

Universidade de São Paulo
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária
Departamento de Economia
Programa de Pós-Graduação em Economia

João Pedro Saldanha Corrêa

**Sistema de transporte e habitação na Região Metropolitana de São Paulo:
Uma abordagem de preços hedônicos**

São Paulo
2023

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Júnior

Reitor da Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Maria Dolores Montoya Diaz

Diretora da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária

Prof. Dr. Claudio Ribeiro de Lucinda

Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Mauro Rodrigues Junior

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

João Pedro Saldanha Corrêa

Sistema de transporte e habitação na Região Metropolitana de São Paulo:
Uma abordagem de preços hedônicos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Versão original

São Paulo
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação (CIP)
Ficha Catalográfica com dados inseridos pelo autor

Corrêa, João Pedro Saldanha.

Sistema de transporte e habitação na Região Metropolitana de São Paulo: Uma abordagem de preços hedônicos / João Pedro Saldanha Corrêa. - São Paulo, 2023.

56 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2023.
Orientador: Eduardo Amaral Haddad.

1. Economia. 2. Economia regional. 3. Economia urbana. I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária. II. Título.

Nome: CORRÊA, João Pedro Saldanha

Título: Sistema de transporte e habitação na Região Metropolitana de São Paulo: Uma abordagem de preços hedônicos

Dissertação apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.:

Instituição:

Julgamento:

Prof. Dr.:

Instituição:

Julgamento:

Prof. Dr.:

Instituição:

Julgamento:

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad por tão prontamente aceitar me orientar. Os cursos de *Matrizes de Insumo-Produto* e *Equilíbrio Geral Computável*, ministrados ao final de meu primeiro ano no Mestrado, foram muito enriquecedores e interessantes. Sou muito grato pela orientação e pelas oportunidades que o professor Haddad diversas vezes me proporcionou ao longo dos últimos anos.

Agradeço aos professores da FEA-USP e aos integrantes do NEREUS pelas aulas ministradas e pelas diversas contribuições para este trabalho. Em particular agradeço aos professores Carlos Roberto Azzoni, Paula Carvalho Pereda, André Luis Squarize Chagas e Ariaster Baumgratz Chimeli. Também agradeço aos doutores Inácio Fernandes de Araújo Junior, Ademir Antônio Moreira Rocha e Sergio André Castelani.

Agradeço aos funcionários da FEA-USP e da FIPE por toda ajuda que sempre me ofereceram. Em especial, agradeço ao Sr. Sebastião Francisco Pinho de Sousa e a Sra. Adriana Miranda de Oliveira Maria.

Agradeço ao NEREUS, pelo espaço e recursos cedidos para meu estudo e pelo agradável e estimulante ambiente de trabalho. Agradeço à FEA-USP por minha formação acadêmica, à CAPES pela bolsa de estudos, ao IPEA e ao CEM pelas bases de dados e *softwares* gratuitamente disponibilizados. Agradeço também à EMBRAESP pela base de dados gentilmente fornecida.

Agradeço aos meus colegas do NEREUS, pela amizade e pelas diversas contribuições para este estudo. São eles: Alan Marques, Eduarda Figueiredo, Leonardo Merlini, Mariana Haase e Thomas Daher. Obrigado, Thomas, por sua valiosa recomendação que foi instrumental para este trabalho.

Agradeço aos meus amigos, Guilherme Arthen e Bruno Bueno, que tornaram a caminhada do Mestrado menos árdua.

Agradeço à minha família, por todo o amor.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.612079/2021-00. Uma

versão preliminar foi apresentada no 62º Congresso da European Regional Science Association (ERSA), realizado no ano corrente em Alicante (Espanha), com o auxílio financeiro de duas bolsas fornecidas pelo Departamento de Economia da FEA-USP e pela FIPE.

Resumo

CORRÊA, João Pedro Saldanha. Sistema de transporte e habitação na Região Metropolitana de São Paulo: Uma abordagem de preços hedônicos. 2023. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Neste trabalho estimou-se o preço marginal da acessibilidade aos empregos na composição do preço de oferta do metro quadrado de área útil em imóveis residenciais lançados entre 2014 e 2017 na Região Metropolitana de São Paulo. Isso foi feito por meio de modelos de preços hedônicos que tomam as Zonas de Tráfego (ZTs) – formuladas pela Pesquisa Origem Destino 2017 – como unidade de análise espacial. A acessibilidade aos empregos foi mensurada por meio de dois índices de acessibilidade: um para o transporte privado (IA PRIV) e outro para o transporte público (IA PUB). Os resultados indicam que um acréscimo de 1000 empregos ao IA PRIV implica numa valorização do metro quadrado de R\$ 1,04, enquanto um igual aumento de 1000 empregos no IA PUB resulta numa valorização de R\$ 0,51. Modelos que tomam o logaritmo do preço total de oferta também foram estimados, mas testes subsequentes indicaram que suas estimativas contêm viés, potencialmente proveniente de efeitos espaciais não controlados. Dois cenários foram simulados alterando a distribuição de empregos e a infraestrutura de transporte. O primeiro considerou que apenas a distribuição de empregos é modificada, assumindo aquela projetada em Haddad et al. (2020), enquanto a infraestrutura de transporte permanece a mesma. O segundo assume que tanto a distribuição dos empregos, quanto a infraestrutura de transporte sofrem alterações. A comparação entre os cenários permitiu isolar o efeito de nova infraestrutura sobre o preço do metro quadrado via o canal da acessibilidade aos empregos. As simulações indicam que aumentos de até 13,5% no índice de acessibilidade por transporte público, decorrentes da nova infraestrutura, implicaram em valorizações de até 0,8%.

Palavras-chave: Imóveis residenciais. Acessibilidade a empregos. Índice de acessibilidade. Infraestrutura de transporte.

Abstract

CORRÊA, João Pedro Saldanha. Transportation system and housing in São Paulo Metropolitan Region: A hedonic prices approach. 2023. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

This work uses hedonic price models to estimate the marginal price of accessibility to jobs embedded in the square meter offer price of new housing released between 2014 and 2017 in the São Paulo Metropolitan Region. The regionalization employed was formulated by the Origin Destination Survey 2017 and is based on the Traffic Zones (TZs). Two indexes measure accessibility: one for private vehicles (AI PRIV), and another for public transit (AI PUB). Results indicate that a 1000 jobs increase in AI PRIV leads to an increase in the square meter price equal to 1.04 BRL, while a similar increase in AI PUB yields an increase of 0.51 BRL. Models whose dependent variable is the logarithm of the total price were also run. However, subsequent tests suggest that their results are biased, probably coming from uncontrolled spatial effects. Two employment and infrastructure scenarios were run. The first one adopts the employment distribution predicted in Haddad et al. (2020), while the second adopts this distribution and an expanded transit infrastructure. The comparison between the scenarios highlights the effect of new infrastructure on the square meter price through the channel of increased accessibility to jobs. Results show that increases in AI PUB of up to 13.5% originating from the new infrastructure generate price increases of up to 0.8%.

Keywords: Housing. Accessibility to jobs. Accessibility index. Transportation infrastructure.

Lista de Ilustrações

Figura 1: As 517 Zonas de Tráfego na Pesquisa Origem Destino 2017	18
Figura 2: Densidade do Emprego nas Zonas de Tráfego em 2017	19
Figura 3: Índice de Acessibilidade por Transporte Privado (2017).....	22
Figura 4: Índice de Acessibilidade por Transporte Público (2017)	23
Figura 5: Índice de Acessibilidade por Transporte Público e Malha Ferroviária (2017)	24
Figura 6: Localização dos Lançamentos Imobiliários.....	25
Figura 7: Preço Previsto para o Metro Quadrado de Área Útil (2017).....	34
Figura 8: Variação Relativa do Emprego (2017-2040).....	39
Figura 9: Densidade do Emprego nas Zonas de Tráfego em 2040	39
Figura 10: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Privado (2017-2040)	40
Figura 11: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público (2017-2040).....	40
Figura 12: Zonas de Tráfego Identificadas como as Maiores Contribuidoras para o Crescimento do Emprego.....	41
Figura 13: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado (2017-2040) (Versão IA PUB) .	43
Figura 14: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado (2017-2040) (Versão IA PRIV) .	44
Figura 15: Sistema sobre Trilhos, Linha 2-Verde (em verde) e Expansão (em vermelho)	45
Figura 16: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público entre os Cenários ..	46
Figura 17: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado entre os Cenários	46
Figura 18: Lançamentos e Sistema sobre Trilhos	55
Figura 19: Padrão Espacial dos Setores nas Zonas de Tráfego Identificadas como as Maiores Contribuidoras para o Crescimento do Emprego.....	55
Figura 20: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público entre os Cenários e Sistema sobre Trilhos.....	56

Lista de Tabelas

Tabela 1: Estatísticas Descritivas dos Modelos Georreferenciados	27
Tabela 2: Resultados do Modelo do Preço do Metro Quadrado de Área Útil.....	31
Tabela 3: Resultados do Modelo do Logaritmo do Preço Total	32
Tabela 4: Comparação entre os Grupos de Zonas de Tráfego com Informação de Preço	42
Tabela 5: Estatísticas Descritivas dos Lançamentos mais Valorizados	43
Tabela 6: Crescimento do Emprego Setorial na Região Metropolitana de São Paulo (2015-2040) ...	57
Tabela 7: Crescimento do Emprego Setorial nas 75 Zonas de Tráfego Identificadas (2015-2040)	57
Tabela 8: Resultados do Modelo do Preço do Metro Quadrado de Área Útil.....	58
Tabela 9: Resultados do Modelo do Logaritmo do Preço Total	58

Lista de Abreviaturas e Siglas

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

MSP – Município de São Paulo

ZT(s) – Zona(s) de Tráfego

POD – Pesquisa Origem Destino

POD 2017 – Pesquisa Origem Destino 2017

IA PRIV – Índice de acessibilidade por transporte privado

IA PUB – Índice de acessibilidade por transporte público

MIIP-RMSP - Matriz intermunicipal de Insumo-Produto para a Região Metropolitana de São Paulo

SPRY – São Paulo Regional Dynamic CGE Model

Sumário

Agradecimentos.....	7
Resumo	9
Abstract	10
Lista de Ilustrações	11
Lista de Tabelas	12
Lista de Abreviaturas e Siglas	12
Capítulo 1: Introdução.....	15
Capítulo 2: Acessibilidade aos Empregos e Modelos Hedônicos	17
2.1 Pesquisa Origem Destino 2017	17
2.2 Índice de Acessibilidade.....	19
2.3 Base de Dados do Mercado Imobiliário.....	24
2.4 Controles Espaciais e Matriz de Pesos Espaciais	27
2.5 Modelos Hedônicos	29
Capítulo 3: Projeções de Emprego, Preços e Cenários.....	35
3.1 Modelo da Economia Metropolitana.....	35
3.2 Projeção de Emprego para 2040	37
3.3 Cenário I: Obras Paradas.....	41
3.4 Cenário II: Expansão do Metrô	44
Capítulo 4: Conclusão e Considerações Finais.....	47
Referências	51
Apêndice A – Figuras	55
Apêndice B – Tabelas.....	57

Capítulo 1: Introdução

Diversas metodologias foram desenvolvidas ao longo das décadas com o intuito de modelar o mercado imobiliário de áreas urbanas. Os modelos mais tradicionais de cidade linear ou monocêntrica descrevem o uso do solo nessas regiões com foco sobre a acessibilidade aos empregos, no caso do uso residencial, ou às rodovias e terminais de carga, no caso de usos industriais (O’SULLIVAN, 2012). Mais recentes são os modelos de escolha de bairro, em que famílias escolhem seu local de residência de maneira a maximizar uma função utilidade (HEBLICH; REDDING; STURM, 2020; BARWICK *et al.*, 2021). A interrelação entre a distribuição da população e o sistema de transporte é explorada em diversos estudos. Alguns adotam alguma característica exógena à estrutura urbana como instrumento para controlar essa interrelação (HADDAD; BARUFI, 2017; TYNDALL, 2021).

A formação de preços no mercado imobiliário é objeto de análise na literatura de preços hedônicos, cujos modelos decompõem os preços de imóveis, particularmente residências, em uma série de preços implícitos para suas características (BALL, 1973; KING, 1976; WITTE; SUMKA; EREKSON, 1979; BLOMQUIST; WORLEY, 1981; PALMQUIST, 1984; FOLLAIN; JIMENEZ, 1985; BOWEN; MIKELBANK; PRESTEGAARD, 2001).

No contexto da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), existem alguns estudos que empregam esse tipo de modelo (FÁVERO, 2005; HERMANN; HADDAD, 2005; FÁVERO; BELFIORE; LIMA, 2008; CAMPOS, 2017). Esta região é também objeto de estudo de uma série de trabalhos dedicados a analisar a acessibilidade aos empregos (VIEIRA; HADDAD, 2012; HADDAD *et al.*, 2019). De fato, o interesse pela RMSP é facilmente compreendido: esta metrópole é o maior centro populacional no continente americano, e o segundo maior em todo o hemisfério sul. Sua economia é grande e diversificada, contendo setores industrial, financeiro, comercial e de serviços complexos bem estabelecidos. Sua infraestrutura de transporte contém quase todos os principais modais – com a notável exceção de bondes –, cada um servindo a milhões de passageiros todo ano. Seu mercado imobiliário passa por contínua expansão desde o início do processo de metropolização de São Paulo, nos primeiros anos do século XX. Além disso, as características da região impõem uma série de desafios metodológicos: para citar apenas alguns, podemos apontar a existência de um grande setor informal na economia, a presença de loteamentos irregulares e de favelas, a infraestrutura

deficiente – comprovada pela presença perene de congestionamentos e pela contaminação dos corpos de água com esgoto – e a fragmentação administrativa da região em quase quatro dezenas de municípios.

Este trabalho estuda a interrelação entre o mercado imobiliário e o sistema de transporte no contexto da Região Metropolitana de São Paulo. Em particular, com o objetivo de determinar qual é o efeito da acessibilidade aos empregos sobre o preço de oferta de lançamentos residenciais. Isso será feito por meio de um modelo de preços hedônicos. Adicionalmente, dois cenários foram simulados com o intuito de identificar o efeito de nova infraestrutura de transporte sobre o preço de lançamentos residenciais via o canal da acessibilidade aos empregos.

O próximo capítulo apresentará as bases de dados empregadas, como é mensurada a acessibilidade aos empregos, os modelos hedônicos estimados e seus resultados. O capítulo três descreverá a construção dos cenários simulados e seus resultados. A conclusão do estudo e as considerações finais são apresentadas no capítulo quatro.

Capítulo 2: Acessibilidade aos Empregos e Modelos Hedônicos

Neste capítulo se buscará responder a primeira pergunta de pesquisa, isto é: qual o efeito da acessibilidade aos empregos sobre o preço dos lançamentos residenciais na RMSP? Foram empregados modelos hedônicos para determinar o preço marginal da acessibilidade. Destarte, apresenta-se a unidade geográfica empregada na análise, como a acessibilidade aos empregos é mensurada, a base de dados do mercado imobiliário e os controles espaciais empregados, os modelos hedônicos construídos e os resultados das estimações.

