longo da bacia hidrográfica da RMSP.

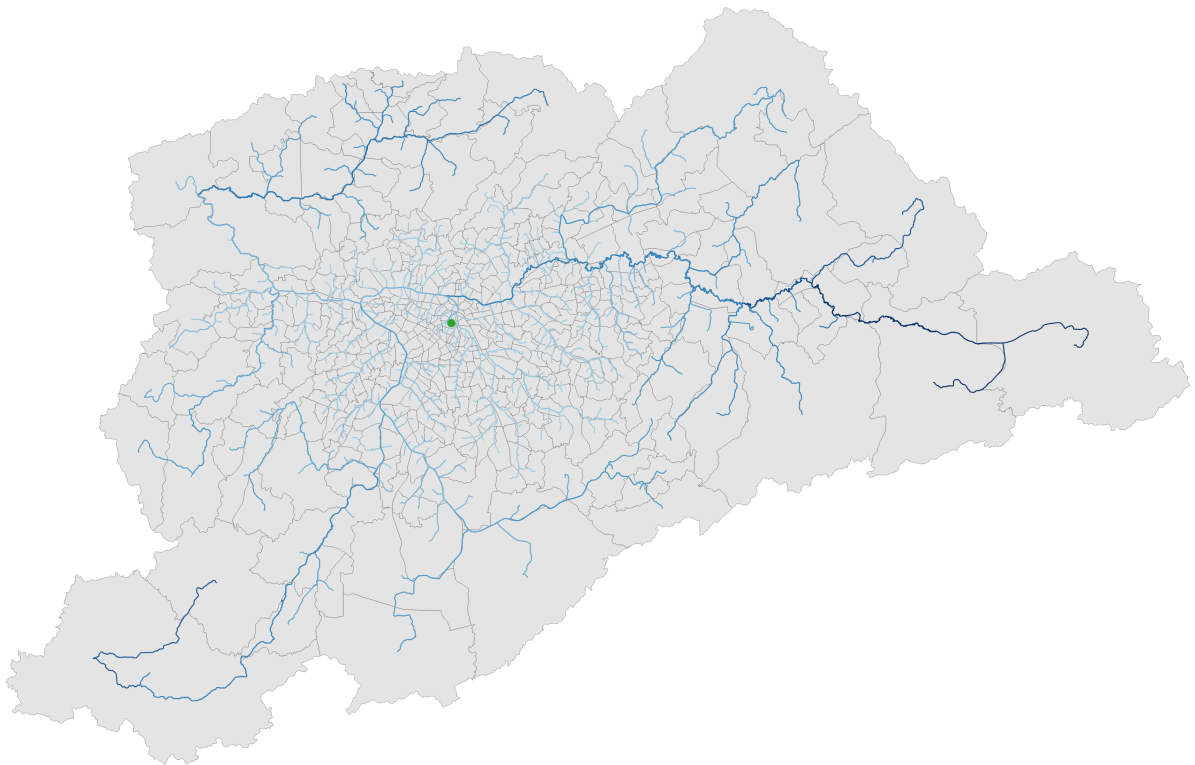


Figura 5: Distâncias via margens de rios ao Marco Zero de São Paulo

A adequação do instrumento se justifica essencialmente por suas características geográficas e históricas. Desde sua fundação, o desenvolvimento urbano do município se deu

¹¹Mais detalhes sobre a estimação VI no Apêndice B.

em torno dos arredores do Marco Zero, tornando-o ponto de convergência dos diferentes eixos de estruturação, desenvolvimento e expansão da RMSP como um todo. Ademais, as características hidrológicas e topográficas da região foram cruciais na determinação dos eixos de transporte, com o traçado das redes obedecendo aos cursos dos rios (HADDAD; BARUFI, 2017), embora hoje em dia uma parte substancial dos rios e córregos originalmente presentes na geografia do município estejam soterrados. O exemplo mais notável é o Plano de Avenidas elaborado por Francisco Prestes Maia, em 1929, que estabeleceu o sistema radial de transporte rodoviário seguindo o traçado dos principais rios do município. Assim, por hipótese, o instrumento satisfaz a propriedade de exogeneidade em relação à variável dependente, e a correlação com a variável explicativa endógena pôde ser testada através da regressão de primeiro estágio:

$$\ln A_{it} = \delta_{0t} + \delta_{1t}l_{it} + \sum_{k=2}^K \delta_{kt}x_{kit} + v_{it} \quad (3.12)$$

Em que l_i é a variável instrumental utilizada e v_i o termo de erro. Testou-se a significância estatística do parâmetro δ_1 para verificar a adequação do instrumento.

A estimação VI torna relevante a comparação com a alternativa MQO, a fim de avaliar a endogeneidade da variável explicativa e se o uso do instrumento é sequer necessário. Para isso, foram efetuados testes de endogeneidade, que seguem a especificação de Wu-Hausman¹²:

$$\mathbf{H} = \left(\hat{\beta}^{VI} - \hat{\beta}^{MQO} \right)' \left(V \left(\hat{\beta}^{VI} \right) - V \left(\hat{\beta}^{MQO} \right) \right)^{-1} \left(\hat{\beta}^{VI} - \hat{\beta}^{MQO} \right) \sim \chi_K^2 \quad (3.13)$$

Em que $\hat{\beta}^{VI}$ é a matriz de estimadores VI, $\hat{\beta}^{MQO}$ a matriz de estimadores MQO, V a variância assintótica dos estimadores e χ_K^2 é uma distribuição chi-quadrado com K graus de liberdade. O teste realizado é o que verifica, em (3.13), as seguintes hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0 : Cov(A_{it}; \varepsilon_{it}) &= E(A_{it}; \varepsilon_{it}) = 0 \\ H_1 : Cov(A_{it}; \varepsilon_{it}) &\neq 0 \end{aligned} \quad (3.14)$$

Foram realizados testes similares para os demais indicadores de acessibilidade em (3.11) e (3.10). A rejeição da hipótese nula implicaria na consistência e não-viés dos

¹²Detalhes sobre as estatísticas de teste são desenvolvidas em Hausman (1978).

estimadores MQO, caso em que sua utilização seria preferível, uma vez que os erros-padrão são menores que os dos estimadores VI¹³ (PEREDA; ALVES, 2018; WOOLDRIDGE, 2015).

A etapa seguinte da estratégia empírica consistiu na aplicação do método de diferenças em diferenças para avaliar se a aplicação da legislação urbana possuiu efeito estatisticamente significativo sobre os indicadores de acessibilidade durante o decênio entre as edições de 2007 e 2017 da Pesquisa OD. Para isso, as zonas determinadas pela pesquisa foram divididas em dois grupos:

- (i) zonas cuja área incluía parcial ou totalmente áreas de implementação de Operações Urbanas e/ou Projetos de Intervenção Urbana Estratégica previstos pelo PDE/2002 e suas leis auxiliares;
- (ii) demais zonas.

O grupo (i) corresponde ao grupo de tratamento e (ii) ao grupo de controle. O modelo de diferenças em diferenças foi estimado por MQO, segundo a seguinte especificação:

$$\ln A_{i;2017} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{trat}_i + \alpha_2 \text{aft}_i + \alpha_3 \text{trat}_i \text{aft}_i + \mu_i \quad (3.15)$$

Em que trat_i é uma variável binária igual a 1 caso a zona i pertença ao grupo de tratamento e 0 caso pertença ao grupo de controle, aft_i é uma variável binária igual a 1 caso $t = 2017$ e 0 caso $t = 2007$, e μ_i é o termo de erro. O parâmetro relevante resulta da interação entre a *dummy* de tratamento e a *dummy* de tempo, isto é, o parâmetro α_3 estimado. Modelos análogos foram estimados para os indicadores de acessibilidade para transporte público e para transporte particular.

O próximo capítulo apresentará os resultados da estratégia empírica descrita, e por fim serão abordadas conclusões com base nos resultados e na literatura previamente analisada.

¹³Mais detalhes sobre as propriedades dos estimadores no Apêndice C.

