ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

de Carvalho, Carlos Henrique Ribeiro

Working Paper

Dinâmica social, econômica e territorial na distribuição modal de viagens urbanas: Evidências do município de São Paulo

Texto para Discussão, No. 2930

Provided in Cooperation with:
Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: de Carvalho, Carlos Henrique Ribeiro (2023) : Dinâmica social, econômica e territorial na distribuição modal de viagens urbanas: Evidências do município de São Paulo, Texto para Discussão, No. 2930, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, https://doi.org/10.38116/td2930-port

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/285052

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2930

DINÂMICA SOCIAL, ECONÔMICA E TERRITORIAL NA DISTRIBUIÇÃO MODAL DE VIAGENS URBANAS: EVIDÊNCIAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

CARLOS HENRIQUE RIBEIRO DE CARVALHO

ipea
Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2930
Rio de Janeiro, outubro de 2023

DINÂMICA SOCIAL, ECONÔMICA E TERRITORIAL NA DISTRIBUIÇÃO MODAL DE VIAGENS URBANAS: EVIDÊNCIAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

CARLOS HENRIQUE RIBEIRO DE CARVALHO[1]

1. Técnico de Planejamento e Pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea).

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento
Ministra Simone Nassar Tebet

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta
LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional
FERNANDO GAIGER SILVEIRA

Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
ARISTIDES MONTEIRO NETO

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura
FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais
FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete
ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social
ANTONIO LASSANCE

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2023

Carvalho, Carlos Henrique Ribeiro de
Dinâmica social, econômica e territorial na distribuição modal de viagens urbanas : evidências do município de São Paulo / Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho. – Rio de Janeiro: IPEA, 2023.
33 p. : il., gráfs., mapas color. – (Texto para Discussão ; 2930).

Inclui Bibliografia.
ISSN 1415-4765

1. Planejamento do Transporte Urbano. 2. Distribuição Modal. 3. Uso de Solo. 4. Adensamento Urbano. 5. Transporte Público. 6. Desenvolvimento Urbano. 7. Transporte não Motorizado. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. II. Título.

CDD 388.4

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Dinâmica social, econômica e territorial na distribuição modal de viagens urbanas**: evidências do município de São Paulo. Rio de Janeiro : Ipea, out. 2023. 33 p.: il. (Texto para Discussão, 2930). DOI: http://dx.doi.org/10.38116/td2930-port.

JEL: R42.

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).

Acesse: https://repositorio.ipea.gov.br/.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 6

2 METODOLOGIA 8

2.1 Variáveis dependentes 10

2.2 Variáveis explicativas 11

2.3 Construção dos modelos 13

3 RESULTADOS 14

3.1 Viagens totais por dia útil e tipo de transporte 15

3.2 Viagens pendulares matinais 21

4 MOBILIDADE E POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL 28

5 CONCLUSÕES 30

REFERÊNCIAS 31

SINOPSE

Este trabalho procurou identificar as variáveis socioeconômicas, urbanísticas e de mobilidade que explicam a maior ocorrência relativa de viagens por transporte público coletivo urbano (TPU), transporte individual motorizado (TI) e transporte não motorizado (TNM) em São Paulo (SP). As evidências foram trabalhadas a partir dos dados da pesquisa *Origem e Destino* de SP. Observou-se que bairros mais densos e com maior diversidade de empregos e matrículas favorecem o uso do transporte público e do TNM. Locais com maior proporção de empregos formais também apresentam maior uso do TPU. Por sua vez, a renda é um fator importante para definição da matriz modal, com favorecimento do TI nas regiões mais ricas. Nas regiões-dormitório, predominantemente residenciais, ainda prevalece o TPU, mas, com o aumento da taxa de motorização e o processo de gentrificação dos bairros, há impacto forte a favor do TI. Há algumas indicações de políticas públicas no âmbito urbanístico e econômico no sentido de priorizar o TPU e o TNM a fim de chegar a políticas de mobilidade sustentáveis.

Palavras-chave: planejamento do transporte urbano; distribuição modal; uso de solo; adensamento urbano; transporte público; desenvolvimento urbano; transporte não motorizado.

ABSTRACT

This work sought to identify the socioeconomic, urbanistic and mobility variables that explain the higher relative occurrence of trips by public transport (TPU – transporte público coletivo urbano), individual motorized transport (TI – transporte individual motorizado) and non-motorized transport (TNM – transporte não motorizado) in São Paulo. The evidence was worked from data from the São Paulo origin and destination survey. It was observed that denser neighborhoods with a greater diversity of jobs and enrollment favor the use of TPU and TNM. Places with a higher proportion of formal jobs also show a higher use of TPU. On the other hand, income is an important factor for defining the modal matrix, favoring TI in the richest regions. In dormitory regions, predominantly residential, TPU still prevails, but with the increase in the rate of motorization and the process of gentrification of neighborhoods, there is a strong impact in favor of TI. There are some indications of public policies in the urban and economic scope in the sense of prioritizing TPU and TNM in order to arrive at sustainable mobility policies.

Keywords: urban transport planning; modal distribution; land and use; urban densification; public transportation; urban development; non-motorized transport, urban trips.

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo conhecimento sobre o processo de distribuição modal das viagens cotidianas urbanas é um campo de estudo importante dentro das áreas de planejamento de transporte e economia urbana. O que se tem visto nas últimas décadas é o grande aumento da participação do transporte individual motorizado (TI) em detrimento do transporte público coletivo urbano (TPU) e o transporte não motorizado (TNM), o que vai totalmente de encontro aos preceitos da mobilidade sustentável (Ipea, 2010; Carvalho, 2016; Pereira, 2022). Não obstante às políticas de estímulo à compra e uso de automóveis e motocicletas imprimidas nos últimos anos, que aumentaram a participação dessas modalidades na matriz de deslocamentos diários, há também decisões no âmbito do planejamento urbano que afetam a distribuição das viagens no território e o processo de escolha modal. Este texto busca colaborar com a formação deste entendimento.

Considerando a escala intramunicipal e no aspecto da conformação urbana e dinâmica do solo, Cervero e Duncan (2003) estudaram a relação entre estrutura urbana e viagens não motorizadas para a cidade de São Francisco (EUA), chegando à conclusão que a diversidade de uso do solo está positivamente relacionada com a decisão de caminhar. Anteriormente a isso, adotando modelos logit binomial para prever a escolha de modos, os autores inferiram que bairros mais compactos, com uso do solo misto e orientado para pedestres, apresentam uma menor utilização do automóvel e um aumento das viagens a pé e por transporte público (Cervero, 1996). Taylor *et al*. (2008) encontraram quatro fatores gerais, fora do controle dos sistemas de transporte público, que explicam a maior parte da variação no número de passageiros em áreas urbanizadas nas cidades americanas: geografia regional, economia metropolitana, características da população e particularidades do sistema auto/rodoviário. Gonçalves (2012) empregou variáveis ligadas às características das pessoas e famílias para explicar as escolhas modais, observando que a taxa de motorização das famílias, fatores ligados à renda e caraterísticas dos sistemas de transporte são importantes na definição da modalidade de transporte para viagens cotidianas, considerando estudos para a cidade do Porto (Portugal). Da mesma forma, Tyrinopoulos e Constantinos (2013) mostraram que em cidades europeias a disponibilidade de estacionamentos favorece o TI, assim como os congestionamentos desencorajam o uso do transporte público. No Brasil, Pinto *et al*. (2021) estudaram o processo de escolha modal para o sistema de Fortaleza, encontrando efeitos positivos para a mobilidade motorizada da variável ligada à inserção ao mercado formal do trabalho, além da posse de veículos, mas pouca repercussão com relação à infraestrutura de transporte. A partir de pesquisa de opinião realizada em

vários centros urbanos brasileiros, Galindo, Magalhães e Lima Neto (2014) observaram que variáveis ligadas ao custo da tarifa caracterizavam melhor as escolhas de deslocamento dos usuários de TPU, enquanto velocidade e conforto, as do TI. Isto mostra que fatores associados à renda são importantes em qualquer modelagem de escolha modal.