2.1 Pesquisa Origem Destino 2017

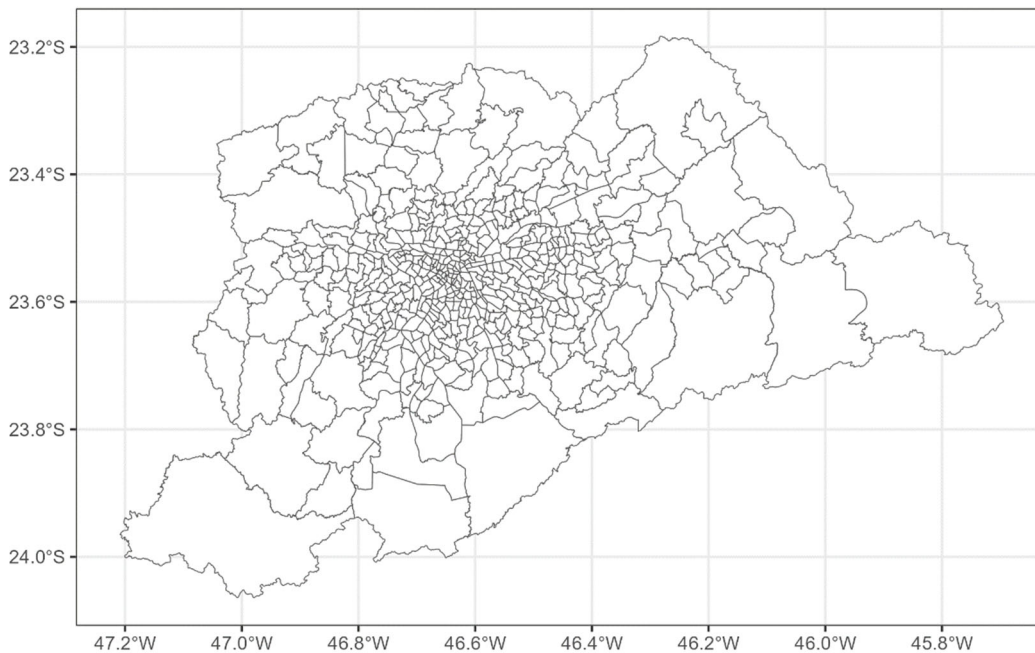
A Pesquisa Origem Destino (POD) é uma pesquisa de mobilidade elaborada a cada dez anos pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô). Sua primeira edição data de 1967, enquanto a mais recente é de 2017. Além das seis versões decenais, há duas pesquisas de menor escopo: a Pesquisa de Mobilidade 2002 e a Pesquisa de Mobilidade 2012. Devido aos efeitos da Pandemia de Covid-19, a frequência da pesquisa foi alterada, com a edição prevista para 2027 sendo antecipada para o ano corrente, 2023.¹ O que se observa hoje na comparação com o período anterior à Pandemia é uma redução no número de passageiros no transporte coletivo, ao passo que os congestionamentos de veículos nas principais vias retornaram aos níveis originais. Adicionalmente, suspeita-se que as alterações nos padrões de deslocamento não se deram de maneira uniforme em toda a região metropolitana.²

A POD segmenta a RMSP em diversas zonas de tráfego (ZT). As ZTs são definidas com base na sua homogeneidade urbanística e socioeconômica, buscando manter a compatibilidade com os zoneamentos elaborados em versões anteriores da pesquisa, com os limites de municípios da RMSP e de distritos do município de São Paulo (MSP) e com os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (METRÔ, 2019). Na versão de 2017, a RMSP foi segmentada em 517 ZTs (Figura 1).

¹ Disponível em: https://www.metro.sp.gov.br/pt_BR/noticias-e-novidades/2023/07/31/metro-antecipacao-elaboracao-da-maior-pesquisa-de-mobilidade-urbana-para-analisar-os-impactos-da-pandemia (Acesso: 11/09/2023)

² Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2023/07/para-medir-efeito-da-pandemia-metro-altera-serie-historica-de-pesquisa-de-mobilidade.shtml> (Acesso: 21/09/23)

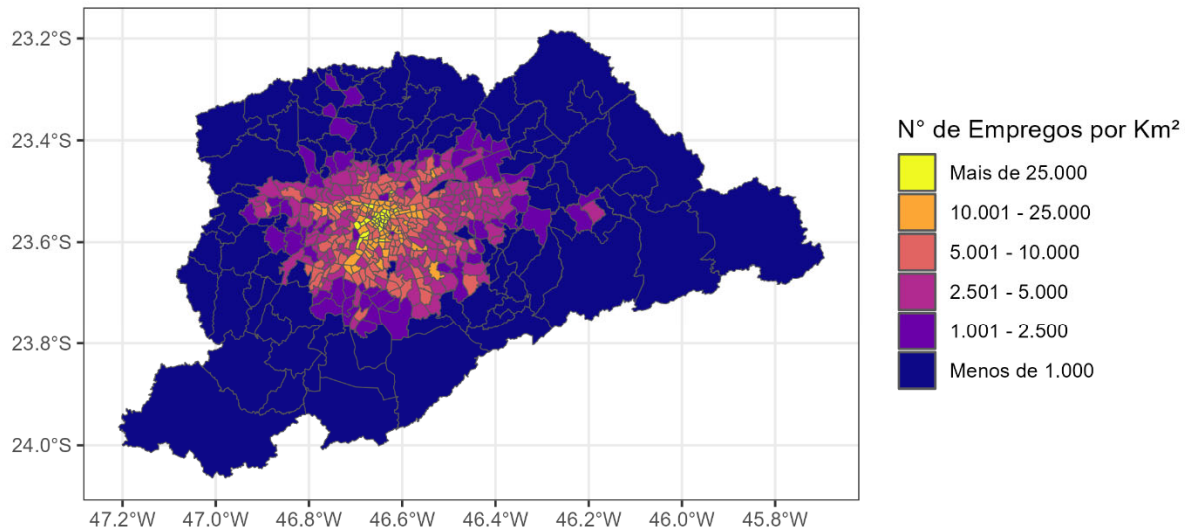
Figura 1: As 517 Zonas de Tráfego na Pesquisa Origem Destino 2017



Fonte: Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô (2019).

Para cada ZT, a pesquisa reúne diversas informações acerca de características socioeconômicas – tamanho da população, distribuição por faixa etária, por gênero, por faixa de renda, nível de renda total e per capita, grau de instrução, número de matrículas escolares, entre outros – e de padrões de deslocamento – número de viagens geradas ou atraídas por cada ZT, composição dessas viagens com relação aos modais empregados, número de veículos particulares em posse dos residentes, entre outros. De especial interesse para nós é a estimativa do número de postos de trabalho em cada ZT (Figura 2). A ZT é a unidade básica de análise empregada neste estudo. Variáveis que tenham alguma componente espacial serão expressas e discutidas ao nível das ZTs.

Figura 2: Densidade do Emprego nas Zonas de Tráfego em 2017



Fonte: Elaboração Própria com Dados da Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô (2019).

2.2 Índice de Acessibilidade

A acessibilidade aos postos de trabalho – ou seja, ao emprego – na RMSP é mensurada, ao nível das ZTs, por meio de um índice de acessibilidade (IA). Segue-se Vieira e Haddad (2012), que se baseiam em Hansen (1959). Segundo Du e Mulley (2006 *apud* VIEIRA; HADDAD, 2012, p. 4) medidas de acessibilidade deste tipo podem ser consideradas as mais robustas para mensurar a acessibilidade a serviços ou empregos, pois elas consideram ao mesmo tempo os efeitos de transporte e uso da terra. O índice tem a seguinte forma:

$$A_{i,m} = \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij,m}}$$

$$d_{ij,m} = e^{\alpha t_{ij,m}}$$

Onde $A_{i,m}$ é o índice para a ZT i , E_j é o total de empregos em cada ZT j , $d_{ij,m}$ é a função de dissuasão entre as ZTs i e j , α é um parâmetro de calibração, e $t_{ij,m}$ é o tempo de viagem entre i e j . O subscrito m indica o modal empregado. Foram calculados dois índices para cada ZT: um para o transporte privado (IA PRIV) e outro para o transporte público (IA PUB). O valor de $\alpha = 0,01154$ segue o proposto por Vieira e Haddad (2012). Além disso, $n = 517$ é o número de ZTs e quando $i = j$, assume-se $t_{ij,m} = 0$, o que implica $d_{ij,m} = 1$.

Para o cálculo do IA, é necessário estimar o tempo de viagem entre cada par origem-destino (OD), isto é, entre pares de ZTs. Para que isso seja possível, é necessário colapsar cada ZT a um único ponto representativo. Tomou-se o centroide (centro geográfico) de cada zona como esse ponto. Ao se fazer isso, assume-se uma de duas hipóteses: a primeira supõe que os postos de trabalho e as residências de cada zona se concentram no entorno de seu centro geográfico, de maneira que este coincide com um “centro de atividades” de cada zona. Consequentemente os trajetos entre os centroides são relativamente representativos dos trajetos tomados pelos trabalhadores entre as diferentes zonas. A segunda hipótese consiste em assumir que os empregos e as residências se distribuem de maneira homogênea por toda a extensão de cada zona, de tal sorte que os trajetos formados entre os centroides são médias dos trajetos dos trabalhadores entre as zonas.

A adoção do centroide como centro representativo é vantajosa pois é relativamente simples e, no núcleo da região metropolitana, parece ser uma aproximação bem adequada, dado que zonas nesta região são menores e mais homogêneas. No entanto, esta aproximação é pouco representativa na periferia da região metropolitana. Por exemplo, a ZT Marsilac tem uma extensão de mais de 200 km², é ocupada ao sul e ao leste por trechos do Parque Estadual da Serra do Mar, enquanto as áreas mais edificadas se concentram ao noroeste. Como as áreas mais povoadas (e, portanto, mais relevantes para a análise) são fragmentadas nas menores ZTs, o emprego dos centroides deve ser satisfatório.

Para estimar o tempo de viagem entre todos os possíveis pares de centroides empregou-se o pacote de *R5R*, desenvolvido por Pereira *et al.* (2021). Este pacote cria uma interface em R para o programa R⁵, *Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks*, desenvolvido pela companhia Conveyal³. O pacote permite calcular matrizes de tempo de viagem entre pares OD tomando como insumos: a malha viária da região de estudo, arquivos GTFS (*General Transit Feed Specification*), que descrevem a rede de transporte público, e cartas topográficas. A congestão das vias não é modelada, em seu lugar assume-se que os automóveis viajam no limite de velocidade especificado para cada via.

³ Disponível em: <https://conveyal.com/> (Acesso: 12/09/2023)

A malha viária foi obtida por meio do *website* BBBike Extract Service⁴. Este *site* extrai da base de dados do OpenStreetMap⁵ a malha viária da região assinalada tal qual está registrada no dia da extração; portanto, considera-se o arruamento existente no primeiro semestre de 2023.

Para os trajetos em transporte público, empregaram-se os itinerários fornecidos pela SPTrans⁶ – que inclui as linhas de ônibus do MSP e as linhas do Sistema sobre Trilhos (Metrô e CPTM) – e pela EMTU⁷ – que compreende as linhas de ônibus intermunicipais operados por esta empresa. Os dados de ambas as fontes se referem à infraestrutura de transporte público existente em 2023. As linhas de ônibus municipais do restante da região metropolitana não são consideradas: isto se deve à dificuldade de se obter dados precisos e contemporâneos das diferentes prefeituras. Há, conseqüentemente, um viés nas estimativas de tempo de viagem por transporte público: regiões não pertencentes ao MSP e distantes das vias férreas ou das linhas de ônibus da EMTU apresentarão estimativas de tempo de viagem excessivamente grandes, pois se considera que se caminha em trechos que, na realidade, são percorridos em ônibus municipais. No cômputo do índice, esse viés implicará numa subestimação do número de postos de trabalho acessíveis por transporte público em cada zona, ou seja, numa subestimação do IA PUB.

Cartas topográficas da região metropolitana com resolução de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros) foram obtidas do projeto TOPODATA⁸, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Elas permitiram refinar as estimativas de tempo para trechos de caminhada. Estimou-se duas matrizes de tempo de viagem, uma para transporte privado, outra para transporte público. Nos pares OD cujo tempo de viagem não foi possível ser estimado, utilizou-se o valor de 1440 minutos, isto é, igual a um dia de viagem. Os tempos previstos para alguns pares OD foram comparados com as estimativas fornecidas pela função de rotas do Google Maps, fornecendo resultados similares. A partir das matrizes estimadas e

⁴ Disponível em: <https://extract.bbbike.org/> (Acesso: 12/09/2023)

⁵ Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=4/-15.13/-53.19> (Acesso: 12/09/2023)

⁶ Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/desenvolvedores/> (Acesso: 12/09/2023)

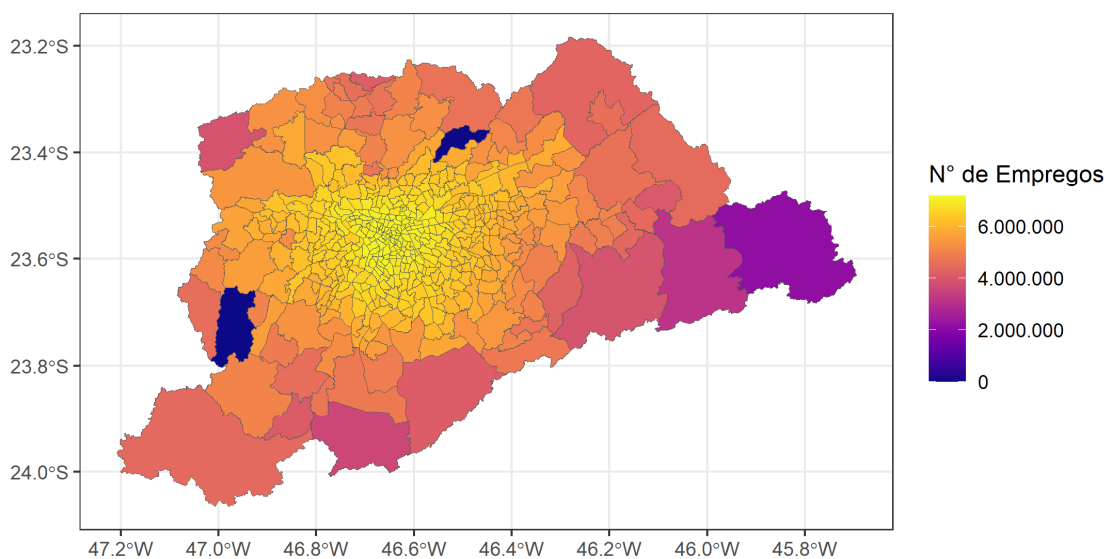
⁷ Disponível em: <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/dados-abertos/dados-abertos-principal/gtfs.fss> (Acesso: 12/09/2023)

⁸ Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> (Acesso: 12/09/2023)

dos níveis de emprego em cada ZT em 2017, fornecidos pela POD 2017, calcularam-se os dois índices de acessibilidade (Figura 2 e Figura 3).