4 RESULTADOS

O cálculo das estatísticas I de Moran especificadas em (3.4), bem como os resultados dos testes em (3.5), são apresentados nas figuras 6 a 11 a seguir:

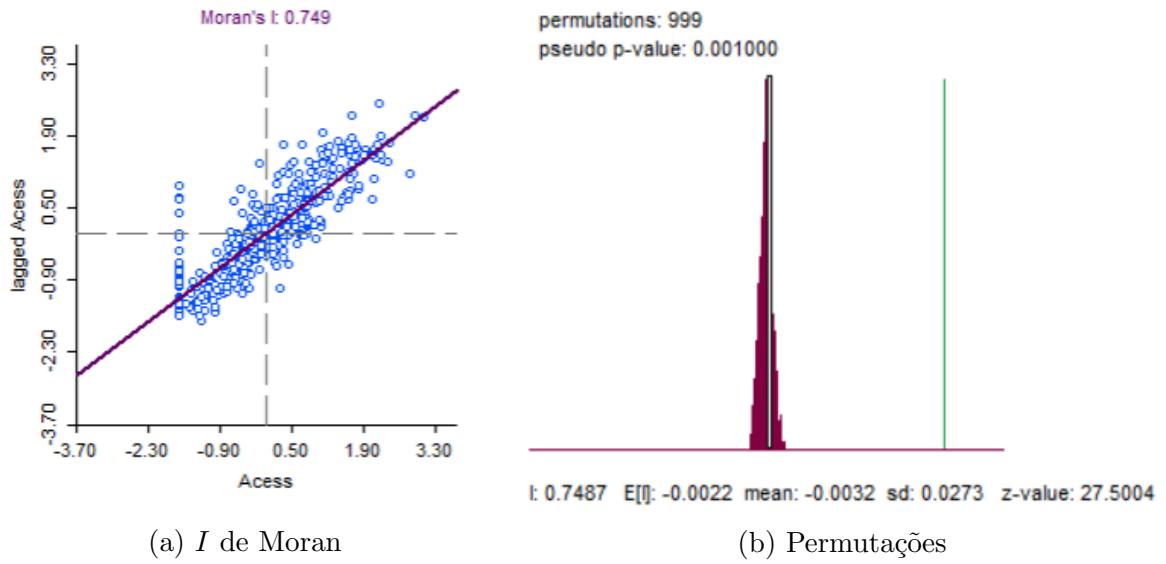


Figura 6: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade geral em 2007

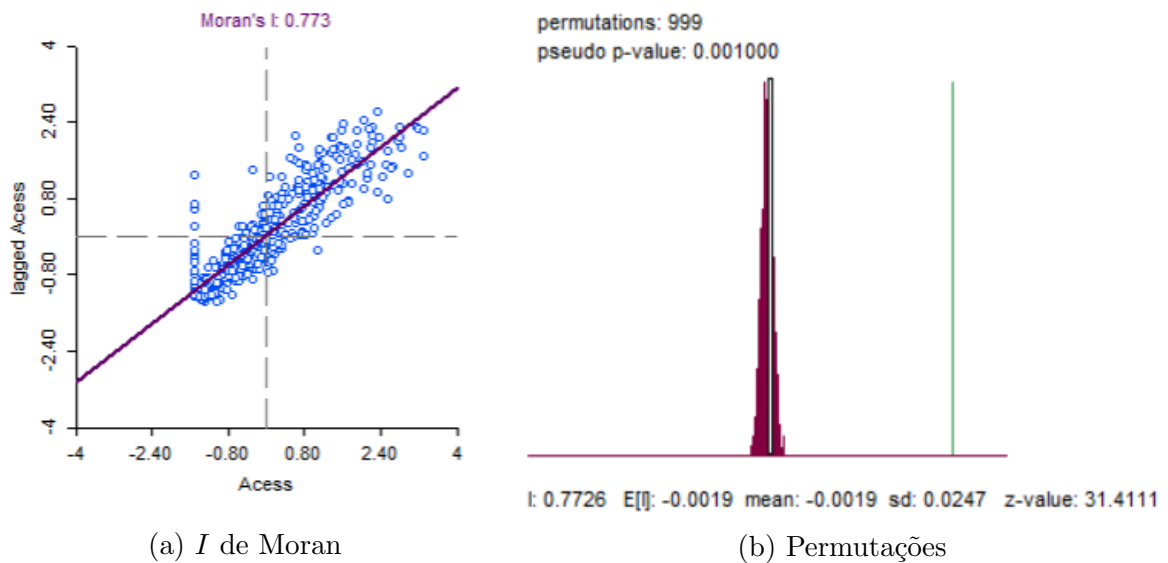
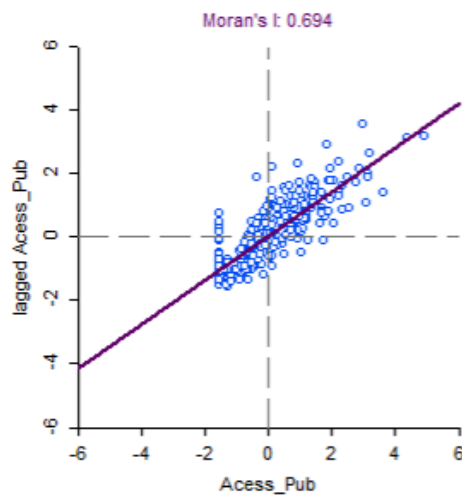
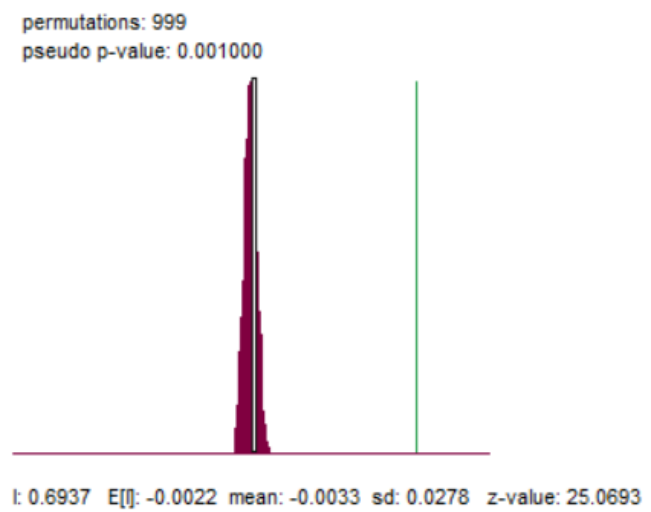
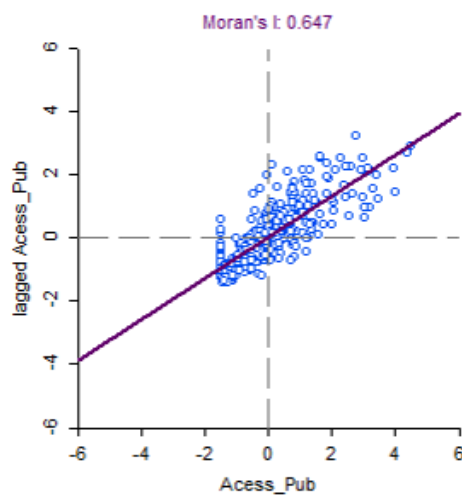
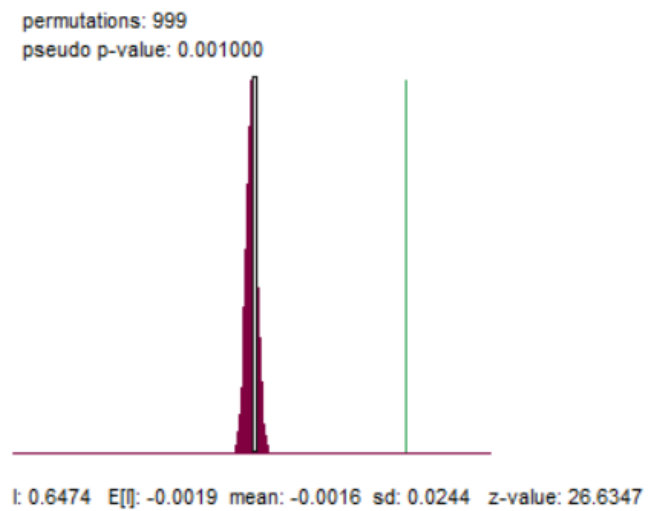


Figura 7: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade geral em 2017

(a) I de Moran

(b) Permutações

Figura 8: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte público em 2007

(a) I de Moran

(b) Permutações

Figura 9: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte público em 2017

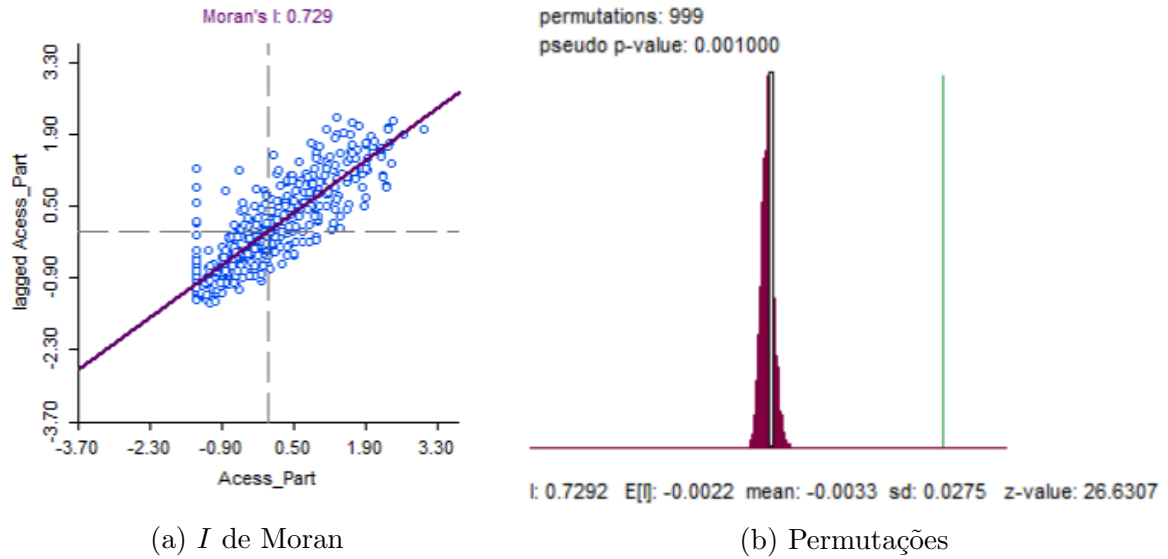


Figura 10: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte particular em 2007