Mesmo com uma dinâmica socioeconômica diferente da realidade americana, estudada a partir de dados agregados dos bairros e regiões urbanas por Cervero (2003) e Taylor *et al*. (2008), a hipótese é que as grandes cidades brasileiras também apresentem na escala municipal estímulos para deslocamentos não motorizados ou por TPU em espaços diversificados, assim como melhora do nível de demanda por TPU em áreas mais adensadas. Supõe-se ainda que variáveis ligadas à renda e características endógenas dos sistemas de transporte sejam igualmente importantes no processo de escolha modal.

Assim, o objetivo do estudo é investigar as variáveis urbanas e sociais mais impactantes no processo de distribuição modal das viagens urbanas de um dia útil nos grandes centros brasileiros, a partir das evidências do município de São Paulo (SP). Para atingir esse objetivo, utilizou-se como referência os dados da *Pesquisa Origem e Destino* (OD) (Metrô, 2019), com os quais foi possível desenvolver modelagem econométrica com instrumentalização espacial. As análises e apontamentos realizados buscam contribuir para a formulação de políticas de desenvolvimento e crescimento urbano que promovam a mobilidade sustentável com ênfase no uso do TNM e do TPU.

Dessa forma, este estudo está dividido em quatro partes principais, além desta introdução. Na próxima seção, é descrita a metodologia de trabalho, seguida de item referente à exposição dos resultados, no qual são indicados os principais apontamentos sobre a dinâmica de geração de viagens dentro do município de SP. Por fim, são discutidas algumas políticas públicas, à luz dos achados da pesquisa, e apresentadas as conclusões ao final do texto.

2 METODOLOGIA

Para a construção dos modelos econométricos apresentados, utilizou-se a base de dados da pesquisa OD realizada na região metropolitana de São Paulo nos anos 2017 e 2018, a fim de caracterizar os padrões de viagens urbanas no município (Metrô, 2019).

A partir das características socioeconômicas e urbanísticas das regiões pesquisadas, aplicou-se modelos de regressão linear com dados *cross section* para avaliar padrões sociourbanísticos que explicassem a proporção de ocorrência das viagens totais e pendulares matinais nos dias úteis em TPU, TNM e TI.

Utilizando os dados agregados por região disponibilizados na pesquisa OD, pôde-se trabalhar com a combinação de algumas variáveis explicativas nos modelos econométricos adotados, seguindo a linha levantada por Cervero (2003) e demais autores referenciados, em que variáveis de renda, urbanísticas e de mobilidade apresentam poder de influência sobre a distribuição modal das viagens urbanas. Assim, as variáveis explicativas foram divididas em três grupos principais: i) variáveis ligadas à renda média das famílias; ii) variáveis com caracterização urbanística das regiões; e iii) variáveis associadas ao sistema de mobilidade.

A tabela 1 apresenta a lista das variáveis consideradas na modelagem com o índice de correlação entre elas.

TABELA 1

Matriz de correlação das variáveis dependentes e independentes dos modelos econométricos aplicados, na cidade de São Paulo (2018)

Variáveis			Percentual de viagens pendulares			Percentual de viagens totais			Variáveis de renda			Variáveis urbanísticas				Variáveis de mobilidade		
			TPU	TI	TNM	TPU	TI	TNM	Renda *per capita*	Renda < a 2 SMs	% carteira assinada	Pop./há	Densidade populacional	Densidade de empregos e matrículas escolares	Dormitório	Existência de metrô nas proximidades	Taxa de motorização	Frota auto
Variáveis dependentes	Percentual de viagens pendulares	TPU	1															
		TI	-0.6168	1														
		TNM	-0.0674	-0.6959	1													
	Percentual de viagens totais	TPU	0.3200	-0.0851	-0.0924	1												
		TI	-0.4714	0.7821	-0.5740	-0.3189	1											
		TNM	0.1375	-0.6044	0.6486	-0.4656	-0.6377	1										
Variáveis explicativas	Variáveis de renda	Renda *per capita*	-0.3502	0.6473	-0.4577	0.1530	0.5299	-0.5195	1									
		Renda < a 2 SMs	0.2706	-0.6152	0.4997	-0.1426	-0.5330	0.5370	-0.7410	1								
		Percentual de carteira assinada	-0.2403	0.3762	-0.1823	0.4374	0.3305	-0.5583	0.5019	-0.4529	1							
	Variáveis urbanísticas	Pop./ha x 10	0.1703	-0.2293	0.1729	-0.0788	-0.2520	0.3468	0.0405	0.0603	-0.2363	1						
		Densidade populacional	0.1716	-0.2415	0.1832	-0.1666	-0.2429	0.4126	0.0135	0.0571	-0.3212	0.9424	1					
		Densidade de empregos e matrículas escolares	-0.0393	0.1757	-0.1174	0.4779	-0.0649	-0.2662	0.1276	-0.1251	0.3884	-0.1708	-0.2668	1				
		Dormitório	0.0851	-0.0540	-0.0476	-0.0979	-0.0348	0.0623	-0.0596	0.1087	-0.2452	-0.0144	-0.0518	-0.1356	1			
	Variáveis de mobilidade	Existência de metrô nas proximidades	0.1259	-0.0234	0.0107	0.4502	-0.0959	-0.1899	0.2420	-0.2487	0.2813	0.1591	0.1714	0.1446	-0.1375	1		
		Taxa de motorização	-0.3946	0.7253	-0.5652	-0.0124	0.6732	-0.5572	0.8603	-0.7300	0.3998	-0.1427	-0.1306	0.0217	-0.0438	0.0705	1	
		Frota auto	0.0226	-0.0486	-0.0344	-0.4000	-0.0247	0.2977	-0.1376	0.0868	-0.4371	0.1826	0.3133	-0.3476	-0.1557	-0.2273	0.0541	1

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.

2.1 Variáveis dependentes

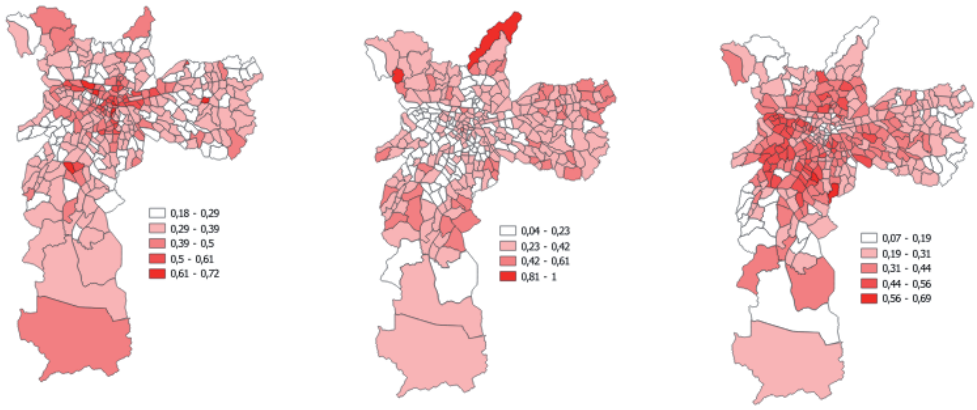
Para o cálculo da proporção de viagens totais por modo de transporte foi calculada a relação de viagens por cada modalidade em relação ao total das viagens com origem e destino dentro do município de São Paulo. O modo TPU é a soma das viagens considerando como modo principal[1] os ônibus, micro-ônibus, metrôs e trens. Já TI é a soma das viagens de automóveis, utilitários e motocicletas, quando não associadas à profissão de motorista. O TNM corresponde a viagens a pé ou de bicicleta e similares, cujo trajeto não se complementa com nenhum outro modal. Foram observadas todas as viagens a pé destinadas a trabalho e escola, independentemente da distância percorrida. Para os demais motivos, quando a distância da viagem a pé foi superior a quinhentos metros (Metrô, 2019). As viagens matinais pendulares são uma subamostra das viagens totais, considerando apenas as viagens com saídas das 6h às 9h.