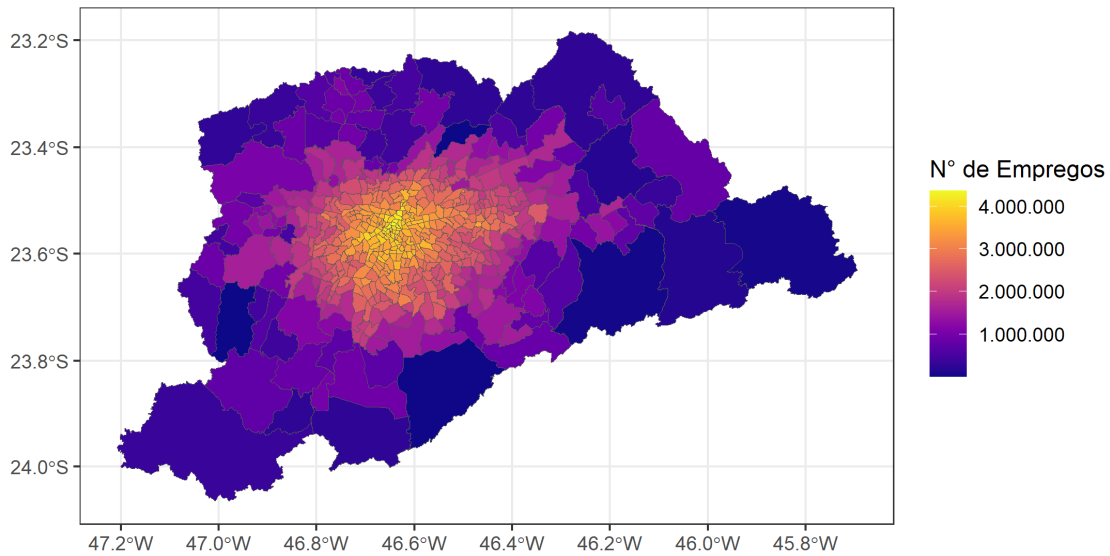
Ambos os índices seguem um padrão centro-periferia: as ZTs que compõem o centro da região metropolitana apresentam os maiores níveis de acessibilidade, que decai em círculos concêntricos à medida que nos deslocamos para ZTs mais periféricas. Há duas ZTs que apresentam valores para a acessibilidade muito próximos de zero: Caucaia e Morro dos Macacos (em roxo escuro na Figura 3). Ambas as ZTs pertencem a zonas de preservação ambiental e são cortadas por poucas ou nenhuma via.

Figura 3: Índice de Acessibilidade por Transporte Privado (2017)



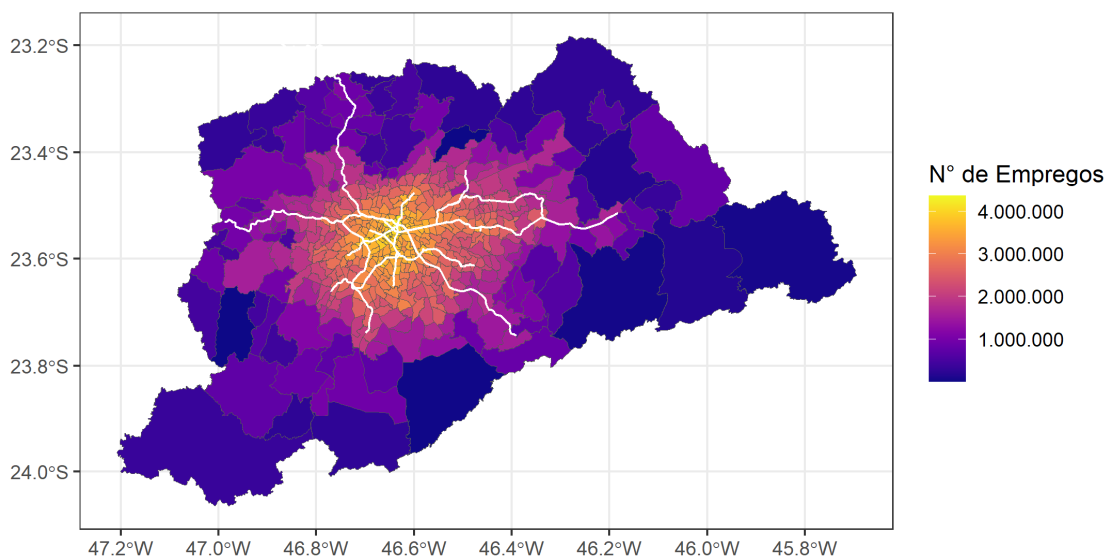
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 4: Índice de Acessibilidade por Transporte Público (2017)



Há duas diferenças marcantes entre os índices. A primeira é uma diferença nos valores, que são substancialmente mais elevados para o IA PRIV. Embora exista o viés de subestimação do IA PUB, discutido acima, a diferença na comparação entre este índice e o IA PRIV aparenta ser grande demais para se dever exclusivamente a ele. De fato, a acessibilidade por transporte público deve ser consideravelmente menor do que a por transporte privado. A segunda diferença é que o IA PUB, embora também apresente um padrão centro-periferia, apresenta valores mais elevados de acessibilidade em ZTs que margeiam linhas da CPTM e do Metrô (Figura 5). É interessante apontar que os padrões espaciais obtidos reproduzem os resultados de Vieira e Haddad (2012) e Haddad e Barufi (2017), que empregaram a mesma metodologia.

Figura 5: Índice de Acessibilidade por Transporte Público e Malha Ferroviária (2017)



Fonte: Elaboração Própria.

2.3 Base de Dados do Mercado Imobiliário

A base de dados do mercado imobiliário utilizada neste trabalho foi fornecida pela Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio – EMBRAESP. Esta base reúne lançamentos imobiliários residenciais localizados na RMSP no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017. Cada observação nesta base corresponde a um modelo⁹ de apartamento ou casa em um empreendimento imobiliário. Por exemplo, um edifício com apartamentos de três tipos de metragem – digamos, 53, 56 e 66 m² –, será representado por três entradas no banco de dados. A base é composta por 2530 modelos distribuídos entre 1485 empreendimentos, totalizando 169.371 unidades. Dentre elas, 12 foram descartadas por serem hotéis e não residências. Algumas poucas observações foram perdidas por erros de registro.

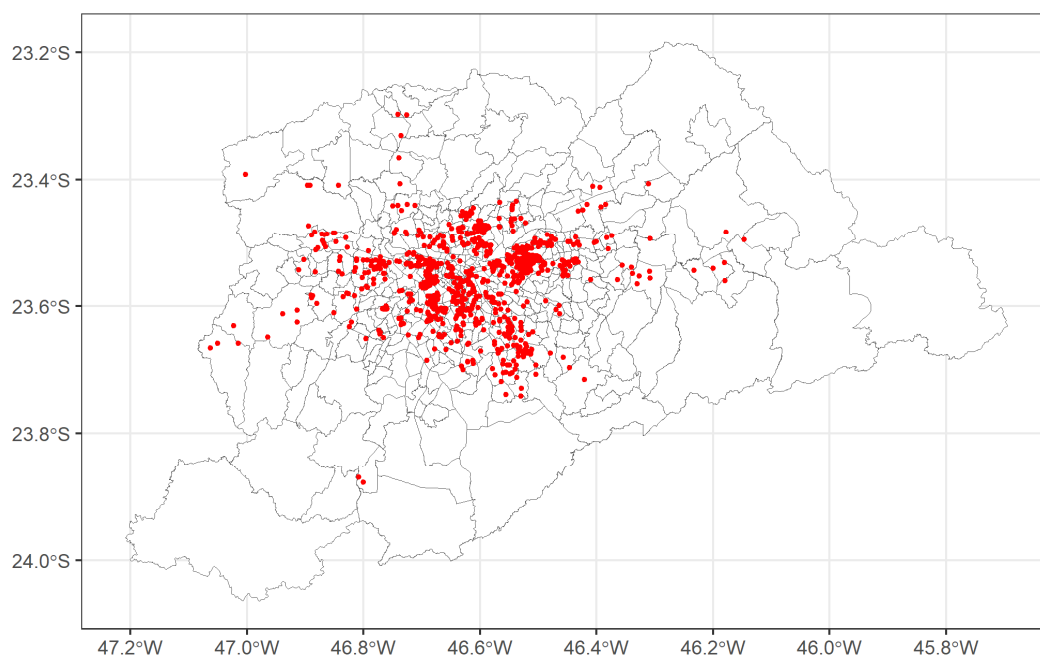
O endereço de cada lançamento está registrado na base. O georreferenciamento dos endereços foi feito por meio do *plugin* MMQGIS, do *software* QGIS, empregando a base de dados do OpenStreetMaps. Dentre os modelos cujos endereços foram localizados, 68 não continham o número, de modo que a localização exata do empreendimento na via não pode ser obtida. Vale ressaltar, entretanto, que em nenhum desses casos a localização fornecida pelo QGIS correspondia a uma ZT diferente da que o empreendimento de fato está: isso foi

⁹ Neste trabalho “modelo” e “lançamento” são utilizados alternadamente.

conferido manualmente para cada um desses empreendimentos – alguns foram localizados por meio do Google Street View. Verificou-se que os endereços dos que não foram localizados ou pertenciam a vias que não atravessam mais do que uma ZT, ou claramente pertencem à ZT assinalada pelo software (devido à presença de terrenos baldios ou imóveis não compatíveis com lançamentos residenciais nas margens da via em ZTs alternativas). Essa verificação foi feita empregando a Base Cartográfica Digital de Logradouros da RMSP, elaborada pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM, 2020), os *shapefiles* do zoneamento da POD 2017 e imagens de satélite do Google Maps.

Alguns endereços foram erroneamente georreferenciados em Campinas e Sorocaba, devido à existência de ruas homônimas. Essas observações foram descartadas. As localizações fornecidas pelo QGIS de alguns dos empreendimentos foram verificadas usando o Google Maps: em todos os casos, o empreendimento coincidia ou estava próximo do ponto indicado pelo *software*. Foi possível georreferenciar 1010 empreendimentos, totalizando 1764 modelos e 116.037 unidades (Figura 6). A título de comparação, 1.060.850 novas residências foram erguidas entre 2010 e 2022 no MSP, segundo dados preliminares do Censo de 2022 divulgados na imprensa.¹⁰

Figura 6: Localização dos Lançamentos Imobiliários



Fonte: Elaboração Própria.

¹⁰ Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/sp-ibge-censo-moradia> (Acesso: 12/09/2023)

Os lançamentos se concentram no MSP – em particular no Centro Expandido e nas Zonas Leste e Norte – e nos municípios do ABC Paulista, de Guarulhos, Osasco, Barueri e Cotia. Há uma aglomeração de lançamentos no entorno das linhas do Metrô e da CPTM, especialmente no MSP (Figura 18, no apêndice). Quase todos os lançamentos estão dentro da mancha urbana da região metropolitana.

A base da EMBRAESP informa o preço total, fixado pela incorporadora, de cada lançamento no momento de sua divulgação, além do preço por metro quadrado de área útil. Os preços foram deflacionados a valores de dezembro de 2013 usando a série de variação mensal do IPCA. A série do Índice de Custo da Construção Total, elaborado pelo SINAPI, poderia ter sido empregada, já que este é um índice de preços para a construção civil, mas como os preços deflacionados não se distinguiram muito dos que foram calculados usando o IPCA, optou-se por usar este índice, por ser mais amplamente empregado. Por se tratar de preços de oferta, melhorias na infraestrutura de transporte – notadamente novas avenidas ou novas estações de metrô – que se deram nos cinco anos entre 2017 e 2023 devem ter sido antecipadas pelas incorporadoras na formação de seus preços.

As características estruturais de cada observação podem ser divididas em dois grupos de variáveis: características do empreendimento e características do modelo. Entre as características do empreendimento, temos as seguintes variáveis: tipo do empreendimento, uma variável binária que assume valor igual a um se o empreendimento é vertical (edifício) e zero caso seja horizontal; número de elevadores no empreendimento e número de blocos.

As variáveis que compõem as características do modelo são: uma variável binária que assume valor igual a um se há unidades do modelo que são coberturas e zero caso contrário; área útil do modelo, em metros quadrados; número de dormitórios no modelo; número de banheiros; total de vagas de estacionamento à disposição do modelo; e número de unidades do modelo no empreendimento. A Tabela 1 apresenta algumas estatísticas descritivas dos modelos georreferenciados.

A base original contém algumas variáveis que não foram incorporadas a este estudo por diversas razões: andares e unidades por andar, por apresentarem muitos erros de registro; área total e preço por metro quadrado de área total, por serem redundantes; incorporadora,

por ser pouco tratável devido ao grande número de incorporadoras em relação ao total de lançamentos, entre outras.

Por fim, é importante apontar três limitações da base de dados. A primeira é que ela observa majoritariamente condomínios de apartamentos e subnotifica a oferta de outros tipos de imóvel, como sobrados e casas geminadas. A segunda é que ela não observa toda a oferta imobiliária, mas apenas imóveis novos, que são apenas uma pequena parcela do mercado. Por último, a base não contém imóveis em favelas e em outros loteamentos irregulares, que somente no MSP compõe ao menos 9,4% dos domicílios (RNSP, 2022). Portanto, a base fornece apenas uma visão parcial do mercado imobiliário.

Tabela 1: Estatísticas Descritivas dos Modelos Georreferenciados

VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
Preço de oferta do imóvel (R\$)	535.053,40	709.254,30
Preço do m ² de área útil (R\$)	6.898,33	3.331,48
Área útil (m ²)	72,14	48,59
Nº dormitórios	2,19	0,79
Nº banheiros	1,73	0,69
Nº garagens	1,43	0,87
Nº de unidades do modelo	65,78	91,26
Nº de unidades no lançamento	114,89	140,79
Nº de modelos no lançamento	1,75	0,95
Tipo de empreendimento	84,18% vertical	

Fonte: Base de dados da Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio (EMBRAESP, 2014-2017).

2.4 Controles Espaciais e Matriz de Pesos Espaciais

Uma estimação acurada do preço marginal da acessibilidade exige que o efeito da vizinhança sobre o preço dos imóveis seja eliminado. Para tal, construíram-se três variáveis que buscam incorporar este efeito. A primeira, denominada cobertura verde, consiste na parcela, em porcentagem, da área de cada ZT que é ocupada por áreas verdes (parques, praças, canteiros e praças viárias). Arquivos *shapefile* para as áreas verdes foram obtidos do Hot Export Tool¹¹, outro serviço de extração de dados da base do OpenStreetMaps. Vale

¹¹ Disponível em: <https://export.hotosm.org/en/v3/> (Acesso em: 22/09/2023)

ressaltar que estes arquivos não consideram os parques ecológicos que abrangem a periferia da região metropolitana, como a Reserva Florestal do Morro Grande, mas apenas áreas verdes urbanas. Testes foram feitos considerando esses parques. No entanto, os resultados obtidos foram insatisfatórios: a presença de grandes áreas verdes na periferia tornou menos claro o efeito da infraestrutura urbana em regiões mais centrais da metrópole.

A segunda variável corresponde à taxa de homicídios a cada 100.000 habitantes calculada para cada ZT considerando a população estimada na POD 2017 e os registros de homicídios dolosos disponibilizados pela Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo para o mesmo ano¹².

Já a terceira e última variável é intitulada densidade comercial. Ela consiste no número de estabelecimentos comerciais registrados no OpenStreetMaps localizados no interior de cada ZT dividido pela área total da ZT, de modo a fornecer uma métrica para a densidade de estabelecimentos comerciais na zona. Novamente os dados foram extraídos empregando o Hot Export Tool. Nos casos em que os estabelecimentos são representados por polígonos, o georreferenciamento e os cálculos subsequentes foram feitos com base em seus centroides. As três variáveis, tal qual os índices de acessibilidade, são expressas ao nível das ZTs. Assumiu-se que cada imóvel está sob a influência dos mesmos efeitos de vizinhança observados na ZT em que está localizado. Este pressuposto permite a análise de efeitos na média das zonas em detrimento da identificação do efeito de vizinhança ao qual cada imóvel está, de fato, exposto, o que pode conduzir a erros como os da falácia ecológica.