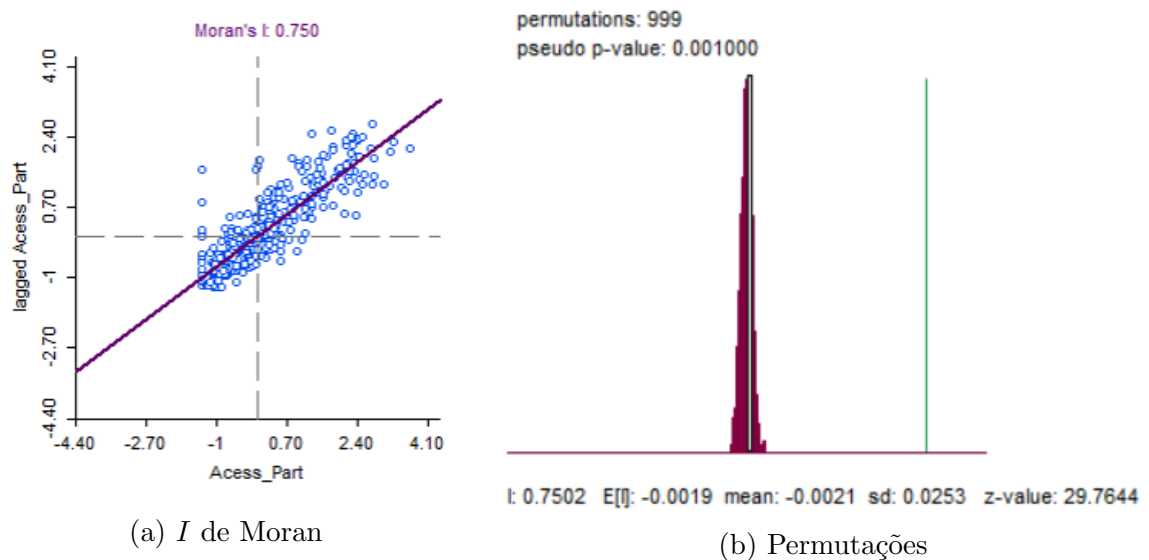


Figura 11: Estatísticas I de Moran para indicadores de acessibilidade para transporte particular em 2017

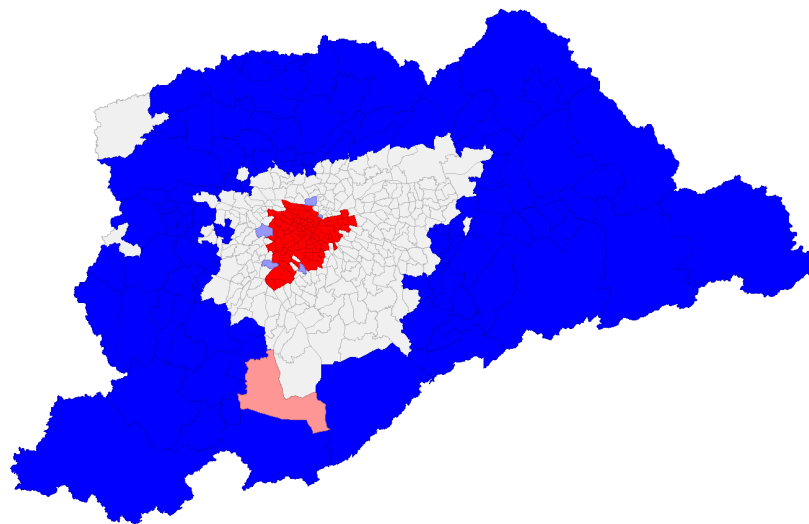
Os gráficos à esquerda das figuras ilustram os diagramas de dispersão de Moran, que dispõem no eixo horizontal as variáveis de acessibilidade e no eixo vertical suas defasagens espaciais, padronizadas segundo a matriz de ponderação espacial. Nos diagramas de dispersão, a estatística I de Moran corresponde ao coeficiente angular da reta de regressão simples estimada por MQO. Em todos os casos, o coeficiente de regressão é positivo, dispondo a maior parte das observações nos quadrantes ímpares. O primeiro quadrante, Alto-Alto, indica as zonas que possuem valores de acessibilidade acima da média, e são rodeadas por zonas similares. Por sua vez, o terceiro quadrante, Baixo-Baixo, indica as zonas com acessibilidade abaixo da média, rodeados por zonas similares (ALMEIDA,

2012). A predominância de zonas em tais quadrantes é condizente com o que se esperaria de uma região que apresenta padrão na distribuição espacial da acessibilidade, o que será melhor descrito a seguir com os mapas de *clusters* e *outliers* espaciais, calculados pelas estatísticas I de Moran locais.

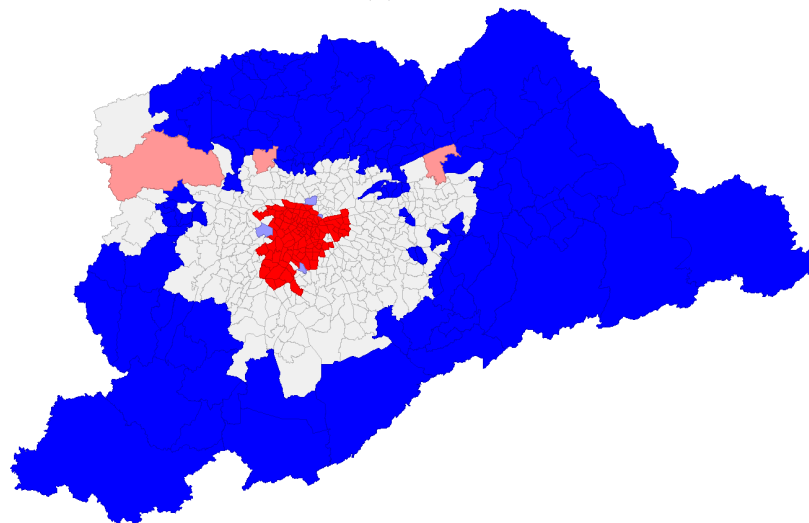
Em todos os casos das estatísticas I de Moran, podemos observar que, com 999 permutações, podemos rejeitar com alta significância estatística a hipótese nula de aleatoriedade espacial, o que possibilita concluir que há um claro padrão entre a distribuição espacial dos indicadores de acessibilidade, o que reforça as hipóteses visualmente inferidas nas figuras 2 a 4 do capítulo anterior.

Outro aspecto importante a ser analisado é o fato de que a acessibilidade para transporte público foi a única categoria que apresentou queda na estatística I de Moran entre os períodos observados. Isso sugere que há uma dispersão espacial das concentrações de maior acessibilidade para transporte público ao longo do município, o que é condizente com premissas do PDE de favorecer e dispersar a acessibilidade via transporte público, ao invés de orientar a distribuição dos eixos de transporte via priorização dos modais de transporte particular (SÃO PAULO (Município), 2002, 2014).

O cálculo das estatísticas I de Moran locais é apresentado nas figuras 12 a 14 a seguir. As zonas em vermelho-escuro indicam *clusters* de alta acessibilidade, isto é, zonas pertencentes ao quadrante Alto-Alto do diagrama de dispersão de Moran. Por sua vez, as zonas em azul-escuro indicam *clusters* de baixa acessibilidade, zonas pertencentes ao quadrante Baixo-Baixo. A inspeção visual dos mapas reforça e confirma com alta significância estatística a hipótese de que a RMSP conta com uma concentração de zonas com maior acessibilidade nas regiões centrais do município de São Paulo, ao passo que as zonas mais periféricas contam com menor acessibilidade.