A figura 1 mostra o mapa com as distribuições espaciais das variáveis dependentes totais por dia útil. Pode-se perceber um padrão espacial, no qual a participação do TI é mais concentrada nas regiões adjacentes das áreas centrais e mais ricas (ver figura 2A com distribuição de renda *per capita*) e o TNM, nas regiões mais distantes deste centro. O uso do TPU está bem espalhado por todo o território, com maior concentração próximo às áreas centrais e em eixos de transporte bem definidos, como a rede do metrô.

FIGURA 1

Mapas com a proporção de distribuição das variáveis dependentes totais por dia útil no município de São Paulo (2018)

1A – TPU: total 1B – TNM: total 1C – TI: total



Fonte: Pesquisa OD (Metrô de São Paulo, 2019).
Elaboração do autor.

1. Modo principal é o modo de maior hierarquia entre os utilizados na mesma viagem. A hierarquia, em ordem decrescente, é a seguinte: i) metrô; ii) trem; iii) ônibus iv) transporte fretado; v) transporte escolar; vi) táxi convencional; vii) táxi não convencional; viii) dirigindo automóvel; ix) passageiro de automóvel; x) dirigindo motocicleta; xi) passageiro de motocicleta; xii) bicicleta; xiii) outros modos; e xiv) a pé.

2.2 Variáveis explicativas

Quanto à caracterização da renda da população nas áreas consideradas, foi utilizada a renda média *per capita* das famílias residentes, considerando ainda a versão logarítmica desta variável, o percentual de famílias com renda inferior a dois salários-mínimos (SMs) da época e o percentual de trabalhadores da região com emprego formal.

No grupo de variáveis urbanísticas considerou-se: i) a densidade populacional, isto é, a população residente por área e suas variações logarítmicas ou agrupadas (população x 10/área em hectares); ii) a densidade de empregos e matrículas escolares da região (empregos + matrículas/população residente); e iii) a variável *dummy* "dormitório" – se o número de viagens produzidas naquela região no período de pico da manhã é pelo menos 80% maior do que o número de viagens atraídas.

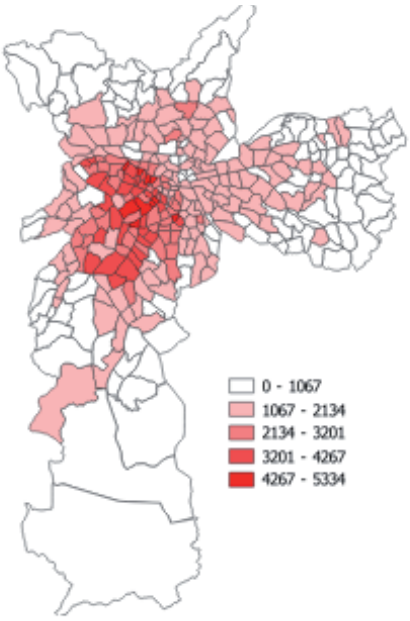
Por fim, o grupo de variáveis ligadas à mobilidade urbana trabalhou com a taxa de motorização da região (frota de veículos/população residente) e uma variável *dummy* indicando se há metrô naquela região. Para calcular esta variável adotou-se como critério o fato de haver percentual de viagens de metrô/trens com origem naquela região superior a 10% do total de viagens locais. Como a pesquisa não discriminou os sistemas *bus rapid transit* (BRT), que foram tratados de forma genérica como ônibus, tal variável *dummy* ficou restrita aos sistemas sobre trilhos, que serviram como base para a análise de impacto a respeito da existência de sistemas de alta capacidade nos modelos utilizados.

A figura 2 apresenta a distribuição espacial das principais variáveis explicativas adotadas na modelagem utilizada, mostrando padrões espaciais semelhantes aos observados para determinadas variáveis dependentes (figura 1).

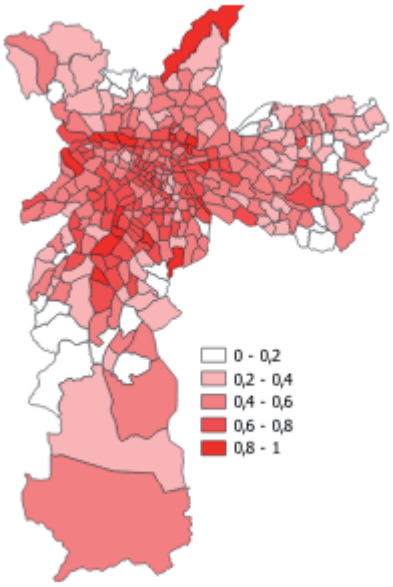
FIGURA 2

Mapas de ocorrência espacial das variáveis explicativas no município de São Paulo (2018)

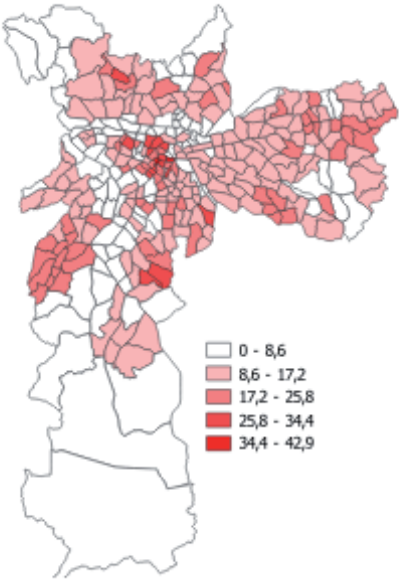
2A – Renda *per capita* (R$)



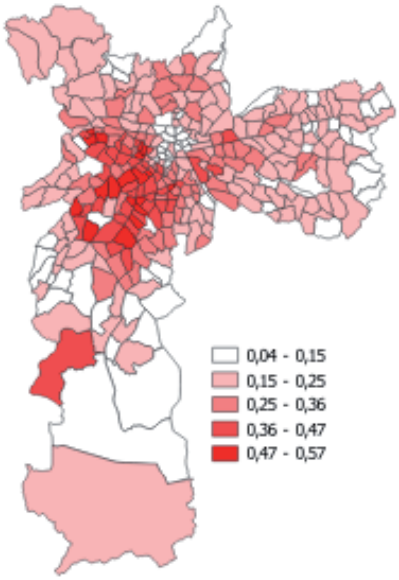
2B – Proporção de carteira assinada (%)



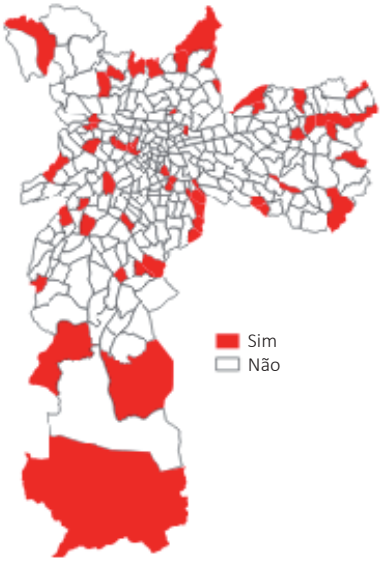
2C – Densidade populacional (dezenas de habitantes/área em hectares)



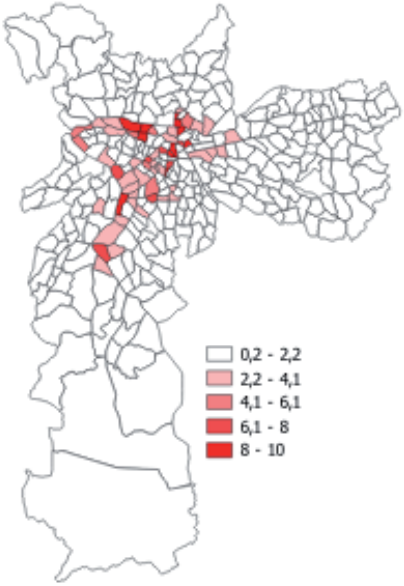
2D – Taxa de motorização (veículos *per capita*)



2E – Regiões-dormitório



2F – Densidade de empregos e matrículas (*per capita*)



Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.