Além das variáveis supracitadas, uma matriz de pesos espaciais foi empregada nas estimações. A matriz usada foi uma matriz K-15 simétrica, ou seja, os 15 vizinhos mais próximos com simetria forçada. A simetria elevou a média de vizinhos para cada observação para 18,4 – a observação aqui é o modelo de imóvel da base de dados da EMBRAESP. Optou-se por 15 vizinhos para evitar que se considerassem apenas modelos de um mesmo empreendimento.

As variáveis dependentes consideradas nos modelos hedônicos discutidos na próxima seção são o preço do metro quadrado de área útil e o logaritmo do preço total. O I de Moran dessas variáveis tomando a matriz de pesos espaciais K-15 simétrica é elevado, igual a 0,810

¹² Disponível em: <http://www.ssp.sp.gov.br/transparenciassp/Default.aspx> (Acesso em: 22/09/2023)

para a primeira variável e 0,539 para a segunda. Matrizes que consideram mais vizinhos apresentaram valores inferiores para o I de Moran. Matrizes com menos vizinhos, bem como a matriz com 15 vizinhos não simétrica, não apresentaram valores substancialmente maiores para essa estatística. Regressões das variáveis dependentes sobre os índices de acessibilidade e nenhum outro controle apresentaram resíduos com pequena dependência espacial (I de Moran entre -0,02 e -0,03) quando a matriz de pesos espaciais foi empregada – os modelos estimados são de defasagem espacial (modelo SAR) e de erro autorregressivo espacial (modelo SEM).

2.5 Modelos Hedônicos

As variáveis dependentes empregadas nos modelos hedônicos são o preço do metro quadrado e o logaritmo do preço total. Melhores resultados foram obtidos para a primeira variável adotando-se o modelo SAR, ao passo que a segunda variável apresentou um melhor ajuste com o modelo SEM. Este juízo foi feito com base no Critério de Informação de Akaike: o modelo com o melhor ajuste e maior simplicidade é aquele com o menor valor para esta estatística. Há para cada variável dependente duas versões do modelo hedônico: uma com todas as variáveis explicativas (completo) e outra com apenas aquelas que apresentaram significância estatística (enxuto). Para cada versão, três sub-versões foram estimadas: uma com os dois índices de acessibilidade (2 IA), uma com apenas o IA PRIV e outra com apenas o IA PUB.

A estrutura geral do modelo com o preço do metro quadrado como variável dependente pode ser expressa por:

$$y = \rho Wy + \alpha + V\beta_1 + E\beta_2 + M\beta_3 + \varepsilon$$

Onde:

y : preço do metro quadrado de área útil

Wy : defasagem espacial de y

ρ : coeficiente da defasagem espacial

α : constante

V : vetor de características da vizinhança

E : vetor de características do empreendimento

M : vetor de características do modelo

β_1, β_2 e β_3 : vetores de coeficientes

ε : termo de erro

Os índices de acessibilidade estão incluídos no vetor V . O modelo cuja variável dependente é o logaritmo do preço total pode ser expresso por:

$$\ln y = \alpha + V\beta_1 + E\beta_2 + M\beta_3 + \xi$$

$$\xi = \lambda W\xi + \varepsilon$$

Onde:

y : preço total

α : constante

V : vetor de características da vizinhança

E : vetor de características do empreendimento

M : vetor de características do modelo

ξ : termo de erro espacial

$W\xi$: defasagem do erro espacial

λ : coeficiente da defasagem espacial

ε : termo de erro (não espacial)

Neste segundo modelo, adotou-se o logaritmo de cada índice de acessibilidade para facilitar a interpretação dos coeficientes estimados. Os modelos também diferem com relação à área útil: no primeiro ela aparece em nível e ao quadrado, ao passo que no segundo há apenas seu logaritmo. Diversas combinações e interações de variáveis e formas funcionais foram testadas. O *software* GeoDa foi empregado para estimar as regressões. Os resultados são apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3. Em todos os casos empregou-se a matriz de pesos espaciais K-15 simétrica.

Tabela 2: Resultados do Modelo do Preço do Metro Quadrado de Área Útil

VARIÁVEL DEPENDENTE: PREÇO DO METRO QUADRADO DE ÁREA ÚTIL					
VERSÃO		ρ	IA PRIV	IA PUB	Efeito Marg. (+1000 emp.)
COMPLETO	2 IA	0,784217***	0,000214	0,000008	0,99 ; 0,04
	IA PRIV	0,784297***	0,000225**	–	1,04
	IA PUB	0,788251***	–	0,000108*	0,51
ENXUTO	2 IA	0,788166***	0,000266	0,000002	1,26 ; 0,01
	IA PRIV	0,788187***	0,000269***	–	1,27
	IA PUB	0,793077***	–	0,000131**	0,63

SIGNIFICÂNCIA: * 10%; ** 5%; * 1%**

Fonte: Elaboração Própria.

Os sinais dos estimadores são positivos como esperado. Os coeficientes estimados para os índices de acessibilidade nas versões do modelo com apenas um dos índices são todos significantes, embora alguns apenas ao nível de 10%. Nas versões contendo os dois índices, seus coeficientes não são estatisticamente significantes. Isso se deve à elevada correlação entre eles (igual a 0,8656), que de certa forma são duas métricas para quase a mesma variável (acessibilidade aos empregos). Os estimadores não apresentados dos coeficientes das demais variáveis têm quase todos o sinal esperado. A única exceção é o estimador do coeficiente do número de dormitórios, cujo sinal é negativo. Esta variável costuma apresentar um padrão espacial mais intrincado e difícil de controlar. Como o objetivo é estimar acuradamente os coeficientes dos índices de acessibilidade, a imprecisão no estimador desse coeficiente não é prejudicial à nossa análise, que somente exige controlar por essa variável. Os estimadores que não apresentaram significância estatística na versão completa do modelo são aqueles associados às variáveis: cobertura vegetal, taxa de homicídios, número de blocos, número de banheiros e área útil.

Quanto aos efeitos marginais, observa-se que um acréscimo de 1000 empregos ao IA PRIV eleva o preço do metro quadrado em R\$1,04, no modelo com todos os regressores, e em R\$1,27, na versão enxuta. Já um acréscimo de igual magnitude ao IA PUB está associado a um aumento de preço do metro quadrado de R\$0,51, no modelo completo, e de R\$0,63, no modelo enxuto. Podemos observar que o efeito esperado nas versões do modelo com o IA PUB é cerca de metade do esperado nas versões com o IA PRIV. Vale ressaltar que, por se tratar de um modelo SAR, o efeito marginal total – efeitos diretos mais indiretos – de uma variável x_k sobre a variável dependente é dado por:

$$\Delta y = (1 - \rho)^{-1} \cdot \beta_k \Delta x_k$$

Tabela 3: Resultados do Modelo do Logaritmo do Preço Total

VARIÁVEL DEPENDENTE: LOGARITMO DO PREÇO TOTAL					
	VERSÃO	λ	ln (IA PRIV)	ln (IA PUB)	Efeito Marg. (+1% emp.)
COMPLETO	2 IA	0,894436***	1,580630***	-0,166456***	1,58%; -0,17%
	IA PRIV	0,894009***	0,956680***	–	0,96%
	IA PUB	0,908103***	–	0,054743*	0,05%
ENXUTO	2 IA	0,895124***	1,591830***	-0,165501***	1,59%; -0,17%
	IA PRIV	0,894506***	0,974901***	–	0,97%
	IA PUB	0,908791***	–	0,056567*	0,06%

SIGNIFICÂNCIA: * 10%; ** 5%; *** 1%

Fonte: Elaboração Própria.

Considerando os resultados do segundo modelo, verifica-se que nas versões com os dois índices, o sinal do estimador do coeficiente do IA PUB é negativo, enquanto o do IA PRIV é positivo. Novamente isso é explicado pela alta correlação entre os índices: provavelmente o IA PRIV capta o efeito da acessibilidade, ao passo que o IA PUB deve captar alguma desamenidade associada à infraestrutura de transporte, como poluição do ar ou sonora. Nas versões com apenas um dos índices, os estimadores têm o sinal esperado. Tal qual no modelo do preço do metro quadrado, somente o estimador do coeficiente do número de dormitórios não apresenta o sinal esperado. Apenas duas variáveis na versão completa do modelo têm estimadores não significantes: cobertura vegetal e taxa de homicídios. A versão enxuta desse modelo exclui essas duas variáveis.

Por se tratar de um modelo SEM, os coeficientes têm interpretação direta. Como tanto a variável dependente quanto os índices são expressos em logaritmos, temos que as variações são percentuais. Sendo assim, o efeito marginal de um aumento de 1% no IA PRIV do total de empregos acessíveis eleva em 0,96% o preço total dos imóveis na versão completa do modelo e em 0,97% na versão enxuta. Já um mesmo aumento de 1% no IA PUB acarreta numa valorização de 0,05% do preço total na versão completa e de 0,06% na versão enxuta. É notável a diferença no efeito entre os dois índices, sendo o do IA PUB uma ordem de magnitude menor do que o do IA PRIV. Essa diferença, já observada no primeiro modelo, pode ter sido potencializada neste segundo pela maior dispersão do preço total.

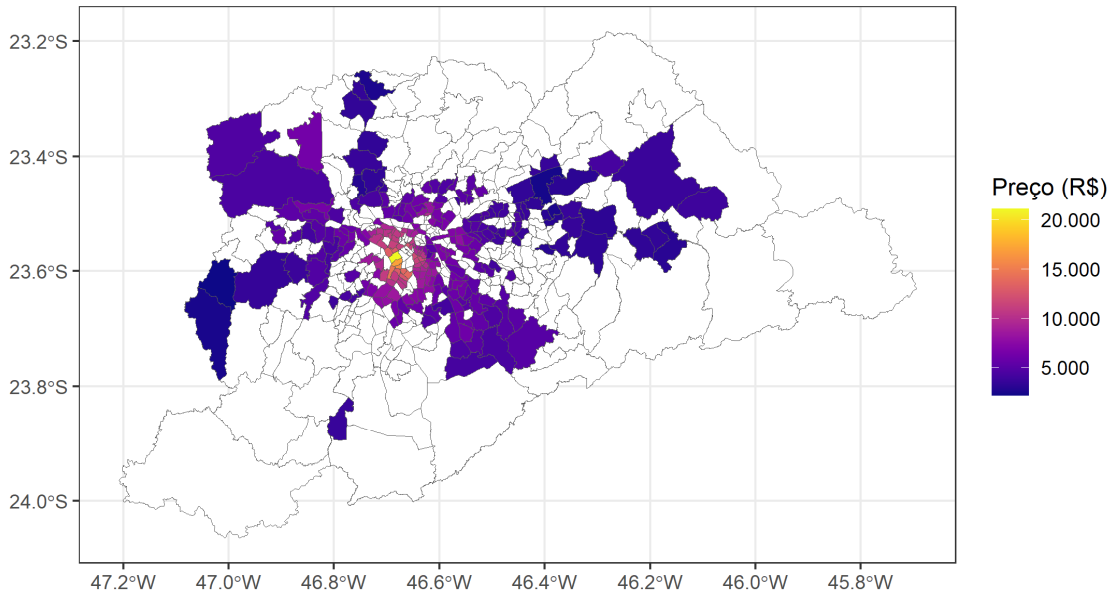
A diferença de magnitude observada nos estimadores de IA PRIV e IA PUB, em ambos os modelos, pode ser resultado de dois possíveis vieses. O primeiro decorre da subestimação

do IA PUB: imóveis com preços similares podem observar níveis artificialmente diferentes de IA PUB (com um sendo falsamente menor), o que resultaria numa subestimação do efeito dessa variável. O segundo provém da escala da unidade espacial, a ZT: um imóvel somente tem acesso ao transporte público se distar não mais do que algumas centenas de metros de uma estação de metrô, ou um ponto de ônibus. O acesso ao transporte afeta o preço dos imóveis numa escala muito menor do que a ZT. Ao trabalharmos com essa unidade espacial, reunimos imóveis com diferentes níveis de acesso ao transporte público numa mesma média regional. Se a maioria têm acesso deficiente, o efeito do IA PUB será subestimado.

Regrediram-se os resíduos de cada modelo estimado sobre as variáveis independentes. Os estimadores dos coeficientes associados aos índices não apresentaram significância estatística nas regressões dos resíduos provenientes do modelo do preço do metro quadrado, indicando que os resíduos são independentes desses regressores. O modelo do logaritmo do preço total, no entanto, tem resíduos que são correlacionados com os índices nas versões do modelo em que há apenas um deles, o que implica que as estimativas são enviesadas. O viés aparenta ser positivo: o estimador para o coeficiente de IA PRIV é positivo e comparativamente grande, enquanto o de IA PUB é negativo e pequeno. O preço total é muito mais disperso do que o preço do metro quadrado. Provavelmente, essa maior dispersão deve decorrer de alguma heterogeneidade espacial que não foi adequadamente controlada pelo modelo, resultando no viés.

Como o modelo do preço do metro quadrado não apresentou viés, foi então empregado para o cálculo dos preços previstos. As diversas versões desse modelo têm valores para o R^2 pouco acima de 0,83, o que implica numa razoável capacidade preditiva. Foi utilizada a versão completa com apenas o IA PUB. Para manter a mesma unidade de análise espacial, os preços previstos são apresentados ao nível das ZTs. Isso é feito da seguinte maneira: para cada zona que contenha ao menos um lançamento, o preço previsto para o metro quadrado é dado pela média aritmética dos preços previstos de todos os lançamentos localizados nesta zona (Figura 7). Há previsões para 252 das 517 ZTs. Os maiores valores se concentram nas ZTs que compõem os distritos de Pinheiros, Itaim Bibi e Moema, no MSP. São nestes distritos que também encontramos grande parte dos maiores preços observados, embora existam ZTs com preços médios elevados em outros distritos.

Figura 7: Preço Previsto para o Metro Quadrado de Área Útil (2017)



Capítulo 3: Projeções de Emprego, Preços e Cenários

Neste capítulo avalia-se o efeito de alterações na distribuição de empregos e na infraestrutura de transporte sobre o preço médio do metro quadrado. Para tal, dois cenários para o ano de 2040 são propostos. O primeiro considera que não há alteração na infraestrutura de transporte, mas a distribuição de empregos passa a ser a projetada por Haddad *et al.* (2020). O segundo considera a nova distribuição de empregos e uma expansão da Linha 2-Verde do Metrô, com o restante da infraestrutura permanecendo inalterada. A comparação entre os dois cenários indicará o efeito da nova infraestrutura sobre os preços.

O capítulo inicia com uma exposição do trabalho de Haddad *et al.* (2020), seguida de uma análise da projeção para 2040 da distribuição de empregos. A formulação e análise do primeiro cenário dá prosseguimento. A apresentação de como a expansão do Metrô é incorporada à modelagem inicia a exposição e análise do segundo cenário. O capítulo encerra com uma comparação dos resultados dos dois cenários.