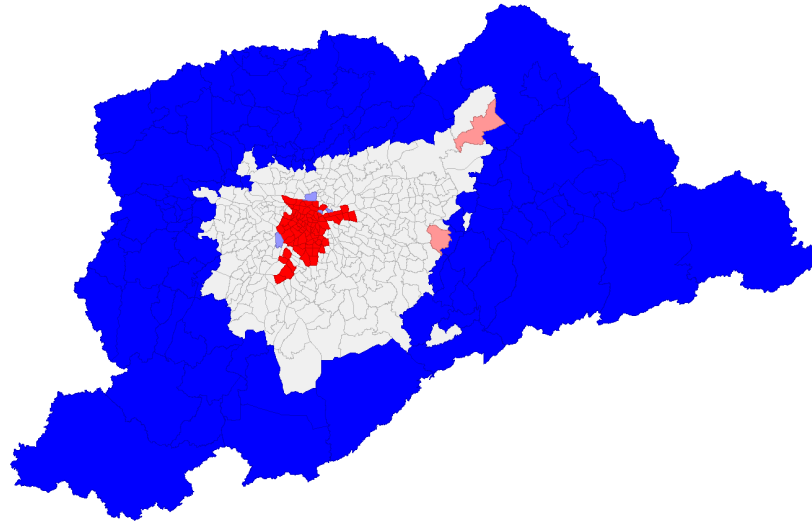


(a) 2007

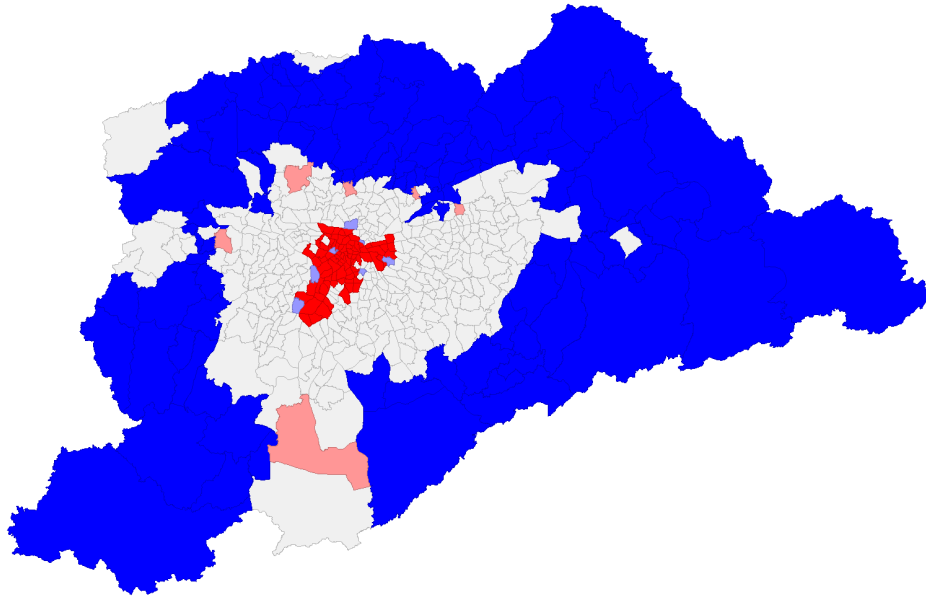


(b) 2017

Figura 12: LISA para indicadores de acessibilidade geral

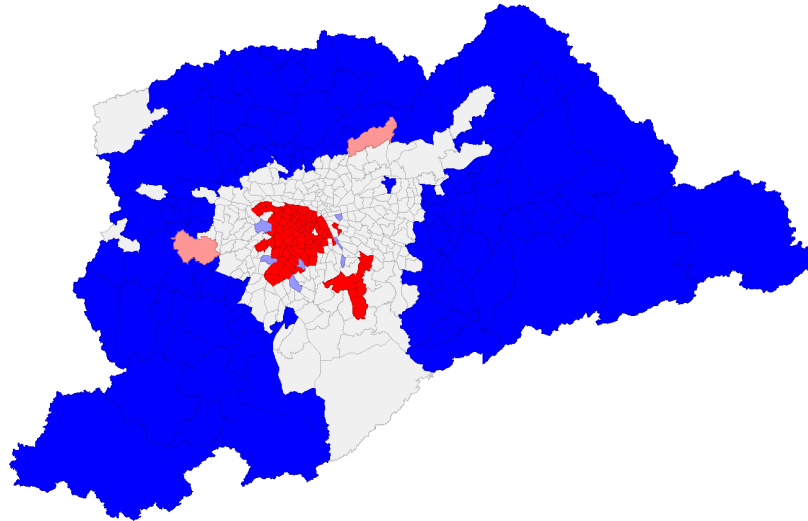


(a) 2007

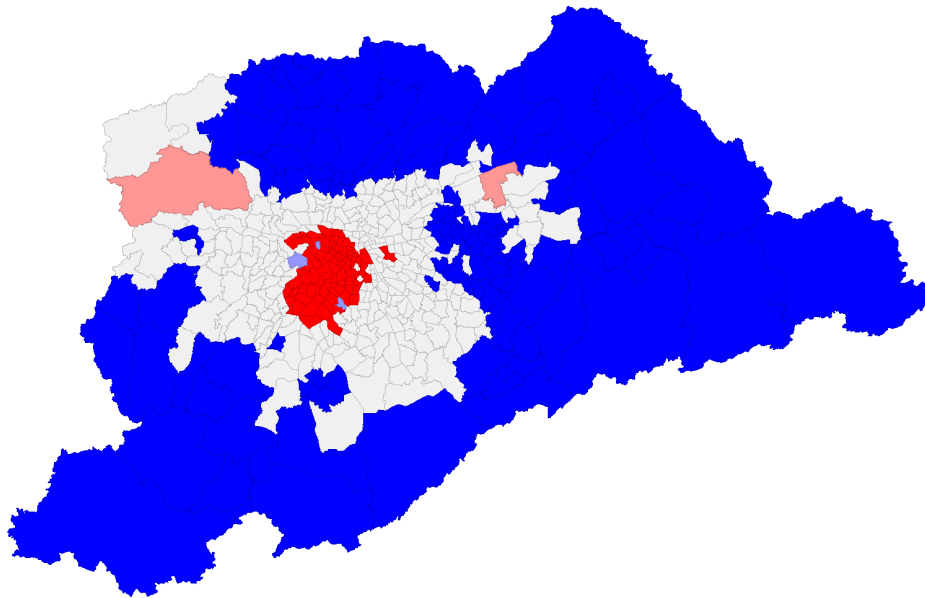


(b) 2017

Figura 13: LISA para indicadores de acessibilidade para transporte público



(a) 2007



(b) 2017

Figura 14: LISA para indicadores de acessibilidade para transporte particular

Prosseguindo para a análise dos modelos estimados por MQO em (3.9), é possível extrair algumas conclusões. A primeira é a de que a acessibilidade geral é estatisticamente significativa ao nível de 5% apenas para o caso da renda individual e da renda *per capita* das regiões, não o sendo para os casos da renda familiar, renda média da zona ou renda mediana da zona.

Para os casos estatisticamente significantes, a elasticidade entre renda e acessibilidade geral possui o sinal positivo esperado, sugerindo que, de fato, uma maior acessibilidade está associada a maiores níveis de renda. Uma hipótese para a não-significância estatística

no caso da renda familiar é a de que melhorias na infraestrutura de transporte metropolitano possuem efeitos mais significativos a nível individual, supondo ainda que há outros componentes da renda familiar que não necessariamente usufruem da rede de transportes de maneira consistente.

As tabelas com os resultados das regressões para 2007 e 2017 de (3.9) que possuem renda individual e renda *per capita* como variáveis dependentes são apresentadas nas tabelas 1 e 2 a seguir, com as demais categorias de renda sendo apresentadas no Apêndice D:

Tabela 1: Regressões MQO para Acessibilidade Geral em 2007

	<i>Variável dependente:</i>	
	log_renda_ind	log_renda_pc
	(1)	(2)
log_acess	0.127*** (0.045)	0.085*** (0.021)
escolaridade	0.219*** (0.024)	0.250*** (0.012)
idade	0.022** (0.009)	0.018*** (0.004)
nº morad	-0.145*** (0.041)	0.073*** (0.019)
constante	3.063*** (0.631)	2.617*** (0.303)
Observações	480	480
R ²	0.683	0.874
R ² Ajustado	0.680	0.873
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.396	0.190
Estatística F (gl = 4; 475)	255.399***	822.237***
<i>Nota:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Tabela 2: Regressões MQO para Acessibilidade Geral em 2017

	<i>Variável dependente:</i>	
	log_renda_ind	log_renda_pc
	(1)	(2)
log_acess	0.113** (0.057)	0.053** (0.022)
escolaridade	0.224*** (0.032)	0.257*** (0.012)
idade	0.014 (0.009)	0.007* (0.003)
n ^o morad	-0.256*** (0.075)	0.081*** (0.029)
constante	3.488*** (0.779)	3.180*** (0.297)
Observações	490	492
R ²	0.518	0.826
R ² Ajustado	0.514	0.825
Erro-padrão residual	0.555 (gl = 485)	0.212 (gl = 487)
Estatística F	130.435*** (gl = 4; 485)	578.447*** (gl = 4; 487)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Por sua vez, nos modelos estimados por MQO que possuem os indicadores de acessibilidade para transporte público como variável independente em (3.10), a acessibilidade é estatisticamente significante ao nível de 5% apenas para as métricas de renda familiar, renda média e renda *per capita*, com amostragem de 2007. Esses últimos dois casos, no entanto, apresentam elasticidade negativa entre acessibilidade e renda. Uma possível justificativa para os sinais negativos da acessibilidade é a de que, em geral, o transporte público era mais usufruído em 2007 por indivíduos de menor renda.