2.3 Construção dos modelos

O primeiro ponto a se considerar metodologicamente para a construção dos modelos era a existência de dependência espacial na modelagem econométrica utilizada. Para essa caracterização, calculou-se o índice de Moran, considerando matrizes de distância com e sem padronização[2] e as variáveis dependentes de estudo. Os resultados são apresentados na tabela 2, na qual se observa forte dependência espacial para todas as variáveis dependentes estudadas (para *p*-valor próximo de zero rejeita-se a hipótese nula de não dependência espacial). Dessa forma, utilizou-se a matriz de distância padronizada como instrumento de ajuste da dependência espacial nas modelagens econométricas adotadas no estudo.

2. Distâncias entre as zonas absolutas (sem padronização) e relativas (com padronização, de forma que a somatória na linha da matriz seja igual a 1).

TABELA 2
Índice de Moran observando matriz de vizinhança padronizada e não padronizada para as variáveis dependentes consideradas no município de São Paulo (2018)

Variáveis dependentes	Matriz de distâncias não padronizada					Matriz de distâncias padronizada				
	I	E(I)	sd(I)	*z*	*p*-valor[1]	I	E(I)	sd(I)	*z*	*p*-valor[1]
Per_col_pen	0.023	-0.003	0.010	2.510	0.006	0.015	-0.003	0.006	2.925	0.002
Per_TI_pen	0.068	-0.003	0.010	6.826	0.000	0.055	-0.003	0.006	9.209	0.000
Per_nmot_pen	0.091	-0.003	0.010	9.158	0.000	0.071	-0.003	0.006	11.803	0.000
Per_col_tot	0.104	-0.003	0.010	10.366	0.000	0.072	-0.003	0.006	11.880	0.000
Per_TI_tot	0.054	-0.003	0.010	5.545	0.000	0.045	-0.003	0.006	7.618	0.000
Per_nmot_tot	0.051	-0.003	0.010	5.199	0.000	0.048	-0.003	0.006	8.088	0.000

Elaboração do autor.
Nota: [1] *one-tailed test*.
Obs.: Per_col_pen: percentual de viagens por TPU pendulares; Per_col_tot: percentual de viagens por TPU totais no dia; Per_TI_pen e Per_TI_tot: percentual de viagens por TI pendulares e totais; Per_nmoto_pen e Per_nmot_tot: percentual de viagens por TNM pendulares e totais.

Foram construídos vários modelos de regressão *cross section* para cada variável de interesse, com instrumentalização espacial da variável dependente (modelo SAR),[3] dos erros (modelo SEM)[4] ou de ambos (modelo SAC).[5] Na modelagem utilizou-se uma combinação das variáveis pertencentes aos grupos pré-definidos (renda, urbanísticas e mobilidade), procurando evitar os efeitos de colinearidade pela utilização de variáveis do mesmo grupo com forte correlação linear. A partir das combinações de variáveis entre os grupos, da coerência dos sinais dos coeficientes calculados e da avaliação da significância das variáveis de correção espacial utilizadas, apresentou-se os modelos com melhor desempenho global e maior significância das variáveis explicativas consideradas.

3 RESULTADOS

Utilizando dados de 329 regiões do município de São Paulo, extraídos da última pesquisa OD, de 2017-2018, pode-se obter algumas conclusões sobre mobilidade e dinâmica urbana naquela capital, empregando como variável dependente a proporção de viagens por TPU, proporção de viagens por TNM (a pé e por bicicleta, principalmente)

3. Modelo de defasagem espacial.
4. Modelo de erro autorregressivo espacial.
5. Modelo de defasagem espacial com erro autorregressivo espacial.

e proporção de viagens por TI. As análises foram realizadas considerando tanto viagens totais ao longo do dia útil quanto viagens matinais no período de pico (viagens pendulares). Os resultados e análises são apresentados adiante.

3.1 Viagens totais por dia útil e tipo de transporte

A base para análise de distribuição modal de um sistema de transporte urbano é o total de viagens realizadas pelas pessoas em dias típicos da semana, principalmente os dias úteis, quando os sistemas apresentam diferentes carregamentos nos diversos períodos do dia. Os itens a seguir demonstram os resultados e análises das regressões considerando esse parâmetro por tipo de transporte.

3.1.1 Viagens totais do TPU nos dias úteis

A tabela 3 mostra os resultados das regressões OLS[6] com instrumentalização espacial dos erros e/ou da variável dependente (percentual de viagens por TPU). Pode-se observar certa convergência dos coeficientes dos modelos considerados para algumas variáveis adotadas. Considerando a modelagem (5), por exemplo – regressão SAR –, que apresenta maior R2 e variáveis explicativas significantes a 2,5%, observa-se que as variáveis taxa de motorização, existência de metrô próximo, densidade habitacional e densidade de empregos são mais importantes para caracterizar as regiões com maior percentual de uso do transporte público.

Os coeficientes com grandes magnitudes desse modelo são a taxa de motorização e a variável *dummy* referente à presença de metrô nas proximidades. O coeficiente da taxa de motorização é negativo, o que significa que quanto maior a taxa de motorização, ou a posse de veículos privados motorizados pelas famílias, menor é o uso do transporte público, como era de esperar. O efeito da existência do metrô é inverso, aumentando a participação do transporte público na matriz modal. O modal subterrâneo atrai muitas viagens de transporte privado por ser mais rápido e conveniente para acessar áreas de alta densidade de tráfego e alto custo de estacionamento. Pelo modelo (5), a simples existência de metrô aumenta em 8 pontos percentuais (p.p.) as viagens por TPU naquela região. Pode-se depreender que a oferta de sistemas de transporte público de alta capacidade sobre pneus, como os BRTs, também apresente efeito semelhante, com menor intensidade talvez. Como os dados da OD não diferenciam os tipos de

6. *Ordinary least squares* (mínimos quadrados ordinários, em português).

sistemas de ônibus de alta e média capacidade, não se pôde fazer essa inferência na modelagem realizada.

O efeito da densidade habitacional apresentou coeficiente negativo em todos os modelos, o que é um resultado um pouco surpreendente, pois se esperava que a densidade aumentasse o percentual de viagens do TPU. Para investigar melhor esse fenômeno acrescentou-se a variável densidade ao quadrado no modelo (5), no qual se observa o coeficiente positivo para essa nova variável. O que se pode deduzir é que em níveis mais baixos de densidade populacional, quando há elevação desse indicador, ocorre uma consequência negativa sobre a participação do TPU em função do aumento do uso do transporte privado naquela região. Isso pode estar associado ao processo de gentrificação e aumento de renda da localidade, que por sua vez implica em maior adensamento e uso do TI. Em níveis mais elevados de adensamento, essa repercussão seria contrária, atraindo mais usuários de TPU, conforme visto no modelo (5). Esse resultado está associado ao efeito de Mohring (1972), no qual regiões muito adensadas permitem oferta do TPU com maior frequência, o que acaba atraindo mais demanda. Sugere-se aprofundamento dos estudos sobre esses impactos, utilizando bases de dados mais adequadas para essas inferências.