3.1 Modelo da Economia Metropolitana

A Matriz Intermunicipal de Insumo-Produto para a Região Metropolitana de São Paulo (HADDAD *et al.*, 2020), abreviada MIIP-RMSP, é um modelo insumo-produto centrado na RMSP para o ano base de 2015. Ele foi desenvolvido para o Metrô no âmbito do contrato firmado entre esta companhia e o consórcio TTC-FIPE, formado pela TTC Engenharia de Tráfego e de Transportes Ltda. e a FIPE, em julho de 2019. Este modelo considera 67 setores econômicos e 5 consumidores finais – investimento, famílias, governo, NPISH e exportações –, residentes em 41 regiões, a saber: 39 municípios da RMSP, restante do Estado de São Paulo e restante do Brasil. O modelo recebe projeções de crescimento da demanda final e projeta, para cada período, as variações correspondentes de emprego e renda em cada município. Há projeções para os anos de 2017, 2020, 2025, 2030, 2035 e 2040. Neste estudo foram consideradas apenas as projeções referentes a 2040. Um procedimento de *downscaling* foi executado no qual as variações a nível municipal foram traduzidas em variações ao nível das ZTs. Este procedimento foi feito por meio de uma matriz da alocação.

A matriz de alocação contém a participação de cada ZT no emprego (ou renda) setorial de cada município, em cada um dos anos de projeção. Esta matriz é construída a partir de informações das edições de 2006 a 2019 da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

Empresas registradas na RAIS e localizadas na RMSP foram mapeadas na regionalização da POD 2017, permitindo determinar a oferta de emprego e a massa salarial – tratada como sinônimo de renda – por setor e ZT em cada ano. A seguinte regressão foi estimada para o emprego setorial (outra análoga para a massa salarial):

$$\ln E_{s,z}^t = \alpha + \beta_1 t + \beta_2 (D_m \cdot t) + \beta_3 (D_m \cdot D_z \cdot t)$$

Onde:

$E_{s,z}^t$: emprego no ano t no setor s na ZT z

α : constante

t : ano (2006 a 2019)

D_m : vetor de variáveis binárias para cada um dos 39 municípios

D_z : vetor de variáveis binárias para cada uma das 517 ZTs

β_1 : taxa média anual de crescimento do emprego setorial na RMSP

$\beta_1 + \beta_{2,m}$: taxa média anual de crescimento no município m

$\beta_1 + \beta_{2,m} + \beta_{3,z}$: taxa média anual de crescimento na ZT z

As equações estimadas foram utilizadas para projetar os níveis de emprego (e renda) setorial nas ZTs nos anos de 2020, 2025, 2030, 2035 e 2040. Com estes níveis esperados, calculou-se a participação de cada ZT no total municipal em cada ano, compondo assim a matriz de alocação. As variações municipais projetadas pela MIIP-RMSP foram rateadas por essa matriz, transformando-as em variações ao nível das ZTs. Como o modelo insumo-produto e a POD 2017 utilizam agregações setoriais diferentes, os 67 setores considerados pelo primeiro foram condensados nos 14 setores considerados pelo segundo antes do rateio.

Calculadas as variações em cada ZT e período, procedeu-se ao cálculo das taxas de crescimento do emprego (ou renda) em relação aos níveis de 2017. Os níveis de emprego observados pela POD 2017 foram multiplicados por essas taxas de crescimento de modo a obter os níveis absolutos em cada ZT e período. Este procedimento foi executado devido a uma diferença metodológica: a MIIP-RMSP mensura o emprego como equivalente homem-

ano, ao passo que a POD 2017 o mensura como postos de trabalho, métrica na qual os resultados são expressos.

As projeções de crescimento dos componentes da demanda final que alimentam a MIIP-RMSP provêm do modelo SPRY – São Paulo Regional Dynamic CGE Model. O SPRY é um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) desenvolvido por pesquisadores da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) no âmbito do Plano de Desenvolvimento Econômico de Longo Prazo do governo do Estado de São Paulo. Este modelo considera duas regiões integradas: São Paulo e restante do Brasil (note que o Restante do Mundo é exógeno). Ele foi calibrado com dados de 2015 da Matriz Insumo-Produto do Brasil (IBGE, 2017) e atualizado com informações de 2020 sobre a taxa de crescimento do PIB de São Paulo e do Brasil, disponibilizadas pelo IBGE e pela Fundação Seade, e previsões desta fundação para o PIB do estado e do país em 2021. Para fins de simulação, o ano-base do modelo é 2020 – portanto parte dos efeitos da Pandemia de Covid-19 são incorporados.

O modelo SPRY, por ser um modelo EGC, é composto por blocos de equações que descrevem relações de demanda e oferta nos diversos mercados que compõem a economia. Há também blocos de equações para definir uma série de agregados nacionais, como emprego, PIB, saldo comercial e índices de preços. O modelo assume que os setores produtivos estão sujeitos a uma tecnologia com retornos constantes de escala. Além disso, a hipótese de Armington é respeitada.

Três cenários foram gerados: um pessimista, um otimista e outro neutro. Neste estudo foi considerado somente o cenário neutro, cuja premissa básica é a ancoragem do PIB nacional ao estudo Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave (FIPE, 2014; RATHMAM, 2017a, 2017b).

3.2 Projeção de Emprego para 2040

A projeção para 2040 da distribuição de empregos gerada pela estrutura de modelagem descrita na seção anterior prevê, na comparação com os níveis observados em 2017, um crescimento médio de 23,03% com desvio-padrão de 8,23 pp. (Figura 8). Vale ressaltar que o crescimento não é linear, isto é, as ZTs com os maiores níveis de emprego em 2017 não necessariamente são as que observam maior variação no período. O padrão espacial da nova distribuição de empregos segue aquele observado em 2017: as ZTs com as maiores

densidades se localizam no centro do MSP, no entorno das avenidas Paulista e Rebouças e ao longo da margem leste do Rio Pinheiros; a densidade do emprego diminui conforme nos deslocamos em direção à periferia da região metropolitana (Figura 9).

A variação prevista na distribuição de empregos implica em variações nos índices de acessibilidade – supõe-se que os tempos de viagem entre os pares OD são constantes. O IA PRIV cresce de forma bem homogênea entre todas as ZTs, com média de 23,42% e dispersão de menos de meio pp. (Figura 10). O IA PUB é um pouco mais disperso, crescendo em média 23,57% com desvio-padrão de 1,06 pp. (Figura 11).

A diferença de dispersão entre as três variações – emprego, IA PRIV e IA PUB – indica que há ZTs que alavancam o crescimento do emprego e, conseqüentemente, da acessibilidade. Para identificar quais ZTs são as mais relevantes para o crescimento, os seguintes critérios foram tomados: a ZT ter crescimento relativo do emprego maior do que o crescimento médio do IA PRIV e a variação absoluta do emprego estar entre as 25% maiores (acima de 5470). Foram identificadas 75 ZTs, cerca de 15% do total (Figura 12).

No MSP as ZTs identificadas estão concentradas no centro da cidade, no entorno das avenidas Paulista, Rebouças, Faria Lima e Berrini e na margem leste do Rio Pinheiros. No restante da RMSP, há ZTs identificadas – em sentido horário – em Guarulhos, Arujá, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Ferraz de Vasconcelos, Mauá, São Caetano do Sul, Diadema, Taboão da Serra, Vargem Grande Paulista, Cotia, Osasco, Carapicuíba, Barueri e Santana de Parnaíba.

Figura 8: Variação Relativa do Emprego (2017-2040)

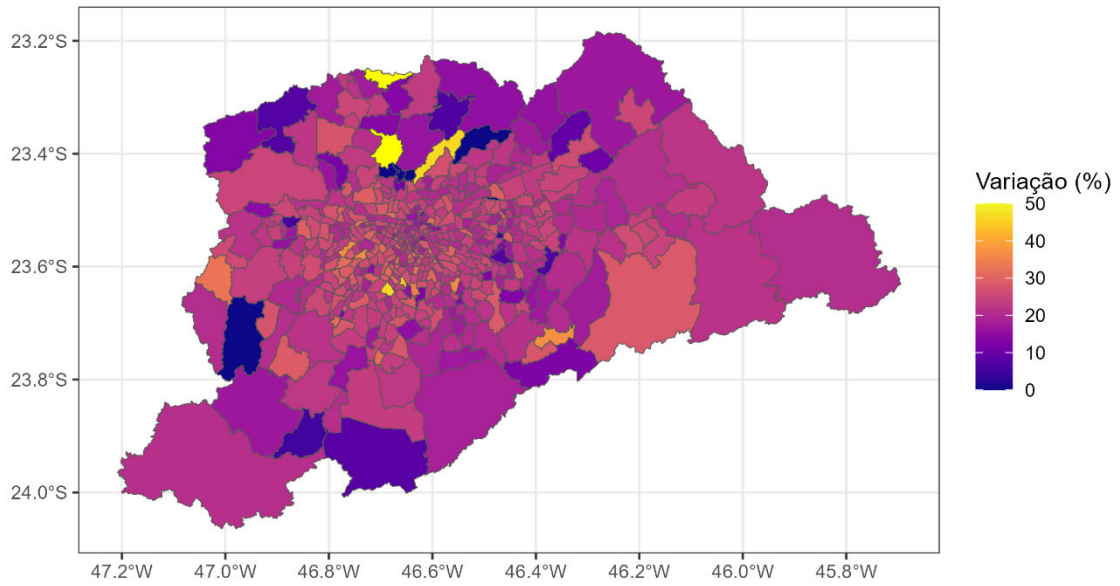


Figura 9: Densidade do Emprego nas Zonas de Tráfego em 2040

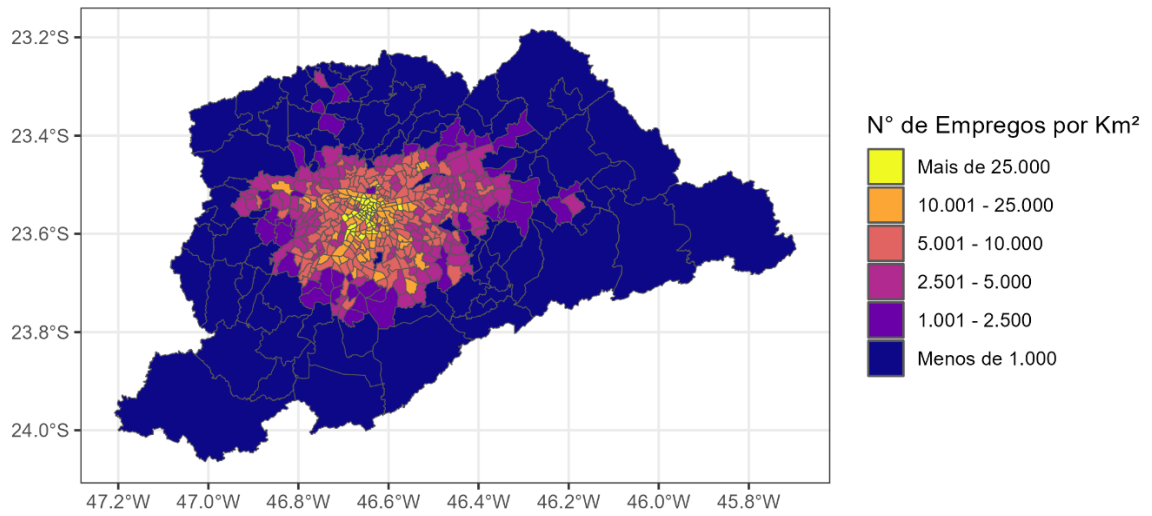


Figura 10: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Privado (2017-2040)

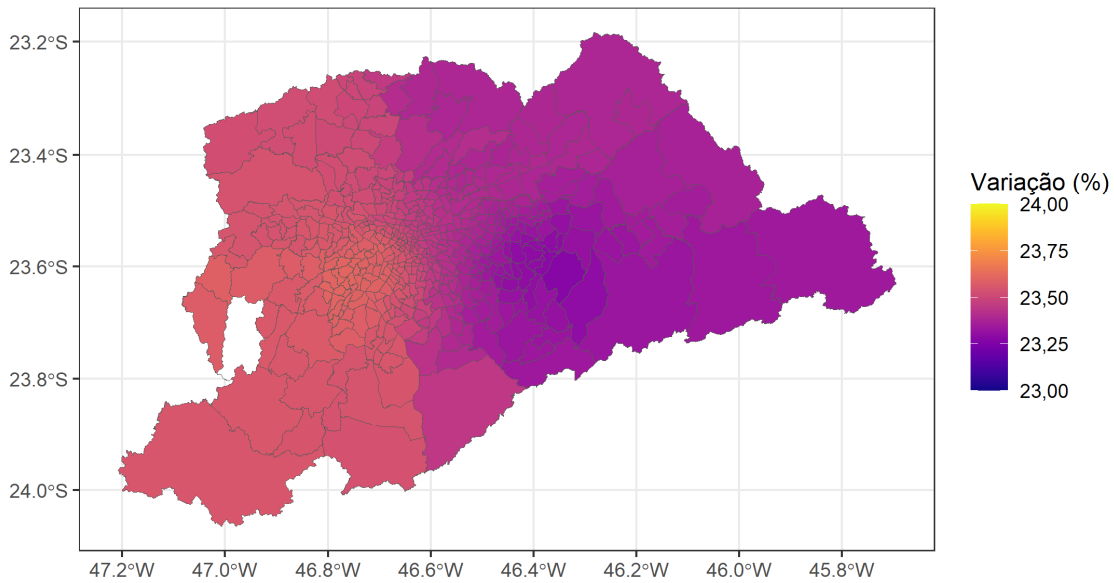


Figura 11: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público (2017-2040)