A tabela 3 a seguir apresenta tais resultados:

Tabela 3: Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Público em 2007

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_pc
	(1)	(2)	(3)
log_acess_pub	-0.057*** (0.017)	-0.048*** (0.017)	0.042** (0.019)
escolaridade	0.232*** (0.011)	0.232*** (0.010)	0.259*** (0.012)
idade	0.023*** (0.004)	0.017*** (0.004)	0.019*** (0.004)
n ^o morad	0.060*** (0.018)	0.062*** (0.018)	0.070*** (0.020)
constante	5.982*** (0.255)	5.930*** (0.254)	3.134*** (0.281)
Observações	480	480	480
R ²	0.865	0.853	0.871
R ² Ajustado	0.864	0.852	0.870
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.174	0.174	0.192
Estatística F (gl = 4; 475)	761.555***	688.047***	801.248***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

A última categoria de modelos estimados por MQO é a que incorpora indicadores de acessibilidade para transporte particular como variável independente em (3.11). Nesse caso, é possível observar que os indicadores de acessibilidade são estatisticamente significantes ao nível de 5% para quase todas as categorias de renda, sendo a única exceção a regressão que possui renda individual como variável dependente, com amostra de 2017. As elasticidades entre renda e acessibilidade também apresentam o sinal positivo. Tal relação pode se justificar pelo fato de que, em geral, indivíduos de maior renda se locomovem mais frequentemente por modais de transporte particular. As tabelas 4 e 5 a seguir apresentam tais resultados:

Tabela 4: Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007

	<i>Variável dependente:</i>				
	log_renda.f (1)	log_renda.ind (2)	log_renda.media (3)	log_renda.pc (4)	log_renda.med (5)
log_access-part	0.052*** (0.017)	0.134*** (0.038)	0.050*** (0.017)	0.098*** (0.018)	0.061*** (0.018)
escolaridade	0.207*** (0.011)	0.206*** (0.025)	0.209*** (0.011)	0.239*** (0.012)	0.215*** (0.012)
idade	0.022*** (0.004)	0.021** (0.009)	0.016*** (0.004)	0.018*** (0.004)	0.015*** (0.004)
nº morad	0.070*** (0.018)	-0.151*** (0.040)	0.070*** (0.018)	0.069*** (0.019)	0.104*** (0.019)
constante	4.743*** (0.226)	3.213*** (0.510)	4.816*** (0.224)	2.636*** (0.243)	4.289*** (0.240)
Observações	480	480	480	480	480
R ²	0.865	0.685	0.853	0.877	0.834
R ² Ajustado	0.864	0.683	0.852	0.876	0.833
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.175	0.395	0.174	0.188	0.185
Estatística F (gl = 4; 475)	758.961***	258.708***	689.971***	847.762***	597.328***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 5: Regressões MQO para Acessibilidade por Transporte Particular em 2017

	<i>Varíável dependente:</i>				
	log_renda.f (1)	log_renda.ind (2)	log_renda.media (3)	log_renda.pc (4)	log_renda.med (5)
log_access-part	0.096*** (0.021)	0.096* (0.055)	0.081*** (0.019)	0.103*** (0.021)	0.068*** (0.018)
escolaridade	0.194*** (0.012)	0.224*** (0.033)	0.189*** (0.012)	0.236*** (0.012)	0.185*** (0.011)
idade	0.016*** (0.003)	0.013 (0.009)	0.012*** (0.003)	0.006* (0.003)	0.008*** (0.003)
nº morad	0.160*** (0.028)	-0.268*** (0.075)	0.136*** (0.026)	0.076*** (0.028)	0.119*** (0.025)
constante	3.929*** (0.259)	3.844*** (0.695)	4.277*** (0.244)	2.807*** (0.259)	4.552*** (0.228)
Observações	492	490	492	492	492
R ²	0.792	0.517	0.788	0.833	0.786
R ² Ajustado	0.790	0.513	0.786	0.831	0.784
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.207	0.555 (gl = 485)	0.195	0.208	0.183
Estatística F (gl = 4; 487)	462.209***	129.925*** (gl = 4; 485)	451.376***	605.826***	446.891***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Prosseguindo para os modelos VI, notamos que os resultados são distintos dos apresentados anteriormente. A acessibilidade geral em (3.9) é estatisticamente significativa ao nível de 5% para o caso da renda *per capita* apenas na amostragem de 2007, e para os casos com a renda individual como variável dependente em ambas as amostragens de 2007 e 2017. Nos três casos, a elasticidade apresenta o sinal positivo esperado, sugerindo que melhorias na rede de transporte metropolitano estão associadas a maiores níveis de renda. A perda de significância estatística no caso da renda *per capita* entre 2007 e 2017 pode sugerir que os efeitos da acessibilidade se tornaram mais concentrados entre a população empregada e/ou a população que de fato usufrui da rede de transporte metropolitano. Tal hipótese pode ser reforçada pelo fato de que a renda individual possui significância estatística elevada em ambos os períodos.

Os modelos VI com significância estatística para acessibilidade geral são apresentados na tabela 6 a seguir, e os demais incorporados no Apêndice D:

Tabela 6: Regressões VI para Acessibilidade Geral em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda.ind	
	(1)	(2)	(3)
log_acess	0.157*** (0.034)	0.309*** (0.072)	0.266*** (0.092)
escolaridade	0.236*** (0.013)	0.183*** (0.027)	0.177*** (0.039)
idade	0.018*** (0.004)	0.020** (0.009)	0.016* (0.009)
nº morad	0.079*** (0.020)	−0.128*** (0.042)	−0.242*** (0.076)
constante	1.754*** (0.445)	0.863 (0.933)	1.829 (1.111)
Observações	480	480	490
R ²	0.871	0.672	0.511
R ² Ajustado	0.870	0.669	0.507
Erro-padrão residual	0.192 (gl = 475)	0.403 (gl = 475)	0.559 (gl = 485)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Os modelos que utilizam os indicadores de acessibilidade para transporte público

como variável independente apresentam resultados similares, com a acessibilidade sendo estatisticamente significativa ao nível de 5% para os mesmos casos dos indicadores de acessibilidade gerais, o que pode apresentar justificativas também semelhantes. Novamente, nos três casos a elasticidade possui o sinal positivo esperado.

Os modelos são apresentados na tabela 7 a seguir, com os demais presentes no Apêndice D:

Tabela 7: Regressões VI para Acessibilidade por Transporte Público em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda_ind	
	(1)	(2)	(3)
log_acess_pub	0.147*** (0.033)	0.290*** (0.069)	0.271*** (0.095)
escolaridade	0.241*** (0.013)	0.193*** (0.027)	0.181*** (0.039)
idade	0.019*** (0.004)	0.023*** (0.009)	0.022** (0.010)
nº morad	0.082*** (0.021)	-0.122*** (0.043)	-0.239*** (0.077)
constante	1.846*** (0.440)	1.044 (0.917)	1.460 (1.241)
Observações	480	480	490
R ²	0.863	0.654	0.500
R ² Ajustado	0.861	0.651	0.496
Erro-padrão residual	0.199 (gl = 475)	0.414 (gl = 475)	0.565 (gl = 485)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Por fim, os modelos que utilizam os indicadores de acessibilidade para transporte particular como variável independente apresentam resultados similares, com os mesmos casos das últimas duas regressões apresentando a acessibilidade como variável estatisticamente significativa ao nível de 5%, e com os sinais positivos esperados para a elasticidade. Os modelos são apresentados na tabela 8 a seguir, com os demais presentes no Apêndice D:

Tabela 8: Regressões VI para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda_ind	
	(1)	(2)	(3)
log_acess_part	0.164*** (0.036)	0.323*** (0.076)	0.341*** (0.119)
escolaridade	0.220*** (0.015)	0.152*** (0.032)	0.134*** (0.052)
idade	0.017*** (0.004)	0.019** (0.009)	0.015 (0.009)
n ^o morad	0.072*** (0.019)	-0.142*** (0.041)	-0.271*** (0.077)
constante	1.954*** (0.400)	1.257 (0.851)	1.616 (1.193)
Observações	480	480	490
R ²	0.874	0.669	0.498
R ² Ajustado	0.873	0.666	0.494
Erro-padrão residual	0.190 (gl = 475)	0.405 (gl = 475)	0.566 (gl = 485)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

A etapa de verificação da adequação do instrumento foi realizada apenas para os casos em que os indicadores de acessibilidade apresentaram significância estatística. Todos os testes sobre a regressão de primeiro estágio em (3.12) produziram alta significância estatística para o parâmetro associado à variável instrumental, assim sugerindo que sua adequação em termos de correlação com a variável explicativa suposta endógena pode ser admitida. Por sua vez, os testes de Wu-Hausman em (3.13) apresentaram um padrão de perda de significância estatística na rejeição da hipótese nula entre 2007 e 2017, para o caso da renda individual.