No entanto, quando a densidade de empregos e matrículas escolares apresenta coeficiente positivo – aumento de um emprego ou matrícula escolar por habitante –, cresce em 0,8 p.p. o uso do TPU. Isso porque quando há muitas atividades de trabalho e escola na região há muitos deslocamentos curtos que favorecem o TPU e o deslocamento a pé ao longo do dia, além da geração de viagens que essas atividades provocam. Pode-se inferir igualmente que a falta de estacionamentos nessas áreas de maior densidade de emprego e escola também desestimulam o uso do TI, conforme observado por Tyrinopoulos e Constantinos (2013).[7] Há, ainda, uma população flutuante, que realiza viagens que independem da densidade residencial daquele local. Dessa forma, o uso de solo misto, tratado aqui apenas com referência às variáveis de emprego e matrículas, comprova-se como uma medida importante para tornar o transporte urbano mais sustentável.

7. Por falta de dados de estacionamentos na pesquisa OD, não se pôde avaliar esse efeito para o caso de SP.

TABELA 3

Resultados da regressão sobre a variável proporção de viagens totais utilizando transporte coletivo público urbano no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAC	(3) SAR	(4) SAR	(5) SAR	(6) SAC
Per_col_tot						
Dens_emp_mat	0.00828***	0.00877***	0.00905***	0.00878***	0.00800***	0.00849***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
tem_metro	0.0751***	0.0810***	0.0822***	0.0807***	0.0835***	0.0789***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
tx_mot	-0.226**			-0.0883*	-0.0804*	-0.0949*
	(0.009)			(0.015)	(0.025)	(0.011)
ln_Ren_per	-0.105	-0.0490	-0.0122			
	(0.653)	(0.836)	(0.151)			
ln_Ren_squ~e	0.00935	0.00233				
	(0.555)	(0.883)				
Dens_dez_ha	-0.00319***	-0.00289***	-0.00274***	-0.00293***	-0.00779***	-0.00308***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Den_dezha_sq					0.000161**	
					(0.004)	
_cons	0.633	0.527	0.383***	0.320***	0.352***	0.323***
	(0.464)	(0.547)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
W						
Per_col_tot	0.201***	0.248***	0.237***	0.233***	0.212***	0.243***
	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
e.Per_co~tot	0.333	0.487				0.450
	(0.350)	(0.176)				(0.168)
N	329	329	329	329	329	329
pseudo R-sq	0.439	0.423	0.424	0.431	0.447	0.430

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.
Obs.: 1. Per_col_tot: percentual de viagens totais por TPU; Tem_metro: variável binária indicando a presença de estação de metrô próximo; tx_mot: taxa de motorização; Ln_Ren_per: logaritmo da renda *per capita* média; Ln_Ren_square: logaritmo da renda *per capita* média ao quadrado; Dens_dz_ha e Den_dezha_sq: população residente por 10 hectares e seu quadrado; Dens_emp_mat: número de empregos e matrículas dividido pela população.
2. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.
3. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

3.1.2 Viagens não motorizadas totais por dia útil

Da mesma forma que foi feito para a proporção de viagens de TPU, foi realizada a regressão *cross section* considerando como variável dependente a proporção de viagens matinais por TNM (a pé e por bicicleta) nas regiões do município de São Paulo. Vale ressaltar que, neste caso, tanto as regressões espaciais com instrumentalização dos erros quanto a variável dependente não apresentaram desempenho satisfatório, com baixa significância para as variáveis de correção espacial considerada – modelos (1) a (4) da tabela 4. Dessa maneira, os modelos (5) e (6) foram desenvolvidos com regressão linear simples, com o modelo (6), robusto, apresentando melhor desempenho – maior R2 e alta significância das variáveis.

Quando se analisa as viagens não motorizadas totais do dia, os resultados, do mesmo modo, indicam algumas diferenças, a exemplo das viagens por TPU. Considerando o modelo (6) observa-se que a renda é uma variável de forte impacto e com sinal negativo, o que evidencia que o TNM está associado às pessoas e regiões mais pobres. A cada 1% de aumento da renda média da região, a proporção de viagens não motorizadas cai 1 p.p. Por sua vez, em regiões de mais alta renda, efeito medido pela variável logarítmica de renda ao quadrado, há um impacto positivo em relação à renda, revelando que nas regiões muito ricas há também muitos deslocamentos não motorizados – possivelmente pela maior disponibilidade de comércio e equipamentos públicos naquelas regiões. Mas vale ressaltar que o efeito líquido da renda é negativo, denotando que aumento de renda em geral significa redução das viagens não motorizadas.

O sinal negativo para percentual de pessoas com carteira assinada quando se considera as viagens totais corrobora as análises da renda, indicando que quando há menor quantidade de empregos formais, principalmente nas regiões mais pobres, as pessoas ficam restritas à realização de trabalhos informais e outras atividades próximo de casa, aumentando os deslocamentos não motorizados com custo zero. Este efeito foi observado por Pereira e Schwanen (2013) quando analisaram os dados de tempo de deslocamento dos estratos mais pobres. Com emprego registrado os trabalhadores têm acesso ao vale-transporte (VT) pago pelas empresas, o que reduz as viagens a pé ou de bicicleta.

Como era de esperar, a taxa de motorização apresenta impacto negativo sobre as viagens não motorizadas. Pelo modelo (6), a cada 1 p.p. a mais na taxa de motorização (relação do número de automóveis sobre a população da região), o deslocamento não motorizado é reduzido em 0,2 p.p. Isso mostra a dificuldade de se implementar políticas de sustentabilidade em um ambiente de franca expansão da frota a combustão.

Quanto às variáveis urbanísticas, verificou-se que a densidade populacional é a que mais influencia os deslocamentos ativos. A premissa é que em regiões com maior densidade populacional há maior possibilidade de existência de comércio variado e outras atividades na região, gerando viagens não motorizadas.

TABELA 4

Resultados da regressão sobre a variável proporção de viagens totais não motorizadas – a pé e bicicleta – no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAR	(3) SEM	(4) SEM	(5) OLS Rob	(6) OLS Rob
main						
Dens_emp_mat	-0.000309			-0.000466		
	(0.827)			(0.741)		
ln_Dens_pop	0.0411***	0.0418***	0.0415***	0.0388***	0.0405***	0.0416***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
tx_mot	-0.181*	-0.196*	-0.200**	-0.185*	-0.157*	-0.198**
	(0.023)	(0.011)	(0.007)	(0.020)	(0.016)	(0.003)
ln_Ren_per	-0.779**	-0.973***	-0.975***	-0.0595**	-0.0307	-0.980***
	(0.003)	(0.000)	(0.000)	(0.002)	(0.099)	(0.000)
ln_Ren_squ~e	0.0494**	0.0614***	0.0616***			0.0619***
	(0.005)	(0.000)	(0.000)			(0.000)
Per_carteira	-0.110***	-0.107***	-0.109***	-0.126***	-0.125***	-0.109***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
dormitorio	0.00197	0.00215				
	(0.860)	(0.846)				
Per_2SM	0.0946				0.179**	
	(0.145)				(0.003)	
_cons	3.223**	4.012***	4.021***	0.653***	0.401**	4.037***
	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)	(0.000)
W						
Per_nmot_tot	0.0244	0.00455				
	(0.734)	(0.948)				
e.Per_nmot~t	0.162		0.242	0.416		
	(0.826)		(0.716)	(0.403)		
N	329	329	329	329	329	329
adj. R-sq					0.537	0.547
pseudo R-sq	0.557	0.554	0.554	0.531		

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.
Obs.: 1. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.
2. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

3.1.3 Viagens totais por TI

A tabela 5 apresenta os resultados da regressão espacial utilizando como variável dependente a proporção de viagens por TI por dia útil. Os modelos com correções espaciais nos erros (SEM) apresentaram melhor desempenho, sendo que o modelo (6) foi adotado como base de análise por apresentar variáveis explicativas significantes e maior R2.