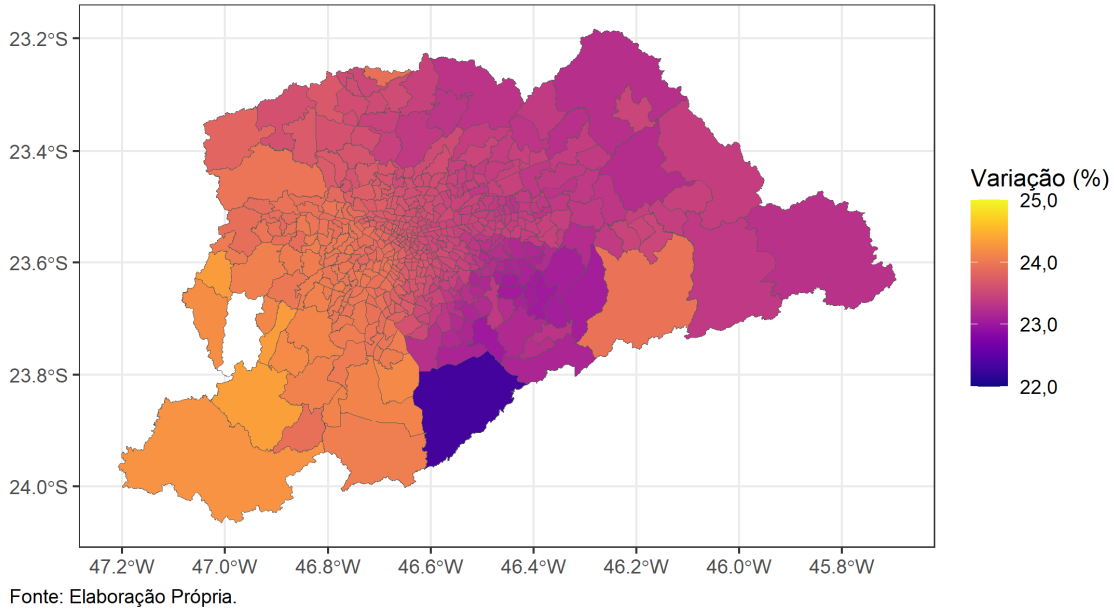
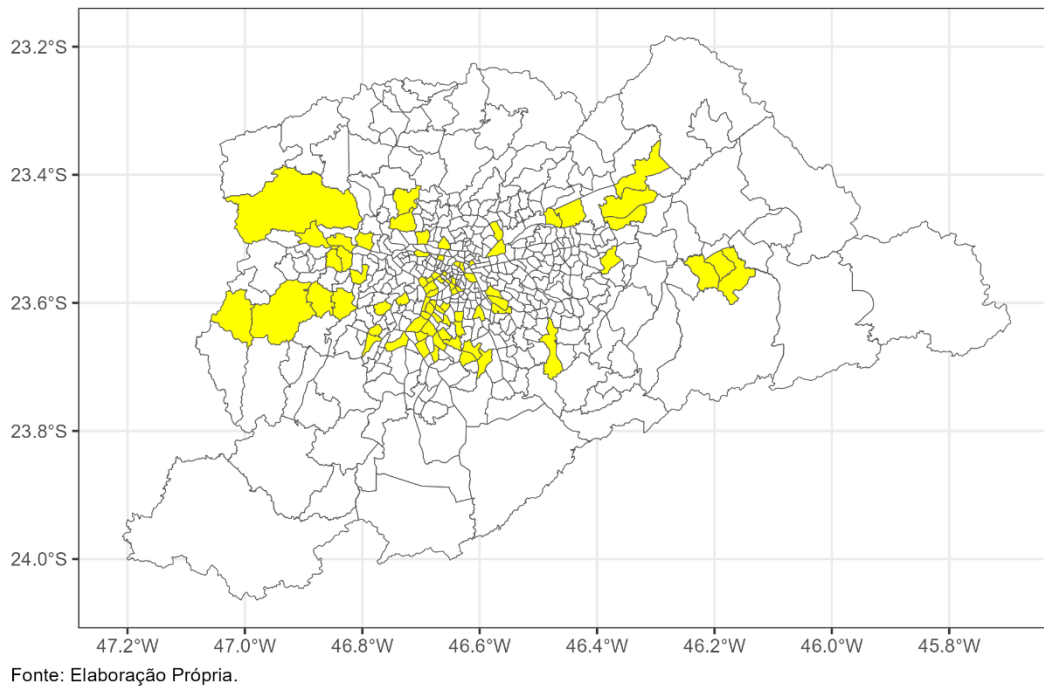


Figura 12: Zonas de Tráfego Identificadas como as Maiores Contribuidoras para o Crescimento do Emprego



Considerando toda a RMSP entre 2015, ano base da MIIP-RMSP, e 2040, projeta-se que o emprego em cada setor – agregação POD 2017 – cresça em média simples 16,89%, com um desvio-padrão igual a 19,68 pp. Os setores que mais contribuem para o crescimento absoluto do emprego são Comércio, Construção Civil, Serviços Especializados e Indústria, que juntos compõem 63% do aumento da oferta (Tabela 4, no apêndice). As ZTs identificadas concentram 33,7% do crescimento do emprego. Nelas os setores indicados são também os principais contribuintes para o crescimento (Tabela 5, no apêndice). É interessante observar o padrão espacial desses setores nessas ZTs: enquanto o Comércio e a Construção Civil estão entre os quatro setores que mais contribuem para o crescimento do emprego regional em quase todas as ZTs identificadas, a Indústria tem destaque apenas nas ZTs fora do núcleo da região metropolitana, já o setor de Serviços Especializados é mais proeminente no núcleo e nos municípios do oeste – Santana de Parnaíba, Barueri, Carapicuíba, Osasco e Cotia (Figura 19, no apêndice).

3.3 Cenário I: Obras Paradas

O primeiro cenário pressupõe que não há alteração na infraestrutura de transporte entre 2017 e 2040, de tal maneira que os tempos de viagem – tanto por transporte público, quanto por privado – entre os pares OD permanecem os mesmos. A distribuição de empregos, no entanto, passa a ser a da projeção para 2040. Tanto neste cenário quanto no próximo

consideraram-se os mesmos lançamentos imobiliários descritos no capítulo 2, seção 2.3. Os índices de acessibilidade são as únicas variáveis com valores alterados, todas as demais permanecem constantes.

Para projetar o preço médio do metro quadrado decorrente da nova distribuição de empregos, tomou-se a equação estimada da versão completa com apenas o IA PUB do modelo com essa variável dependente (versão Completo IA PUB na Tabela 2) e o novo IA PUB (Figura 11) e calculou-se o preço previsto de cada lançamento. Em seguida, calculou-se o preço médio previsto para cada ZT – tal qual feito no capítulo 2, seção 2.5. Podemos destacar três regiões: o centro da região metropolitana, a periferia mais externa e o espaço entre essas duas, aqui denominado “periferia interna”. As ZTs localizadas nas primeiras duas regiões apresentam as menores valorizações – abaixo de 1%. Já as ZTs contidas na periferia interna observam as maiores, alcançando 2% no extremo leste do MSP e em Guarulhos (Figura 13).

Tomemos as 38 ZTs em que o metro quadrado mais valoriza – cerca de 15% das 252 com preços previstos. Em 2017, elas estavam entre as ZTs de metro quadrado mais barato, com média de R\$ 4.422,74, enquanto a média de todas as ZTs com informação de preço era de R\$ 6.481,33. Essas ZTs, no entanto, estavam concentradas em valores medianos do IA PUB, com média de 2.782.888 empregos, bem próximo da média de todo o grupo (Tabela 4).

Tabela 4: Comparação entre os Grupos de Zonas de Tráfego com Informação de Preço

GRUPOS	ZTs mais Valorizadas		Todas as ZTs com Preços	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
ESTATÍSTICAS				
Preço do m ² (R\$)	4.422,74	884,00	6.481,33	3.101,72
IA PUB	2.782.888	502.237	2.700.292	859.366

Fonte: Elaboração Própria.

Considerando, agora, os lançamentos cujos preços previstos estão entre os 15% com maior valorização, temos que eles também estão entre os com menores preços em 2017 e se localizam em ZTs com valores medianos para o IA PUB. Isso explica sua valorização: como seus preços são baixos, o IA PUB que observam é mediano e todas as ZTs têm um crescimento neste índice na ordem de 23,5%, o aumento de preço resultante é grande na comparação com seus preços originais. Duas características notáveis destes imóveis são que eles têm metragens que se concentram em valores medianos e têm maior proporção de empreendimentos horizontais – isso se deve a esses empreendimentos se localizarem em ZTs próximas às

margens da mancha urbana. Eles são similares aos demais lançamentos nas demais características (Tabela 5).

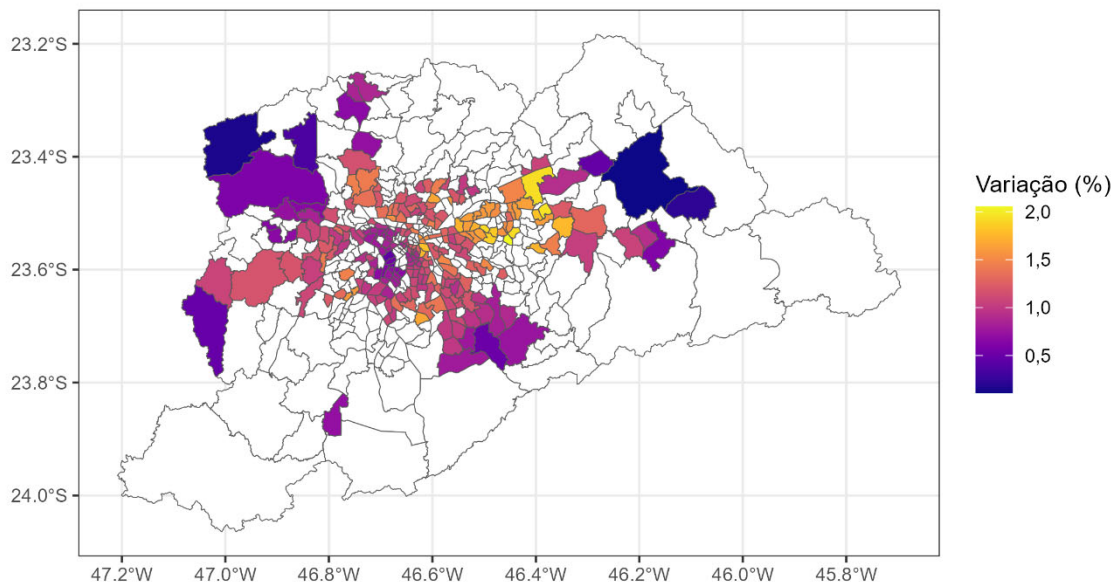
É interessante comparar os resultados obtidos com a variação do IA PUB com os gerados pela variação do IA PRIV decorrente da mesma alteração na distribuição de empregos. Como pode ser observado (Figura 14), embora as duas projeções de variação dos preços tenham aproximadamente o mesmo padrão geográfico – isto é, as ZTs que sofrem as maiores valorizações estão localizadas majoritariamente na região entre o centro da RMSP e a periferia mais externa –, há uma grande diferença no tamanho da valorização: em algumas ZTs, o preço médio projetado pela versão do modelo que utiliza o IA PRIV cresce ao menos seis vezes mais do que o projetado pela versão que considera o IA PUB.

Tabela 5: Estatísticas Descritivas dos Lançamentos mais Valorizados

VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
Preço do m ² de área útil (R\$)	4.431,97	844,84
Área útil (m ²)	61,10	17,23
IA PUB	2.979.811	413.654
Tipo de empreendimento	41,13% Vertical	

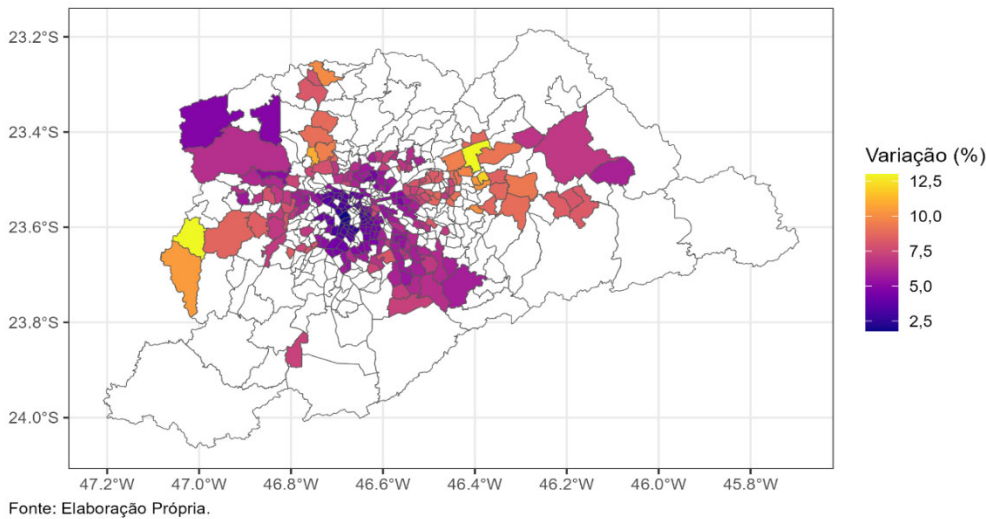
Fonte: Base de Dados da Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio (EMBRAESP, 2014-2017).

Figura 13: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado (2017-2040) (Versão IA PUB)



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 14: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado (2017-2040) (Versão IA PRIV)



3.4 Cenário II: Expansão do Metrô

Este cenário contempla uma modificação da infraestrutura de transporte: uma ampliação da Linha 2-Verde do Metrô, atualmente em construção. A Linha conta com 14 estações distribuídas ao longo de 14,7 km; seus terminos são as estações Vila Madalena e Vila Prudente. A ampliação estenderá a Linha desde esse segundo término até a estação Penha, onde ela se conectará com a Linha 3-Vermelha. A expansão adicionará 8,4 km de trilhos e 8 estações – inclui a estação Penha, já que uma nova plataforma será construída. A adição desta expansão alterará os tempos de viagem de alguns pares OD, o que resultará em novos valores para o IA PUB. Nenhuma outra alteração na infraestrutura de transporte será considerada. Como o arruamento não é alterado, os valores do IA PRIV serão os mesmos do cenário I. Novamente a distribuição de empregos considerada é a projetada para 2040.

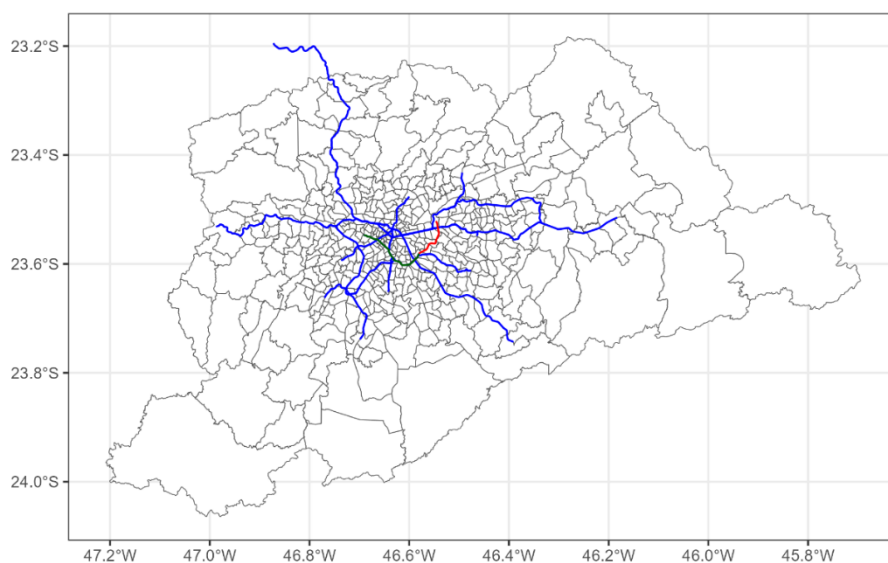
Para incorporar a expansão do Metrô ao modelo, manipulou-se o arquivo GTFS fornecido pela SPTrans fazendo uso do pacote para o R *gtfstools* (HERSZENHUT *et al.*, 2023). Este pacote contém funções que facilitam a manipulação e exploração de arquivos GTFS. Em particular, ele viabiliza a edição de tabelas que compõem esse tipo de arquivo com funções de outros pacotes, como o *tidyverse*. Um guia para o uso deste pacote está presente em Pereira *et al.* (2023, seção 3.5). O traçado da ampliação da Linha e a localização das novas estações foram retirados dos arquivos *shapefile* do transporte sobre trilhos da RMSP elaborados pelo CEM (2021). Para testar o arquivo GTFS manipulado, o pacote *R5R* foi utilizado para gerar itinerários entre pontos ao longo do trecho expandido e o restante da

Linha 2-Verde. Os itinerários sugeridos pelo programa utilizam o novo trecho, demonstrando que a manipulação foi bem-sucedida (Figura 15).