Os resultados podem ser verificados nas tabelas 9, 10 e 11 a seguir:

Tabela 9: Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade geral em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda_ind	
	(1)	(2)	(3)
Regressão de primeiro estágio	312.326*** (gl = 1; 475)	312.33*** (gl = 1; 475)	301.544*** (gl = 1; 485)
Teste de Wu-Hausman	7.387** (gl = 1; 474)	11.15*** (gl = 1; 474)	4.559* (gl = 1; 484)
<i>Nota:</i> *p<0.01; **p<0.001; ***p≅0.000			

Tabela 10: Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade por transporte público em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda_ind	
	(1)	(2)	(3)
Regressão de primeiro estágio	250.67*** (gl = 1; 475)	250.7*** (gl = 1; 475)	182.686*** (gl = 1; 485)
Teste de Wu-Hausman	16.71*** (gl = 1; 474)	19.8*** (gl = 1; 474)	6.292* (gl = 1; 484)
<i>Nota:</i> *p<0.01; **p<0.001; ***p≅0.000			

Tabela 11: Testes para adequação do instrumento para a acessibilidade por transporte particular em 2007 (1) e (2) e 2017 (3)

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_pc	log_renda_ind	
	(1)	(2)	(3)
Regressão de primeiro estágio	172.293*** (gl = 1; 475)	172.293*** (gl = 1; 475)	139.26*** (gl = 1; 485)
Teste de Wu-Hausman	4.849* (gl = 1; 474)	9.097** (gl = 1; 474)	5.66* (gl = 1; 484)
<i>Nota:</i>			
*p<0.01; **p<0.001; ***p≅0.000			

Embora em todos os casos possa-se assumir que há endogeneidade das variáveis de acessibilidade ao nível de 1%, é nítida a perda de significância estatística e aumento do p -valor associado. A observação de redução na magnitude do efeito endogeneidade da variável acessibilidade nas equações (3.9), (3.10) e (3.11) pode estar associada a uma dispersão da simultaneidade entre variáveis de renda e variáveis de acessibilidade. Isso seria compatível com diretrizes do PDE, que se propõe a diversificar e ampliar os investimentos na rede de transporte metropolitano, direcionando-os não apenas para regiões de alta renda, mas sim para o município como um todo, criando novos pólos e centralidades para além das tradicionais e mais próximas às regiões centrais do município.

Prosseguindo para os resultados dos modelos de diferenças em diferenças, podemos observar que o único caso em que o estimador resultante da interação entre as *dummies* de tempo e tratamento possui significância estatística ao nível de 5% é o caso dos indicadores de acessibilidade para transporte público, conforme pode ser verificado na tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Regressões de Diferenças em Diferenças

	<i>Variável dependente:</i>		
	acess	acess_pub	acess_part
	(1)	(2)	(3)
trat	1,034,321.000*** (93,355.740)	668,745.600*** (77,701.230)	723,752.900*** (78,245.690)
aft	-469,619.000*** (38,792.280)	89,107.280*** (32,287.330)	-337,867.200*** (32,513.570)
trat:aft	-106,153.500 (131,947.900)	260,243.300** (109,822.000)	-163,881.200 (110,591.600)
constante	1,345,366.000*** (27,615.000)	814,254.000*** (22,984.330)	906,758.300*** (23,145.390)
Observações	972	972	972
R ²	0.287	0.192	0.216
R ² Ajustado	0.285	0.190	0.213
Erro-padrão residual (gl = 968)	577,939.200	481,026.500	484,397.100
Estatística F (gl = 3; 968)	130.015***	76.678***	88.733***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Ainda, o estimador possui o sinal esperado, sugerindo que a implementação da legislação urbana contribuiu positivamente para o aumento da acessibilidade por transporte público no período observado. Os resultados estão de acordo com o que se poderia esperar por hipótese, uma vez que dentro dos objetivos almejados pelos instrumentos do PDE avaliados foi incentivar o desenvolvimento dos eixos de transporte público metropolitano, buscando não favorecer o uso do transporte particular. Uma hipótese para a não-significância estatística dos indicadores de acessibilidade gerais é a de que a incorporação de modais de transporte particular ou que não eram foco de diretrizes do PDE pode ter distorcido a métrica de acessibilidade, assim não capturado o efeito da aplicação da legislação urbana.

A relação entre os diferentes modelos e testes, bem como suas interpretações e relações com a literatura serão exploradas na seção a seguir.

5 CONCLUSÕES

A primeira conclusão que é possível extrair dos resultados da metodologia aplicada é a de que, sob alta significância estatística, podemos observar um padrão de concentração de zonas com maior acessibilidade nas regiões centrais do município de São Paulo. Segundo a especificação dos indicadores calculados em (3.1), os maiores níveis de acessibilidade estão associados, essencialmente, a um menor tempo de deslocamento médio para outras zonas. Assim, as aplicações de econometria espacial reforçam o diagnóstico apontado pela literatura de que o desenvolvimento urbano da RMSP, bem como de sua rede de transporte metropolitano, foi orientada para melhor abastecer as regiões centrais da cidade, que não-coincidentemente também concentram os maiores níveis de renda e disponibilidade de empregos (VILLAÇA, 2011; NIGRIELLO; OLIVEIRA, 2013; VILLAÇA; ZIONI, 2005; ZIONI, 2008).

Outro fator que reforça a hipótese de que o melhor abastecimento de transporte metropolitano se destina às regiões de maior renda é a endogeneidade observada nos indicadores de acessibilidade como variável explicativa para as diferentes métricas de renda. Em todos os casos estimados por VI, a significância estatística dos testes de endogeneidade realizados sugere que, de fato, a estimação MQO contava com viés de simultaneidade e endogeneidade. Esta conclusão é especialmente importante para o caso da estimação dos indicadores de acessibilidade por transporte público, cujos coeficientes foram subestimados nas regressões MQO estatisticamente significantes, o que poderia levar à conclusão precipitada de que o investimento na acessibilidade por transporte público reduziria a renda populacional na RMSP, quando os testes realizados sugerem que os coeficientes verificados nas estimações MQO estavam viesados, provavelmente pelo fato de que, em geral, populações que usufruem das redes de transporte público possuem menor renda (VILLAÇA; ZIONI, 2005; NIGRIELLO; OLIVEIRA, 2013), estabelecendo assim uma correlação entre a variável explicativa e o termo de erro.

Os resultados dos testes de endogeneidade apontam para uma dissipação do grau de endogeneidade entre as variáveis de renda e os indicadores de acessibilidade, perceptíveis

através da perda de significância estatística nos testes de Wu-Hausman. Para o caso dos indicadores de acessibilidade para transporte público, tal efeito é condizente com as estatísticas de autocorrelação espacial

Ademais, podemos verificar que os cálculos de estatísticas de autocorrelação espacial apontam para uma dispersão nos pólos concentradores de acessibilidade para transporte público. A comparação das estatísticas I de Moran entre as edições da Pesquisa OD sugere um menor padrão de *clusterização* nos indicadores de acessibilidade, assim sugerindo que no período avaliado houve uma dispersão espacial para tal categoria de transporte metropolitano, que é justamente um dos enfoques atribuídos pelo PDE (SÃO PAULO (Município), 2002, 2014).

A estimação por diferenças em diferenças, por sua vez, é condizente com a prioridade atribuída ao transporte público por parte dos instrumentos do PDE avaliados, uma vez que a interação entre as *dummies* de tratamento e tempo foram estatisticamente significantes ao nível de 5% apenas para o caso dos indicadores de acessibilidade para transporte público.

Assim, a enumeração das conclusões anteriores possibilita estabelecer uma linha de raciocínio reforçando a hipótese de que a aplicação de instrumentos legislativos que promovam maior dispersão da rede de transporte metropolitano e incentivem fluxos de investimento em transporte público:

- (i) a aplicação de instrumentos do PDE, a saber, PIUs e OUCs, apresentou resultados positivos e estatisticamente significantes sobre indicadores de acessibilidade para transporte público, o que pode estar associado a uma redução nos tempos de deslocamento entre regiões da RMSP e/ou aumento na disponibilidade de empregos;
- (ii) no período entre 2007 e 2017, foi observada uma dispersão da rede de transporte público metropolitano, mensurada via aplicações de econometria espacial e, por hipótese, também associada à implementação de diretrizes do PDE;
- (iii) o enfraquecimento da endogeneidade entre métricas de renda e indicadores de acessibilidade ao longo do tempo sugerem que a simultaneidade entre tais variáveis pode ter perdido efeito, o que apontaria para um fluxo de investimento em redes de transporte metropolitano menos determinado pela renda;
- (iv) segundo modelos estimados por VI, o aumento de indicadores de acessibilidade para transporte público está associado a maiores níveis de renda individual, o

que contempla assalariados que usufruem da rede de transporte público metropolitano, segundo amostragem da Pesquisa OD.

Com isso, podemos concluir que a condução de políticas públicas orientadas para uma maior dispersão da rede de transporte metropolitano e que tenha como uma de suas ênfases o incentivo ao uso de transporte público, contribuirá para um aumento na renda individual da população, em linha com o que foi sugerido por Haddad, Vieira et al. (2015) e (HADDAD et al., 2019). Tais premissas poderão ser mantidas ou aplicadas em revisões e edições futuras do PDE ou legislações urbanas semelhantes com resultados satisfatórios para a economia, no que diz respeito ao aumento da renda.

Esforços futuros na literatura poderão buscar quantificar os efeitos do aumento da renda proporcionado pela implementação do PDE em termos de PIB ou PRB, bem como uma mensuração mais sofisticada da redução de atritos no transporte metropolitano associada à legislação em questão e seus instrumentos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. Econometria espacial. *Campinas-SP. Alínea*, 2012.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—lisa. *Geographical analysis*, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

BALBIM, R. N.; KRAUSE, C. H. Eixos de estruturação da transformação urbana: inovação e avaliação em são paulo. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2016.

CLIFF, A.; ORD, J. *Spatial Processes: Models & Applications*. [S.l.]: Pion, 1981. ISBN 9780850860818.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Portal da transparência. 2017. Disponível em: <https://transparencia.metrosp.com.br/dataset/pesquisa-origem-e-destino>. Acesso em: 26 jun. 2021.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO; SECRETARIA ESTADUAL DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS. Relatório síntese. Pesquisa Origem e Destino 2017, 2019.