Como era esperado, o aumento de renda e da taxa de motorização incrementa muito o uso do TI. Carvalho (2016) chamou atenção para a alta elasticidade-renda da demanda por esse tipo de transporte, corroborando os resultados apresentados – aumento de renda da população significa elevação mais que proporcional dos gastos com TI (*op. cit.*).

Por sua vez, o aumento da densidade populacional e da densidade de empregos e matrículas escolares reduz a proporção de viagens por TI. É o efeito de Mohring já mencionado, quando o aumento da densidade favorece o aumento da frequência do TPU, atraindo demanda para esta modalidade em detrimento do TI (Mohring, 1972).

Por fim, a variável binária indicando se existe metrô próximo apresenta alta magnitude e significância, mostrando como sistemas de alta capacidade e alto desempenho são opções viáveis para a substituição de viagens individuais motorizadas – nas regiões com acesso ao metrô, há uma redução de 3,5 p.p. na participação das viagens por TI. Isso é uma evidência de que não é possível discutir políticas de mobilidade sustentável sem que se considere políticas de ampliação da rede de transporte público de alta capacidade e alto desempenho nos grandes centros urbanos.

TABELA 5

Resultados da regressão espacial sobre a variável proporção de viagens totais individuais motorizadas no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAC	(3) SAC	(4) SEM	(5) SAC	(6) SEM
Per_TI_tot						
Dens_emp_mat	-0.00401**	-0.00358**	-0.00181		-0.00363**	-0.00359**
	(0.004)	(0.009)	(0.164)		(0.009)	(0.009)
tx_mot	0.352***	0.330***	0.478***	0.423***	0.401***	0.330***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
ln_Ren_per	0.0721**	0.0851***	0.0533**	0.0597**	0.0638**	0.0848***
	(0.001)	(0.000)	(0.009)	(0.007)	(0.002)	(0.000)
Dens_dez_ha	-0.00181*	-0.00223**			-0.00237***	-0.00225***
	(0.014)	(0.001)			(0.001)	(0.001)
Per_carteira	0.0474			0.0518*		
	(0.114)			(0.050)		
tem_metro	-0.0371***	-0.0355**		-0.0393***		-0.0355**
	(0.001)	(0.001)		(0.000)		(0.001)
_cons	-0.263	-0.325*	-0.148	-0.216	-0.190	-0.321*
	(0.052)	(0.013)	(0.239)	(0.111)	(0.131)	(0.013)
W						
Per_TI_tot	0.0424	0.0116	-0.172		0.0343	
	(0.838)	(0.951)	(0.114)		(0.871)	
e.Per_TI_tot	1.352***	1.373***	1.599***	1.364***	1.207***	1.380***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
N	329	329	329	329	329	329
pseudo R-sq	0.498	0.502	0.474	0.471	0.476	0.504

Elaboração do autor.

Obs.: 1. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

2. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

3.2 Viagens pendulares matinais

Os maiores carregamentos e externalidades dos sistemas de mobilidade ocorrem nos períodos de pico da manhã e da tarde, o que torna importante compreender os fatores que mais impactam as viagens nestes períodos. Neste estudo, foram avaliadas as viagens ocorridas no período de pico da manhã (6h às 9h), chamadas de viagens pendulares.

3.2.1 Viagens pendulares matinais por TPU

Considerando modelos testados de regressão linear espacial, alternando algumas variáveis explicativas, são apresentados na tabela 6 os principais resultados de modelagem tomando como variável dependente a proporção de viagens pendulares do TPU no período de pico da manhã (6h às 9h).

O primeiro aspecto importante a se considerar é quanto aos fenômenos ligados à renda. A renda *per capita* da população apresenta correlação líquida positiva para a proporção de viagens por TPU nos modelos que adotaram essa variável explicativa, mas, assim como se observou em estudos sobre elasticidade-renda da demanda de transporte público[8] (Carvalho, 2014), as regiões com renda mais alta manifestam redução do uso de transporte público. Isso pode ser visto pelo coeficiente negativo da variável renda *per capita* ao quadrado no modelo (7) – que apresenta variáveis significativas e maior R2. A taxa de motorização[9] também reflete o fenômeno da renda, pois sabe-se que ela é maior nas regiões de renda mais alta. Como era de esperar, nas regiões com maior taxa de motorização há menor uso do TPU, indicando exatamente o mesmo fenômeno – os mais ricos utilizam menos o transporte público e mais TI.

Outra variável testada é a existência de metrô próximo à região de moradia. Nos modelos em que se testou essa variável, observou-se correlação positiva com a proporção de viagens por TPU nas viagens matinais pendulares (tabela 6). Isso é um fenômeno já discutido. O metrô atrai muitas viagens de transporte privado, por ser mais rápido e conveniente para acessar áreas de alta densidade de tráfego. Pelo modelo (7), a simples existência de metrô na região aumenta em cerca de 5 p.p. as viagens por TPU.

Em regiões nas quais a proporção de viagens produzidas pela manhã é superior a 80% das viagens atraídas, caracterizada no trabalho pela variável "dormitório", observa-se correlação positiva no modelo (7), que apresentou maior R2 e maior significância das variáveis explicativas. Neste modelo, as chamadas regiões-dormitório apresentam cerca de 3 p.p. a mais de viagens no TPU do que as demais áreas, em média. Pode-se inferir que essas regiões, geralmente afastadas dos centros mais dinâmicos economicamente (figura 2), são marcadas, em sua maioria, por viagens matinais a trabalho de indivíduos

8. Carvalho (2016) mostrou que, nos estratos mais altos, quanto maior a renda menor é a utilização do transporte público.

9. Como a taxa de motorização apresenta correlação com renda, alternou-se o uso dessas variáveis na modelagem proposta, embora nos últimos anos tenha ocorrido aumento da taxa de motorização nas classes mais baixas, o que diminui o efeito da colinearidade.

de baixa renda que se deslocam para outras regiões utilizando majoritariamente TPU e pagando as viagens preferencialmente com VT.

TABELA 6

Resultados da regressão sobre a variável percentual de viagens pendulares matinais utilizando TPU no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAC	(3) SEM	(4) SAC	(5) SEM	(6) SEM	(7) SEM
Per_col_pen							
Dens_emp_mat	-0.000189	-0.000555					
	(0.916)	(0.758)					
tem_metro	0.0426**	0.0419**	0.0461**	0.0545***	0.0516***	0.0438**	0.0452**
	(0.003)	(0.002)	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.002)	(0.002)
tx_mot	-0.271*	-0.397***	-0.310**			-0.293**	-0.297**
	(0.018)	(0.000)	(0.006)			(0.010)	(0.008)
ln_Ren_per	0.992**		-0.0228	1.060***	1.037***	0.877**	0.983**
	(0.002)		(0.381)	(0.001)	(0.001)	(0.005)	(0.002)
ln_Ren_squ~e	-0.0691**			-0.0780***	-0.0761***	-0.0615**	-0.0684**
	(0.001)			(0.000)	(0.000)	(0.004)	(0.001)
Dens_dez_ha	0.00121	0.00103	0.00117		0.00154		
	(0.168)	(0.245)	(0.146)		(0.054)		
dormitorio	0.0312*			0.0296*	0.0308*		0.0302*
	(0.026)			(0.034)	(0.027)		(0.029)
_cons	-3.200**	0.406***	0.544***	-3.289**	-3.226**	-2.736*	-3.141**
	(0.006)	(0.000)	(0.001)	(0.005)	(0.006)	(0.017)	(0.007)
w							
Per_col_pen	0.126	-0.00763		0.153			
	(0.494)	(0.951)		(0.356)			
e.Per_col_~n	1.189**	0.916*	0.961*	1.554***	1.448**	1.391**	1.406**
	(0.003)	(0.016)	(0.015)	(0.001)	(0.001)	(0.002)	(0.003)
N	329	329	329	329	329	329	329
pseudo R-sq	0.208	0.188	0.189	0.180	0.196	0.191	0.201