A variação do IA PUB entre os dois cenários pode ser observada na Figura 16. Os maiores ganhos de acessibilidade são observados nas ZTs cortadas pelo novo trecho ou em sua vizinhança, alcançando aumentos acima de 13% nas ZTs Água Rasa e Jardim Anália Franco, e de mais de 7% em Vila Carrão, Vila Formosa, Aricanduva e Vila Califórnia. Zonas ao norte e ao sul da expansão têm aumentos no IA PUB entre 0,5% e 5,0%. De modo geral, são as ZTs localizadas ao longo das linhas da CPTM – 10-Turquesa, 11-Coral, 12-Safira e 13-Jade – e do Metrô – 15-Prata, além da 2-Verde – que observam ganhos de acessibilidade (Figura 20, no apêndice). No restante da RMSP a variação da IA PUB é igual ou muito próxima de zero, o que pode sugerir ganhos de rede limitados para ampliações do Metrô, restringindo-se apenas às regiões mais próximas. Outra possibilidade é que a escala da unidade de análise, a ZT, seja grande demais para captar esse efeito em outros pontos do sistema.

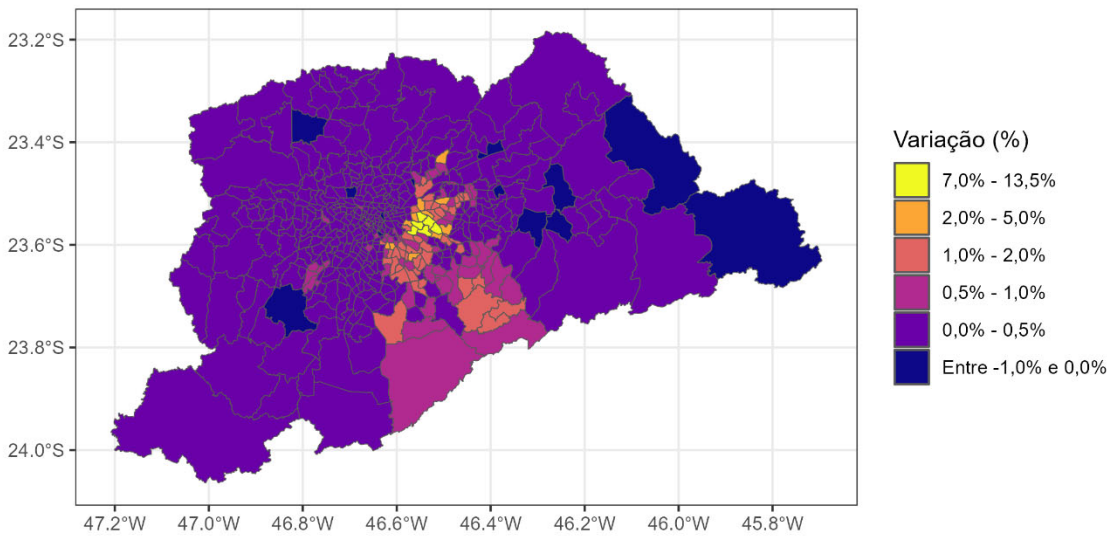
Há 13 zonas que apresentam variações negativas. Entre elas, somente 6 têm variações entre -0,78%, o menor valor, e -0,1%. Este resultado contraintuitivo pode ser consequência da forma como foi implementada a adição da expansão: como os tempos de viagem são calculados assumindo partidas às 14:00 horas, horário padrão adotado pelo pacote *R5R*, e como a adição altera um pouco os horários de chegada e partida dos trens da Linha 2-Verde, é possível que essas variações negativas sejam totalmente explicadas por alterações nos tempos de espera entre algumas baldeações.

Figura 15: Sistema sobre Trilhos, Linha 2-Verde (em verde) e Expansão (em vermelho)



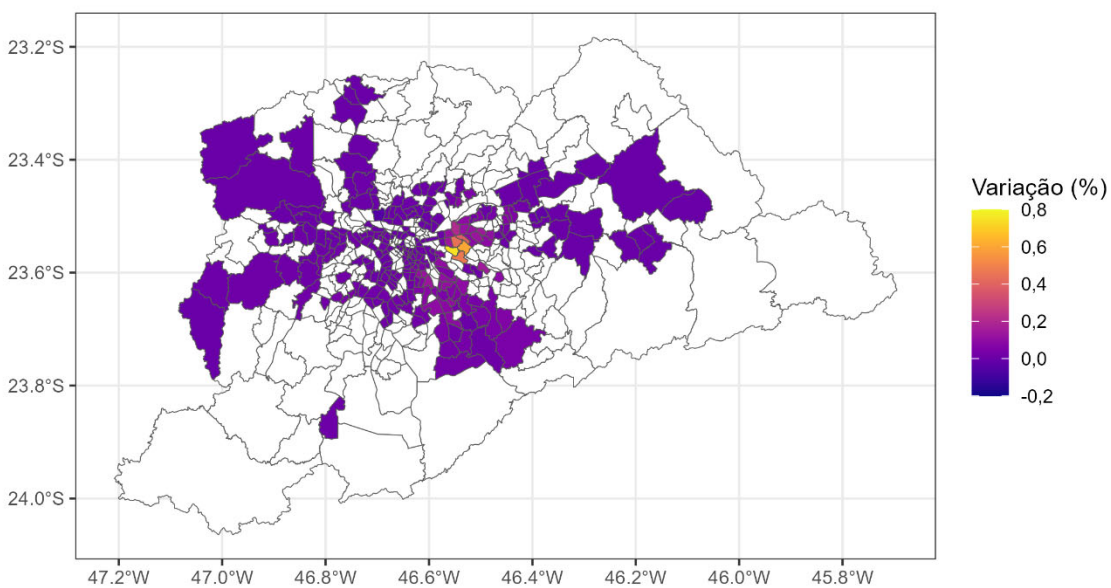
Fonte: Centro de Estudos da Metrópole - CEM (2021).

Figura 16: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público entre os Cenários



O aumento da acessibilidade resulta numa pequena valorização do preço do metro quadrado nas ZTs servidas pelo novo trecho, não excedendo 0,8%. No restante da RMSP, o efeito do aumento da acessibilidade sobre os preços é igual ou muito próximo a zero, mesmo em zonas que observam aumentos no IA PUB de até 5% (Figura 17).

Figura 17: Variação Relativa do Preço Esperado do Metro Quadrado entre os Cenários



Capítulo 4: Conclusão e Considerações Finais

Neste trabalho estimou-se o preço marginal da acessibilidade aos empregos na composição do preço de oferta do metro quadrado de área útil em imóveis residenciais lançados entre 2014 e 2017 na RMSP. Isso foi feito por meio de modelos de preços hedônicos que tomam as Zonas de Tráfego (ZTs) – formuladas pela POD 2017 – como unidade de análise espacial. A acessibilidade aos empregos foi mensurada por meio de dois índices de acessibilidade: um para o transporte privado (IA PRIV) e outro para o transporte público (IA PUB). Os resultados indicam que um acréscimo de 1000 empregos ao IA PRIV implica numa valorização do metro quadrado de R\$ 1,04, enquanto um igual aumento de 1000 empregos no IA PUB resulta numa valorização de R\$ 0,51. Modelos que tomam o logaritmo do preço total de oferta também foram estimados, mas testes subsequentes indicaram que suas estimativas contêm viés, potencialmente proveniente de efeitos espaciais não controlados.

Para explorar os efeitos de alterações na distribuição de empregos e na infraestrutura de transporte sobre o preço previsto do metro quadrado, dois cenários foram simulados. O primeiro considerou que apenas a distribuição de empregos é modificada, assumindo aquela projetada em Haddad et al. (2020), enquanto a infraestrutura de transporte permanece a mesma. O segundo assume que tanto a distribuição do empregos, quanto a infraestrutura de transporte sofrem alterações. A modificação na infraestrutura considerada consiste na adição do trecho de 8,4 km das obras de ampliação da Linha 2-Verde do Metrô. A comparação entre os cenários permite determinar o efeito da nova infraestrutura de transporte sobre o preço de imóveis residenciais via o canal da acessibilidade aos empregos.

A nova distribuição de emprego resultou num aumento médio de cerca de 23,5% em ambos os índices de acessibilidade em quase todas as ZTs. O crescimento do IA PRIV resulta em valorizações no preço esperado do metro quadrado entre 2% e 12,5% nas diversas zonas. O efeito da variação do IA PUB é substancialmente menor, implicando em valorizações de até 2%. Contudo que os possíveis vieses decorrentes da subestimação do IA PUB e do emprego da ZT como unidade de análise espacial não se verifiquem, a diferença de magnitude tanto entre os índices quanto entre seus efeitos sugere que a infraestrutura de transporte público é deficiente na comparação com a dedicada ao transporte privado, limitando a capacidade do preço dos imóveis de capturar incrementos no emprego metropolitano quando consideramos a acessibilidade por esse primeiro modal.

Na comparação entre os dois cenários, observou-se que nas zonas que receberam o novo trecho da Linha 2-Verde, ou que estão diretamente conectadas a ele por baldeações de outras linhas, o IA PUB cresceu entre 0,5% e 13,5%. Este crescimento no índice se traduziu, no entanto, em uma pequena valorização do metro quadrado, não excedendo 0,8% nas zonas cortadas pela nova infraestrutura. Nas demais zonas o efeito é muito próximo de zero. Este resultado, entretanto, não necessariamente descarta a possibilidade da expansão do Metrô ser financiada por aumentos de arrecadação do IPTU decorrentes da valorização de propriedades: a abertura de novas estações costuma ocasionar um *boom* imobiliário em sua vizinhança (tal qual pôde ser observado ao longo da Linha 4-Amarela entre 2010 e início de 2020); como o IPTU incide principalmente sobre imóveis novos, e como o efeito identificado se refere especificamente a imóveis residenciais novos – devido ao fato de usarmos a base de dados de lançamentos imobiliários da EMBRAESP –, o aumento de arrecadação pode ser potencialmente grande, tanto pelo surto imobiliário, quanto pela valorização de propriedades residenciais já existentes e de outros imóveis, ambos não modelados.

Este estudo considerou a acessibilidade aos empregos para analisar o efeito da infraestrutura de transportes sobre os preços de imóveis. Uma outra possibilidade seria considerar a acessibilidade à renda: a POD 2017 apresenta estimativas para o nível de renda por local de residência para cada zona de tráfego. Seria possível alterar os índices de acessibilidade e a estrutura de modelagem empregada na formulação dos cenários para considerar a renda no lugar do emprego. Essa alteração sanaria uma das grandes deficiências deste estudo: considerar todos os empregos como iguais, sem fazer distinções de qualificação ou remuneração. O uso da renda na modelagem permitiria dar algum grau de diferenciação entre os empregos na média das zonas: zonas habitadas por trabalhadores que, em média, ocupam cargos melhor remunerados apresentarão índices de acessibilidade mais elevados. Essa alteração pode, potencialmente, tornar o efeito da infraestrutura mais expressivo ao reforçar o contraste na acessibilidade entre as zonas.

Outra deficiência deste trabalho é não considerar toda a infraestrutura de transporte: a infraestrutura analisada compreende os serviços do Metrô, da CPTM, da EMTU e do sistema municipal de ônibus da capital, ignorando, portanto, os serviços de ônibus dos outros 38 municípios que constituem a região metropolitana. A consequência disto é a subestimação do IA PUB. Os sinais dos coeficientes estimados, suas diferenças de grandeza e as conclusões

tiradas em torno deles não devem, no entanto, ser radicalmente impactados por essa subestimação. Também não deve ter grande influência sobre os resultados o fato de existir um deslocamento temporal entre os dados imobiliários (de 2014 a 2017) e a infraestrutura de transporte (de 2023): por serem lançamentos, é natural supor que as incorporadoras anteciparam no preço de oferta ao menos alguns dos efeitos da infraestrutura futura.

Por fim, é útil enfatizar que este trabalho apresenta apenas uma perspectiva limitada dos efeitos da infraestrutura de transportes sobre o preço dos imóveis. Não foi considerado o efeito sobre imóveis antigos, nem sobre propriedades com usos não residenciais, como escritórios e indústrias. Não se modelou a interdependência entre a localização dos empregos e residências e o sistema de transportes. Não se analisou o efeito via outros canais como, por exemplo, o da acessibilidade às amenidades urbanas. Não se considerou efeitos locais, como desamenidades associadas à proximidade de estações e rodovias. Uma análise exaustiva da relação entre a infraestrutura de transportes e o mercado imobiliário exigiria controlar essas e outras variáveis.

Referências¹³

- BALL, M. J. Recent Empirical Work on the Determinants of Relative House Prices. **Urban Studies**, n. 10, p. 213-233, 1973.
- BARWICK, P. J. *et al.* Efficiency and equity impacts of urban transportation policies with equilibrium sorting. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 29012, jul. 2021.
- BLOMQUIST, G.; WORLEY, L. Hedonic Prices, Demands for Urban Housing Amenities, and Benefit Estimates. **Journal of Urban Economics**, v. 9, p. 212-221, 1981.
- BOWEN, M. W.; MIKELBANK, B. A.; PRESTEGAARD, D. M. Theoretical and Empirical Considerations Regarding Space in Hedonic Housing Price Model Applications. **Growth and Change**, v. 32, n. 4, p. 466-490, 2001.
- CAMPOS, R. B. A. O Mercado Imobiliário Residencial no Município de São Paulo: Uma Abordagem de Preços Hedônicos Espacial. **Nova Economia**, v. 27, n. 1, p. 303-337, 2017.
- CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE. **Base Cartográfica Digital Georreferenciada das Linhas e Estações de Trem e Metrô - Transporte sobre Trilhos - Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: CEM, 2021. Disponível em: https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br/file/17846/download?token=KVnpuo_A. Acesso em: 21 de set. 2023.
- CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE. **Base Cartográfica Digital Georreferenciada de Logradouros da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: CEM, 2020. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1W35JPltmLBMKUHhd2MV6YlfGTqaDBep6/view?usp=sharing>. Acesso em: 21 de set. 2023.
- COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – METRÔ. **Pesquisa Origem Destino 2017**. São Paulo: Metrô, ago. 2019.
- FÁVERO, L. P. L. **O Mercado Imobiliário Residencial da Região Metropolitana de São Paulo: Uma Aplicação de Modelos de Comercialização Hedônica de Regressão e Correlação Canônica**. 2005. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; LIMA, G. A. S. F. Modelos de Precificação Hedônica de Imóveis Residenciais na Região Metropolitana de São Paulo: Uma Abordagem sob as Perspectivas da Demanda e da Oferta. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 73-96, 2008.
- FOLLAIN, J. R.; JIMENEZ, E. Estimating the Demand for Housing Characteristics: A Survey and Critique. **Regional Science and Urban Economics**, v. 15, p. 77-107, 1985.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. **Opções de mitigação de gases de efeito estufa (gee) em setores-chaves no brasil** – cenários econômicos. Produtos 1 e 2. São Paulo: FIPE, Maio/2014.
- HADDAD, E. A. (coord). **Simulador Inter-Municipal de Insumo-Produto para a Região Metropolitana de São Paulo, 2015**. São Paulo: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE, 2020.

¹³ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

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**, n. 68, p. 3-14, 2017.

HADDAD, E. A.; LOZANO-GARCIA, N.; GERMANI, E., VIEIRA, R. S., NAKAMURA, S., SKOUFIAS, E., ALVES, B. B. Mobility in Cities: Distributional Impact Analysis of Transportation Improvements in São Paulo Metropolitan Region. **Transport Policy**, v. 73, p. 125-142, 2019.