FUNARI, A. P. Padrão de concentração de estruturas em são paulo - quais perspectivas para a transformação urbana? Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2016.

GESTÃO URBANA SP. Operações urbanas. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/estruturacao-territorial/operacoes-urbanas/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

GESTÃO URBANA SP. Processo de revisão participativa do plano diretor estratégico de são paulo. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/processo-participativo/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

GESTÃO URBANA SP. Projetos de intervenção urbana. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/estruturacao-territorial/piu/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

GOMIDE, A. d. Á. Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2006.

HADDAD, E. A.; BARUFI, A. M. B. From rivers to roads: Spatial mismatch and inequality of opportunity in urban labor markets of a megacity. *Habitat International*, Pergamon, v. 68, p. 3–14, 2017.

HADDAD, E. A. et al. Mobility in cities: Distributional impact analysis of transportation improvements in são paulo metropolitan region. *Transport Policy*, Elsevier, v. 73, n. C, p. 125–142, 2019.

HADDAD, E. A.; VIEIRA, R. et al. Mobilidade, acessibilidade e produtividade: nota sobre a valoração econômica do tempo de viagem na região metropolitana de são paulo. *Revista de Economia Contemporânea*, SciELO Brasil, v. 19, p. 343–365, 2015.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the econometric society*, JSTOR, p. 1251–1271, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema ibge de recuperação automática. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo/#/S/Q>>. Acesso em: 20 oct. 2021.

LAMOUR, Q. *Avaliação da estratégia dos eixos de estruturação da transformação urbana, do município de São Paulo, frente à teoria do desenvolvimento orientado pelo transporte (DOT). Estudo de caso: área de influência da estação Belém do Metrô*. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2018.

NIGRIELLO, A.; OLIVEIRA, R. H. de. A rede de transporte e a ordenação do espaço urbano. *Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano*, v. 35, p. 1^o, 2013.

PEREDA, P. C.; ALVES, D. C. de O. *Econometria Aplicada*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2018.

ROLNIK, R.; KLINTOWITZ, D. (i) mobilidade na cidade de são paulo. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 25, p. 89–108, 2011.

SÃO PAULO (Município). Lei n^o 13.430, de 13 de setembro de 2002. plano diretor estratégico. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13430-de-01-de-setembro-de-2002>>. Acesso em: 26 jun. 2021.

SÃO PAULO (Município). Lei n^o 16.050, de 31 de julho de 2014. aprova a política de desenvolvimento urbano e o plano diretor estratégico e revoga a lei n^o 13.430/2002. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>>. Acesso em: 26 jun. 2021.

SÃO PAULO (Município). Lei n^o 16.402, de 22 de março de 2016. disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no município de são paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

SAX, C.; EDELBUETTTEL, D. Seasonal adjustment by x-13arima-seats in r. *Journal of Statistical Software*, v. 87, n. 1, p. 1–17, 2018.

VIEIRA, R. S.; HADDAD, E. A. An accessibility index for the metropolitan region of são paulo. In: *The Rise of the City*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2015.

VILLAÇA, F. São paulo: segregação urbana e desigualdade. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 25, p. 37–58, 2011.

VILLAÇA, F.; ZIONI, S. M. Os transportes sobre trilhos na região metropolitana de são paulo: O poder público acentuando a desigualdade. *Companhia Brasileira de Trens Urbanos*, p. 223, 2005.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics: A modern approach*. [S.l.]: Cengage learning, 2015.

ZIONI, S. Análise histórica da produção de transporte urbano em são paulo. *Transporte em tempos de reforma*. Brasília: LGE, 2000.

ZIONI, S. Raízes históricas da concentração e da (i)mobilidade de são paulo. *X Seminário de história da cidade e do urbanismo*, Recife, 2008.

APÊNDICE A – ESTIMADOR DE MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS

Tomando como referência as equações estruturais (3.9) a (3.11), o estimador MQO utilizado resulta da minimização da soma dos quadrados dos resíduos, em que $\beta = \{\beta_0, \dots, \beta_K\}$ denota a matriz dos $K + 2$ parâmetros e $\hat{\varepsilon} = \{\hat{\varepsilon}_0, \dots, \hat{\varepsilon}_n\}$ denota a matriz de resíduos estimados nas n observações:

$$\min_{\{\beta_0, \dots, \beta_K\}} \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 = \min_{\{\beta_0, \dots, \beta_K\}} \hat{\varepsilon}' \hat{\varepsilon} \quad (\text{A.1})$$

A solução para A.1 é derivada em Pereda e Alves (2018), com o estimador MQO seguindo a expressão geral:

$$\hat{\beta}^{MQO} = (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{R} \quad (\text{A.2})$$

Em que $\hat{\beta}^{MQO} = \{\hat{\beta}_0^{MQO}, \dots, \hat{\beta}_K^{MQO}\}$ é a matriz de estimadores MQO, \mathbf{X} é a matriz¹ que contém as n observações das $K + 2$ variáveis explicativas e $\mathbf{R} = \{r_1, \dots, r_n\}$ é a matriz das n observações da variável de interesse.

O viés de simultaneidade pode ser ilustrado por um sistema de duas equações estruturais, uma análoga a (3.9) e outra que inverte a variável explicativa suposta endógena com a variável de interesse:

$$\ln r_i = \beta_0 + \beta_1 \ln A_i + \sum_{k=2}^K \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (\text{A.3})$$

¹Obs: $\forall j = 1, x_{ij} = 1 \iff x_{.1} = \{1, \dots, 1\}$

$$\ln A_i = \gamma_0 + \gamma_1 \ln r_i + \sum_{k=2}^K \gamma_k x_{ki} + \epsilon_i \quad (\text{A.4})$$

Supondo-se que as demais variáveis explicativas são exógenas e substituindo (A.3) em (A.4), obtemos a equação na forma reduzida de A_i :

$$\ln A_i = \lambda_0 + \sum_{k=2}^K \lambda_k x_{ki} + u_i \quad (\text{A.5})$$

Em que, para $\gamma_1 \beta_1 \neq 1$:

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= \frac{\gamma_0 + \gamma_1 \beta_0}{1 - \gamma_1 \beta_1} \\ \lambda_k &= \frac{\gamma_1 \beta_k + \gamma_k}{1 - \gamma_1 \beta_1} \\ u_i &= \frac{\gamma_1 \epsilon_i + \epsilon_i}{1 - \gamma_1 \beta_1} \end{aligned}$$

Segundo Wooldridge (2015), é possível demonstrar que:

$$Cov(A_i; \epsilon_i) = Cov(u_i; \epsilon_i) \quad (\text{A.6})$$

Assim, temos:

$$Cov(A_i; \epsilon_i) = \left(\frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1 \beta_1} \right) E(\epsilon_i^2) = \left(\frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1 \beta_1} \right) Var(\epsilon_i) \neq 0 \quad (\text{A.7})$$

De (A.7), concluímos que a variável é endógena e há viés de simultaneidade.

APÊNDICE B – ESTIMADOR DE VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS

Tendo em vista as equações estruturais (3.9) a (3.11), em que se supõe endogeneidade de A_i e exogeneidade de l_i e x_{ki} , o estimador VI utilizado resulta da aplicação do método dos momentos:

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_i] &= 0 \\ Cov(x_{kit}, \varepsilon_i) &= E(x_{ki}, \varepsilon_i | E[\varepsilon_{it}]) = 0 \\ Cov(l_i, \varepsilon_i) &= E(l_i, \varepsilon_i | E[\varepsilon_i]) = 0 \end{aligned} \tag{B.1}$$

A solução para B.1 é derivada em Pereda e Alves (2018), com o estimador VI seguindo a expressão geral:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}^{VI} = (\mathbf{Z}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{Z}'\mathbf{R} \tag{B.2}$$

Em que $\hat{\boldsymbol{\beta}}^{VI} = \{\hat{\beta}_0^{VI}, \dots, \hat{\beta}_K^{VI}\}$ é a matriz de estimadores VI, \mathbf{X} é a matriz¹ que contém as n observações das $K + 2$ variáveis explicativas da equação estrutural, \mathbf{Z} é a matriz² que contém as n observações das variáveis exógenas, inclusive o instrumento, e $\mathbf{R} = \{r_1, \dots, r_n\}$ é a matriz das n observações da variável de interesse.

¹Obs: $\forall j = 1, x_{ij} = 1 \iff x_{.1} = \{1, \dots, 1\}$

²Obs: $\forall j = 1, z_{ij} = 1 \iff z_{.1} = \{1, \dots, 1\}$

APÊNDICE C – PROPRIEDADES DOS ESTIMADORES VI E MQO

Note que (B.2) produz estimadores consistentes e não-viesados para grandes amostras:

$$plim \left(\hat{\beta}^{VI} \right) = \beta + plim \left(\frac{\mathbf{Z}'\mathbf{X}}{n} \right)^{-1} plim \left(\frac{\mathbf{Z}'\boldsymbol{\varepsilon}}{n} \right) = \beta \quad (\text{C.1})$$

No entanto, sob a hipótese de homocedasticidade, é possível demonstrar que (PEREDA; ALVES, 2018; WOOLDRIDGE, 2015):

$$V \left(\hat{\beta}^{VI} \right) > V \left(\hat{\beta}^{MQO} \right) \quad (\text{C.2})$$

Em que V denota a variância assintótica dos estimadores.