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.
Obs.: 1. Per_col_pen: percentual de viagens por TPU; Tem_metro: variável binária indicando se há estação de metrô próximo; tx_mot: taxa de motorização; Ln_Ren_per: logaritmo da renda *per capita* média; Ln_Ren_square: logaritmo da renda *per capita* média ao quadrado; Dens_dz_ha: população residente por 10 hectares; dormitório: variável binária indicando se viagens produzidas na zona *i* são 80% maiores do que viagens atraídas.
2. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.
3. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

3.2.2 Viagens matinais por TNM

Pelos resultados da tabela 7, observa-se que, assim como o TPU, a densidade populacional influencia positivamente a proporção de viagens não motorizadas no pico da manhã. De acordo com o modelo (5), que apresenta as maiores significâncias das variáveis explicativas, assim como maior R2 ajustado, para cada 1% de aumento unitário do adensamento (dez habitantes/ha), a proporção de viagens não motorizadas pendular da região aumenta em 0,004.

Em relação à renda, o efeito é contrário ao do TPU. As evidências das modelagens realizadas mostram que quanto maior a renda *per capita* menor a proporção de viagens pendulares não motorizadas no pico da manhã, o que evidencia o problema de capacidade de pagamento do transporte motorizado, especialmente o TPU, de parte considerável das pessoas que realizam deslocamentos a pé ou por bicicleta. Isto é uma conclusão já esperada: um incremento na renda se reflete em mais viagens por ônibus e motocicletas pelas classes intermediárias e mais viagens por carro pelas classes mais altas. No sentido oposto, as pessoas dos menores estratos de renda ficam restritas à realização de viagens não motorizadas em função do alto custo do transporte. Observa-se ainda que a variável referente ao percentual de famílias com menos de dois SMs apresenta coeficiente positivo nos modelos em que essa variável foi considerada. Isso mostra que as viagens não motorizadas são sensíveis à renda dos mais pobres, indicando a necessidade de políticas específicas de mobilidade para essa faixa de renda mais baixa acessar o TPU. Pereira e Schwanen (2013) já apontavam que os mais pobres ficam restritos aos arredores de casa para trabalhar justamente em função do alto preço do TPU, tendo menos chances de procurar melhores oportunidades de emprego, saúde, educação e lazer em outras regiões da cidade. O custo de transporte torna-se um fator de exclusão social dentro dessa lógica.

A taxa de motorização, conforme previsto, gerou impacto negativo considerável sobre as viagens ativas no período de pico da manhã. Além disso, a densidade de empregos e matrículas escolares apresentou efeito inesperado negativo. A expectativa era que, com a diversificação do solo e mais atividades econômicas, empregos e vagas escolares na região, houvesse maior quantidade relativa de deslocamentos pendulares não motorizados pela manhã, o que não se confirmou pelo modelo (5) – coeficiente negativo desta variável, na tabela 7. Vale ressaltar que por se tratar de viagens pendulares matinais, feitas apenas por residentes e por motivo majoritariamente de trabalho e escola, era de esperar resultados diferentes dos obtidos para a variável viagens totais – motivos de viagens menos rígidos em termos temporais e com acréscimo da

demanda flutuante propensa a realizar viagens a pé ao longo do dia nas regiões mais diversificadas. Pode-se inferir que esse efeito tem ligação com maior uso de transporte motorizado pendular pelos residentes das regiões menos pobres que se caracterizam pela maior diversificação do solo (mais empregos e escolas). Como são deslocamentos rígidos e obrigatórios (trabalho ou escola), o transporte motorizado torna-se mais conveniente. Sugere-se investigar mais esse fenômeno por meio de regressões quantílicas.

Tomando ainda o modelo 5 como base de análise, observou-se correlação positiva com alta significância da variável percentual de empregos formais com a proporção de viagens ativas. Esse fato mereceria uma análise mais aprofundada que foge ao escopo do trabalho, mas pode-se inferir, em uma análise preliminar, que vários empregadores optam por contratar trabalhadores de baixa renda em regiões próximas a fim de não pagar VT ou reduzir o seu custo de contratação. Com isso pode haver essa correlação positiva entre viagens não motorizadas e registro em carteira. Outra explicação plausível seria que o trabalhador de baixa renda utiliza os créditos de VT para outros deslocamentos e vai a pé ou de bicicleta para o trabalho, mesmo que as distâncias sejam grandes. Os trabalhadores de maior renda registrados em carteira têm maior possibilidade de residir próximo ao trabalho, principalmente nos bairros mais ricos e com grande densidade de emprego. Isso poderia impactar positivamente as viagens não motorizadas também.

TABELA 7

Resultados da regressão sobre a variável proporção de viagens matinais não motorizadas – a pé e de bicicleta – no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAC	(3) SEM	(4) SEM	(5) SAR	(6) SEM
Per_nmot_pen						
Dens_emp_mat	-0.00541**	-0.00509**	-0.00408*	-0.00403*	-0.00471*	
	(0.003)	(0.004)	(0.024)	(0.025)	(0.010)	
ln_Dens_pop	0.0184*	0.0213**	0.0233**	0.0258***	0.0219**	0.0312***
	(0.013)	(0.003)	(0.001)	(0.000)	(0.002)	(0.000)
tx_mot	-0.239*	-0.224*	-0.206		-0.319**	-0.247*
	(0.028)	(0.039)	(0.059)		(0.002)	(0.021)
ln_Ren_per	-1.272***	-1.223***	-0.0502	-0.102***	-1.520***	-1.660***
	(0.000)	(0.000)	(0.096)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
ln_Ren_squ~e	0.0804***	0.0768***			0.0954***	0.105***
	(0.000)	(0.001)			(0.000)	(0.000)
Per_carteira	0.116**	0.127***	0.104**	0.121***	0.143***	0.119***
	(0.002)	(0.000)	(0.005)	(0.001)	(0.000)	(0.001)
dormitorio	-0.0183					
	(0.194)					
Per_2SM	0.158	0.159	0.286***	0.290***		
	(0.055)	(0.054)	(0.000)	(0.000)		
_cons	5.066***	4.879***	0.491*	0.767***	6.092***	6.609***
	(0.000)	(0.000)	(0.013)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
W						
Per_nmot_pen	0.630*	0.535*			0.423***	
	(0.013)	(0.023)			(0.000)	
e.Per_nmot~n	1.077***	1.061	1.902**	1.464***		1.564***
	(0.000)	(0.152)	(0.002)	(0.000)		(0.000)
N	329	329	329	329	329	329
pseudo R-sq	0.320	0.386	0.370	0.344	0.423	0.405

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.
Obs.: 1. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.
2. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

3.2.3 Viagens matinais pendulares por TI

Considerando o modelo (6) da tabela 8 com regressão linear e instrumentalização espacial pela variável dependente (maior significância das variáveis e R2), observa-se o efeito negativo sobre as viagens pendulares matinais da densidade populacional e a existência de metrô – o modal reduz em 5 p.p. a participação do TI nas viagens pendulares matinais.

Entretanto, aumento da renda e da taxa de motorização elevam a participação das viagens do TI pendulares matinais, como era de esperar. A densidade de empregos e matrículas também impulsiona essas viagens em termos relativos, apesar do efeito contrário nas viagens totais do dia dessa modalidade. Conforme discutido, pode-se inferir que a população residente das regiões menos pobres, que são mais dinâmicas em termos de empregos e vagas escolares, usam mais TI nas viagens pendulares. Ao longo do dia, com a incorporação da população flutuante, este efeito se inverte.