HANSEN, W. How accessibility shapes land use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, n. 2, 1959, p. 73-76.

HEBLICH, S.; REDDING, S. J.; STURM, D. M. The making of the modern metropolis: evidence from London. **The Quarterly Journal of Economics**, p. 2059-2133, 2020.

HERMANN, B. M.; HADDAD, E. A. Mercado Imobiliário e Amenidades Urbanas: A view through the window. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 35, n.2, p. 237-269, 2005.

HERSZENHUT, D.; PEREIRA, R.; ANDRADE, P.; BAZZO, J. **gtfstools: General Transit Feed Specification (GTFS) Editing and Analysing Tools**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2023. Disponível em: <https://ipeagit.github.io/gtfstools/> e em <https://github.com/ipeaGIT/gtfstools>. Acesso em: 24 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Matriz de Insumo-Produto – Brasil – 2015**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KING, T. A. The Demand for Housing: A Lancastrian Approach. **Southern Economic Journal**, v. 43, n. 2, p. 1077-1087, 1976.

O’SULLIVAN, A. **Urban Economics**. 8. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2012. Cap. 6.

PALMQUIST, R. B. Estimating the Demand for the Characteristics of Housing. **The Review of Economics and Statistics**, v. 66, n. 3, p. 394-404, 1984.

PEREIRA, R. H. M.; HERSZENHUT, D. **Introduction to urban accessibility: a practical guide with R**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2023. Disponível em: https://ipeagit.github.io/intro_access_book/. Acesso em: 24 set. 2023.

PEREIRA, R. H. M.; SARAIVA, M.; HERSZENHUT, D.; BRAGA, C. K. V.; CONWAY, M. W. (2021). r5r: Rapid Realistic Routing on Multimodal Transport Networks with R5 in R. **Findings**, n. 21262, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.32866/001c.21262>. Acesso em: 24 set. 2023.

RATHMANN, R. (org). **Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017a.

RATHMANN, R. *et al.* **Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no acordo de Paris**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017b.

REDE NOSSA SÃO PAULO. **Mapa da Desigualdade 2022**. São Paulo: RNSP, 2022. Disponível em: https://www.nossasaopaulo.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Mapa-da-Desigualdade-2022_Tabelas.pdf. Acesso: 21 set. 2023.

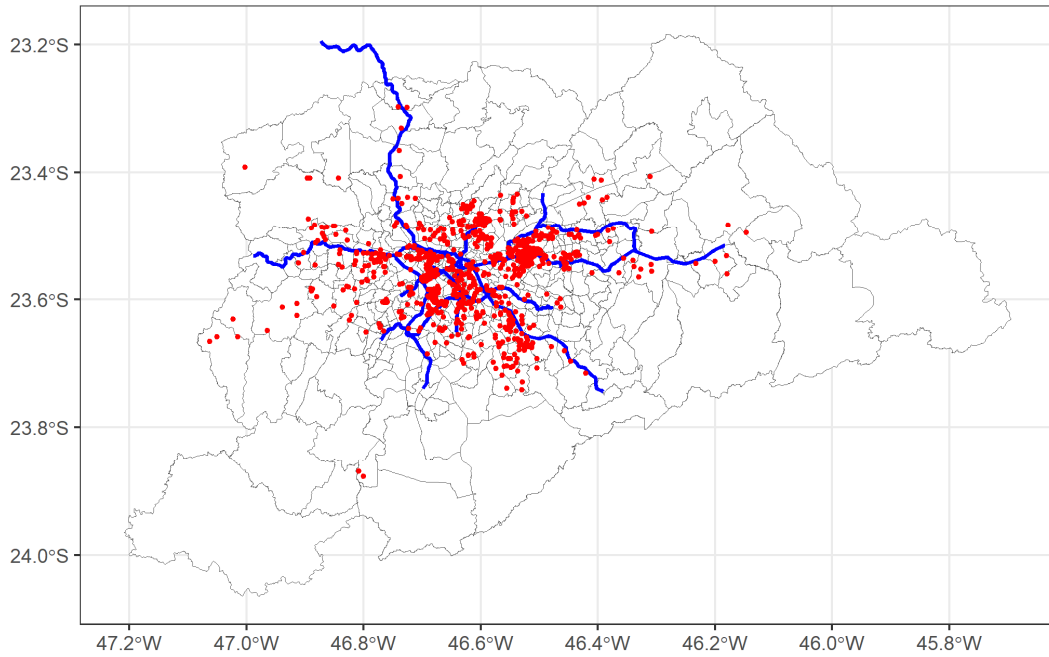
TYNDALL, J. The local labour market effects of light rail transit. **Journal of Urban Economics**, n. 124, 2021.

VIEIRA, Renato S.; HADDAD, Eduardo A. **An accessibility index for the metropolitan region of São Paulo**. São Paulo, SP: Nereus, 2012.

WITTE, A. D.; SUMKA, H. J.; EREKSON, H. An Estimate of a Structural Hedonic Price Model of the Housing Market: An Application of Rosen's Theory of Implicit Markets. **Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1151-1173, 1979.

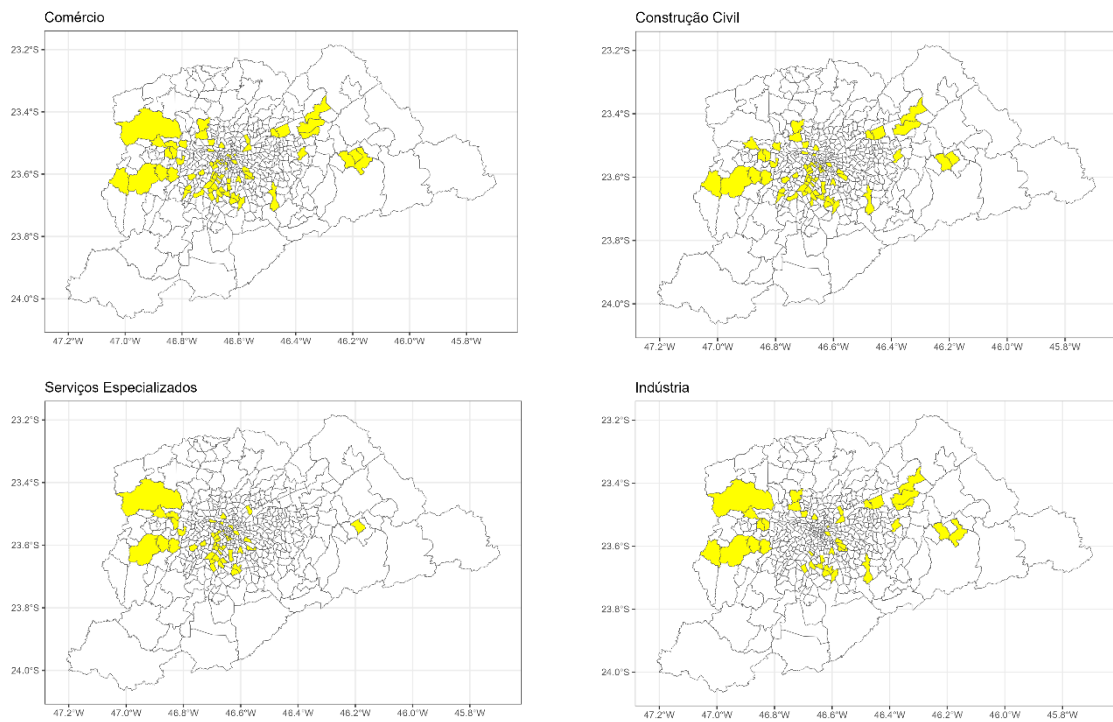
Apêndice A – Figuras

Figura 18: Lançamentos e Sistema sobre Trilhos



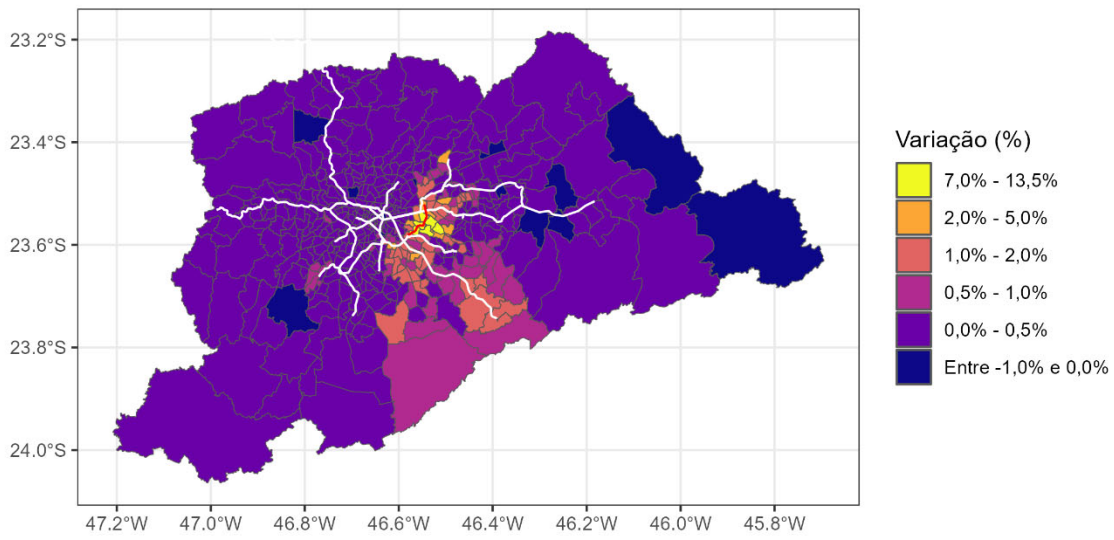
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 19: Padrão Espacial dos Setores nas Zonas de Tráfego Identificadas como as Maiores Contribuidoras para o Crescimento do Emprego



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 20: Variação Relativa do Índice de Acessibilidade por Transporte Público entre os Cenários e Sistema sobre Trilhos



Apêndice B – Tabelas

Tabela 6: Crescimento do Emprego Setorial na Região Metropolitana de São Paulo (2015-2040)

SETORES		CRESCIMENTO ABSOLUTO DO EMPREGO	PARCELA NO TOTAL (%)
1	Agricultura	1.465	0,0714
2	Construção Civil	332.364	16,1967
3	Indústria	245.831	11,9798
4	Comércio	439.881	21,4362
5 e 6	Transportes	135.377	6,5972
7	Serviços Financeiros	48.400	2,3586
8	Serviços Pessoais	109.310	5,3269
9	Serviços de Alimentação	136.171	6,6359
10	Serviços de Saúde	75.486	3,6785
11	Serviços de Educação	66.082	3,2203
12	Serviços Especializados	273.199	13,3135
13	Administração Pública	6.480	0,3158
14	Outros	182.000	8,8692
TOTAL		2.052.046	100

Fonte: Haddad *et al.* (2020).

Tabela 7: Crescimento do Emprego Setorial nas 75 Zonas de Tráfego Identificadas (2015-2040)

SETORES		CRESCIMENTO ABSOLUTO DO EMPREGO	PARCELA NO TOTAL (%)
1	Agricultura	213	0,0308
2	Construção Civil	137.964	19,9493
3	Indústria	84.205	12,1759
4	Comércio	122.850	17,7638
5 e 6	Transportes	40.998	5,9283
7	Serviços Financeiros	19.167	2,7715
8	Serviços Pessoais	29.511	4,2673
9	Serviços de Alimentação	47.518	6,871
10	Serviços de Saúde	19.336	2,796
11	Serviços de Educação	15.982	2,3109
12	Serviços Especializados	92.237	13,3373
13	Administração Pública	1.257	0,1818
14	Outros	80.334	11,6161
TOTAL		691.572	100

Fonte: Haddad *et al.* (2020).

Tabela 8: Resultados do Modelo do Preço do Metro Quadrado de Área Útil

MODELO	PREÇO DO METRO QUADRADO DE ÁREA ÚTIL					
	Completo			Enxuto		
VERSÃO	2 IA	IA PRIV	IA PUB	2 IA	IA PRIV	IA PUB
CONST.	-243,56	-291.30	821.6***	-551.96	-566.11	764.6***
ρ	0,78***	0.78***	0.79***	0.79***	0.79***	0.79***
IA PRIV	0,0002	0.0002**	–	0.0003	0.0003***	–
IA PUB	0,0000008	–	0.0001*	0,0000002	–	0.0001**
COB. VERD.	4,02	4.06	4.37	–	–	–
TX. HOMIC.	-0,56	-0.56	-0.72	–	–	–
DENS. COM.	977,58***	982.4***	940.9***	988.95***	990.34***	940.6***
TIPO EMP.	486,53***	484.4***	514.1***	476.12***	475.52***	512.4***
ELEVADORES	36,59***	36.52***	38.63***	34.45***	34.43***	36.50***
BLOCOS	-29,49	-29.51	-33.29	–	–	–
COBERTURA	807,25***	807.3***	804.8***	819.12***	819.13***	816.4***
ÁREA ÚTIL	3,30	3.29	3.24	–	–	–
(ÁREA ÚTIL) ²	-0,004	-0.004	-0.004	–	–	–
DORMITÓRIO	-670,2***	-669.9***	-674.4***	-588.53***	-588.51***	-588,9***
BANHEIRO	60,18	60.11	72.54	–	–	–
GARAGEM	523,71***	523.3***	527.3***	581.63***	581.51***	588.4***
TT. UNID.	-1,44***	-1.44***	-1.41***	-1.83***	-1.83***	-1.84***

SIGNIFICÂNCIA: * 10%; ** 5%; *** 1%

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 9: Resultados do Modelo do Logaritmo do Preço Total

MODELO	LOGARITMO DO PREÇO TOTAL					
	Completo			Enxuto		
VERSÃO	2 IA	IA PRIV	IA PUB	2 IA	IA PRIV	IA PUB
CONST.	-13.4***	-6.06**	8.14***	-13.59***	-6.35**	8.11***
ln(IA PRIV)	1.58***	0.96***	–	1.59***	0.97***	–
ln(IA PUB)	-0.17***	–	0.05*	-0.16***	–	0.06*
COB. VERD.	0.002	0.001	0.001	–	–	–
TX. HOMIC.	-0.0005	-0.0006	-0.0009	–	–	–
DENS. COM.	0.21***	0.20***	0.21***	0.21***	0.20***	0.20***
TIPO EMP.	0.10***	0.10***	0.11***	0.10***	0.10***	0.10***
ELEVADORES	0.009***	0.009***	0.009***	0.009***	0.009***	0.009***
BLOCOS	-0.01***	-0.01***	-0.01***	-0.01***	-0.01***	-0.01***
COBERTURA	0.07***	0.08***	0.08***	0.07***	0.08***	0.08***
ln(ÁREA U.)	0.91***	0.90***	0.90***	0.91***	0.90***	0.90***
DORMITÓRIO	-0.07***	-0.06***	-0.06***	-0.07***	-0.06***	-0.06***
BANHEIRO	0.04***	0.04***	0.05***	0.04***	0.04***	0.05***
GARAGEM	0.09***	0.08***	0.08***	0.08***	0.08***	0.08***
TT. UNID.	-0.0002***	-0.0002***	-0.0002***	-0.0002***	-0.0002***	-0.0002***
λ	0.89***	0.89***	0.91***	0.89***	0.89***	0.91***

SIGNIFICÂNCIA: * 10%; ** 5%; *** 1%

Fonte: Elaboração Própria.