Assim, nos casos em que não há endogeneidade da variável explicativa A_i nas equações estruturais, os estimadores MQO possuem propriedades assintóticas mais favoráveis que os estimadores VI, sendo, portanto, o método preferível.

APÊNDICE D – REGRESSÕES SEM SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA PARA ACESSIBILIDADE

Tabela 13: Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade Geral em 2007

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_med
	(1)	(2)	(3)
log_acess	-0.003 (0.020)	0.005 (0.020)	0.036* (0.021)
inst_a	0.223*** (0.011)	0.223*** (0.011)	0.226*** (0.012)
idade	0.023*** (0.004)	0.017*** (0.004)	0.015*** (0.004)
morad	0.067*** (0.018)	0.068*** (0.018)	0.105*** (0.019)
constante	5.313*** (0.281)	5.283*** (0.279)	4.486*** (0.298)
Observações	480	480	480
R ²	0.862	0.850	0.831
R ² Ajustado	0.861	0.849	0.830
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.176	0.175	0.187
Estatística F (df = 4; 475)	741.647***	674.888***	584.359***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 14: Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade Geral em 2017

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_med
	(1)	(2)	(3)
log_acess	0.041* (0.021)	0.023 (0.020)	0.022 (0.019)
inst_a	0.216*** (0.012)	0.212*** (0.011)	0.203*** (0.010)
idade	0.016*** (0.003)	0.012*** (0.003)	0.008** (0.003)
morad	0.165*** (0.029)	0.138*** (0.027)	0.121*** (0.025)
constante	4.365*** (0.296)	4.770*** (0.279)	4.943*** (0.260)
Observações	492	492	492
R ²	0.784	0.780	0.780
R ² Ajustado	0.782	0.779	0.778
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.211	0.199	0.185
Estatística F (df = 4; 487)	441.375***	432.882***	432.249***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 15: Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2007

	<i>Variável dependente:</i>	
	log_renda_ind	log_renda_med
	(1)	(2)
log_acess_pub	0.053 (0.039)	-0.010 (0.019)
inst_a	0.234*** (0.024)	0.234*** (0.011)
idade	0.023*** (0.009)	0.016*** (0.004)
morad	-0.150*** (0.041)	0.100*** (0.019)
constante	3.942*** (0.584)	5.048*** (0.275)
Observações	480	480
R ²	0.678	0.830
R ² Ajustado	0.676	0.829
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.399	0.188
Estatística F (df = 4; 475)	250.575***	580.456***
<i>Nota:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Tabela 16: Regressões MQO Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2017

	<i>Variável dependente:</i>				
	log_renda.f (1)	log_renda.ind (2)	log_renda.media (3)	log_renda.pc.od (4)	log_renda.med (5)
log_access_pub	-0.013 (0.019)	0.073 (0.049)	-0.022 (0.017)	0.006 (0.019)	-0.015 (0.016)
inst_a	0.232*** (0.011)	0.239*** (0.030)	0.225*** (0.011)	0.272*** (0.011)	0.214*** (0.010)
idade	0.015*** (0.003)	0.015 (0.009)	0.011*** (0.003)	0.006* (0.004)	0.007** (0.003)
morad	0.159*** (0.029)	-0.259*** (0.075)	0.134*** (0.027)	0.077*** (0.029)	0.117*** (0.025)
constante	4.958*** (0.288)	3.846*** (0.758)	5.283*** (0.271)	3.685*** (0.290)	5.354*** (0.252)
Observações	492	490	492	492	492
R ²	0.782	0.516	0.781	0.824	0.780
R ² Ajustado	0.781	0.512	0.779	0.823	0.778
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.212	0.556 (gl = 485)	0.199	0.213	0.185
Estatística F (gl = 4; 487)	437.793***	129.511*** (gl = 4; 485)	433.172***	570.059***	431.657***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 17: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade Geral em 2007

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_med
	(1)	(2)	(3)
log_acess	0.045 (0.032)	0.051 (0.032)	0.044 (0.033)
inst_a	0.213*** (0.012)	0.214*** (0.012)	0.224*** (0.013)
idade	0.023*** (0.004)	0.016*** (0.004)	0.015*** (0.004)
morad	0.071*** (0.018)	0.072*** (0.018)	0.106*** (0.019)
constante	4.738*** (0.411)	4.723*** (0.408)	4.390*** (0.433)
Observações	480	480	480
R ²	0.860	0.849	0.831
R ² Ajustado	0.859	0.847	0.830
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.178	0.176	0.187
<i>Nota:</i>		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Tabela 18: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade Geral em 2017

	<i>Variável dependente:</i>			
	log_renda.f (1)	log_renda.pc (2)	log_renda.media (3)	log_renda.med (4)
log_access	0.003 (0.035)	0.018 (0.035)	-0.030 (0.033)	-0.025 (0.031)
inst_a	0.228*** (0.015)	0.224*** (0.015)	0.228*** (0.014)	0.218*** (0.013)
idade	0.016*** (0.003)	0.016*** (0.003)	0.011*** (0.003)	0.007** (0.003)
morad	0.161*** (0.029)	-0.119*** (0.028)	0.133*** (0.027)	0.116*** (0.025)
constante	4.771*** (0.420)	4.478*** (0.417)	5.345*** (0.397)	5.454*** (0.370)
Observações	492	492	492	492
R ²	0.782	0.843	0.777	0.777
R ² Ajustado	0.781	0.842	0.776	0.776
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.212	0.210	0.200	0.186

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 19: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público em 2007

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_med
	(1)	(2)	(3)
log_acess_pub	0.042 (0.030)	0.048 (0.030)	0.041 (0.032)
inst_a	0.215*** (0.012)	0.215*** (0.012)	0.225*** (0.012)
idade	0.023*** (0.004)	0.017*** (0.004)	0.016*** (0.004)
morad	0.072*** (0.019)	0.073*** (0.019)	0.106*** (0.020)
constante	4.765*** (0.400)	4.753*** (0.398)	4.416*** (0.419)
Observações	480	480	480
R ²	0.856	0.843	0.827
R ² Ajustado	0.854	0.842	0.826
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.180	0.179	0.189
<i>Nota:</i>		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Tabela 20: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Público 2017

	<i>Variável dependente:</i>			
	log_renda.f (1)	log_renda.pc (2)	log_renda.media (3)	log_renda.med (4)
log_access_pub	0.003 (0.036)	0.018 (0.035)	-0.030 (0.033)	-0.026 (0.031)
inst_a	0.228*** (0.014)	0.224*** (0.014)	0.228*** (0.013)	0.218*** (0.012)
idade	0.016*** (0.004)	0.016*** (0.004)	0.010*** (0.003)	0.007** (0.003)
morad	0.161*** (0.029)	-0.119*** (0.029)	0.133*** (0.027)	0.116*** (0.025)
constante	4.766*** (0.465)	4.453*** (0.464)	5.387*** (0.436)	5.490*** (0.407)
Observações	492	492	492	492
R ²	0.782	0.841	0.780	0.780
R ² Ajustado	0.780	0.840	0.779	0.778
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.212	0.211	0.199	0.185

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tabela 21: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Particular em 2007

	<i>Variável dependente:</i>		
	log_renda_f	log_renda_media	log_renda_med
	(1)	(2)	(3)
log_acess_part	0.047 (0.033)	0.053 (0.032)	0.046 (0.035)
inst_a	0.209*** (0.014)	0.208*** (0.014)	0.219*** (0.015)
idade	0.022*** (0.004)	0.016*** (0.004)	0.015*** (0.004)
morad	0.069*** (0.018)	0.070*** (0.018)	0.103*** (0.019)
constante	4.796*** (0.367)	4.788*** (0.365)	4.446*** (0.390)
Observações	480	480	480
R ²	0.865	0.853	0.834
R ² Ajustado	0.864	0.852	0.833
Erro-padrão residual (gl = 475)	0.175	0.174	0.186
<i>Nota:</i>		*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01	

Tabela 22: Regressões VI Adicionais para Acessibilidade por Transporte Particular 2017

	<i>Variável dependente:</i>			
	log_renda.f (1)	log_renda.pc (2)	log_renda.media (3)	log_renda.med (4)
log_access-part	0.004 (0.044)	0.023 (0.044)	-0.038 (0.043)	-0.032 (0.040)
inst_a	0.227*** (0.019)	0.221*** (0.019)	0.233*** (0.018)	0.222*** (0.017)
idade	0.016*** (0.003)	0.016*** (0.003)	0.011*** (0.003)	0.007** (0.003)
morad	0.161*** (0.028)	-0.121*** (0.028)	0.136*** (0.027)	0.119*** (0.025)
constante	4.768*** (0.446)	4.464*** (0.440)	5.370*** (0.428)	5.475*** (0.398)
Observações	492	492	492	492
R ²	0.783	0.845	0.771	0.772
R ² Ajustado	0.781	0.844	0.769	0.770
Erro-padrão residual (gl = 487)	0.211	0.209	0.203	0.189

Nota: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01