TABELA 8

Resultados da regressão sobre a variável proporção de viagens matinais por TI no município de São Paulo (2018)

	(1) SAC	(2) SAC	(3) SAC	(4) SEM	(5) SAC	(6) SAR
Per_TI_pen						
Dens_emp_mat	0.00691**	0.00677**	0.00649***		0.00649***	0.00617**
	(0.001)	(0.001)	(0.001)		(0.001)	(0.002)
tx_mot	0.625***	0.670***	0.538***	0.608***	0.538***	0.561***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
ln_Ren_per	0.120***	0.109***	0.139***	0.119***	0.139***	0.130***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Dens_dez_ha	-0.00350*		-0.00236*		-0.00236*	-0.00262**
	(0.029)		(0.013)		(0.013)	(0.005)
Per_carteira	-0.0448					
	(0.300)					
ln_Dens_pop	0.00505	-0.0142				
	(0.688)	(0.073)				
tem_metro			-0.0498**	-0.0561***	-0.0498**	-0.0508***
			(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
_cons	-0.585**	-0.482**	-0.707***	-0.646***	-0.707***	-0.652***
	(0.001)	(0.004)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
W						
Per_TI_pen	-0.262**	-0.320**	-0.252**		-0.252**	-0.212*
	(0.006)	(0.001)	(0.007)		(0.007)	(0.011)
e.Per_TI_pen	0.520*	0.643**	0.493	0.644	0.493	
	(0.033)	(0.008)	(0.058)	(0.062)	(0.058)	
N	329	329	329	329	329	329
pseudo R-sq	0.586	0.579	0.597	0.552	0.597	0.597

Fonte: Pesquisa OD (Metrô, 2019).
Elaboração do autor.
Obs.: 1. *p*-valores: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.
2. Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

4 MOBILIDADE E POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Planejamento de sistemas de mobilidade urbana com foco na inclusão social, redução das externalidades negativas, como poluição, acidentes e congestionamentos, e eficiência econômica e financeira são objetivos ligados ao conceito de mobilidade urbana sustentável. Vários objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) traçados pela Organização das Nações Unidas (ONU) estão ligados a esse conceito, em especial os ODS 1, 10, 11, 12 e 13[10] (UITP, 2020).

Entre várias iniciativas que visam atender esses objetivos, destacam-se as políticas voltadas para o aumento da atratividade e participação do TPU na matriz modal de deslocamentos urbanos e ao mesmo tempo ações de melhoria das condições de locomoção por TNM. O foco nestas medidas permite aprimorar os recursos de mobilidade dos mais pobres, pelo aumento da oferta do TPU e sua maior eficiência e menor custo, além da redução das externalidades negativas do sistema de mobilidade pela redução de viagens individuais motorizadas (Carvalho, 2016).

Os resultados e apontamentos apresentados neste trabalho contribuem para delinear algumas políticas públicas de transporte e ocupação territorial que venham atrair demanda ao sistema de TPU e estimular o TNM.

Na análise realizada com base na pesquisa OD de São Paulo, observou-se que políticas de adensamento populacional favorecem o uso do TPU e do TNM. Da mesma forma, a diversificação do solo, representada pelo aumento de atividades econômicas e de ensino, beneficia essas modalidades mais sustentáveis do ponto de vista social e ambiental, ampliando suas participações na matriz modal de deslocamentos urbanos e reduzindo os deslocamentos motorizados individuais. Pode-se inferir que em áreas com alta diversificação do solo o custo com estacionamento de carros é mais alto, o que reduz a atratividade desta modalidade, aumentando a busca pelo sistema de transporte público, associada aos deslocamentos a pé, conforme foi constatado por Tyrinopoulos e Constantinos (2013) nas cidades europeias. Nova Iorque (EUA) é outro exemplo global desse fato. Com solo diversificado e alto custo de estacionamento na ilha, há intenso uso do TPU e deslocamentos a pé comparado aos padrões de cidades americanas (Goetzke, 2008).

10. Erradicar a pobreza; reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles; tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

Associado com outras medidas urbanísticas, como redução dos estímulos ao espraiamento urbano e maior adensamento nas áreas ao redor de corredores de transporte de alta demanda, várias cidades no mundo estão procurando otimizar a capacidade dos sistemas de transporte público e com isso reduzir as externalidades negativas do transporte urbano como um todo. Esse conjunto de princípios e medidas urbanísticas com foco no sistema de mobilidade é chamado de *transit-oriented development* (TOD)[11] (Cervero, 2004; Balbim e Krause, 2015). O próprio Plano Diretor Estratégico de São Paulo (PDE-SP) teve como base os princípios descritos acima (Moura, Oliveira e Figueiredo, 2016). Foi visto nos modelos apresentados como o metrô traz impactos positivos sobre a demanda de TPU. A ampliação do transporte de alta capacidade e alto desempenho é de suma importância para aumentar a participação das modalidades mais sustentáveis e assim reduzir as externalidades negativas dos grandes centros urbanos.

Da mesma forma, a diversificação do uso de solo nos bairros torna-se uma importante política de estímulo ao TNM. Além de agregar demanda de deslocamentos curtos para o TPU, aumenta a eficiência econômica dos sistemas de transporte e consequentemente promove a redução da tarifa e do uso de TI.

Políticas de estímulo à utilização do TPU, como o fortalecimento do VT ou a redução das tarifas, são fundamentais para manter o uso majoritário dessa modalidade nos bairros mais afastados dos centros econômicos, cujos moradores saem para trabalhar em outras regiões. Hoje esses bairros apresentam grande uso do TPU pela população, mas com o avanço das políticas de estímulo ao TI pode haver inversão desse resultado no futuro, degradando as condições de tráfego nos principais corredores de transporte, com aumento das externalidades negativas.

Políticas de estímulo à adoção do TI tornam o sistema de mobilidade menos inclusivo e menos sustentável. O aumento da taxa de motorização é preocupante, pois, como visto, é um elemento de forte repercussão negativa sobre o uso do TPU e da mobilidade ativa. Em momentos de incremento de renda da população há ainda mais impactos negativos nessas modalidades mais sustentáveis, pois há forte aumento do uso do TI, conforme visto na modelagem aplicada. Nesses momentos, principalmente, são fundamentais políticas públicas de melhoria e estímulos financeiros ao TPU associadas a restrições físicas e monetárias do TI (Carvalho *et al.*, 2013; Carvalho, 2022; Pereira, 2022).

11. Desenvolvimento urbano orientado pelo transporte em massa, em uma tradução mais abrangente para o português.

5 CONCLUSÕES

O desempenho do sistema de mobilidade dos municípios apresenta certa interdependência com variáveis socioeconômicas e territoriais urbanas. Modelagem de regressão linear utilizando dados da Pesquisa OD de São Paulo mostra que maior densidade populacional, assim como a densidade de empregos e matrículas, aumenta a participação do TPU e do TNM na matriz modal de deslocamentos. Quando há muitas pessoas e atividades de trabalho e escola na região, há mais deslocamentos curtos que favorecem o TPU e o deslocamento a pé ao longo do dia, além da geração de viagens que esses compromissos promovem.

A oferta de transporte público de qualidade e alta performance também atrai demanda para o sistema de TPU, o que pode ser visto nas regiões que possuem acesso ao metrô, considerando que essa modalidade apresenta ótimo desempenho operacional, além de boa imagem perante a população.

Em relação à renda, verificou-se na modelagem utilizada impactos positivos sobre o percentual de viagens por TPU quando a renda se eleva até determinado ponto. Já em regiões com renda mais alta há um decréscimo natural do uso dessa modalidade, em razão do maior uso do TI. Mas, se tratando de TNM, observa-se sinal negativo do coeficiente angular da variável de renda, o que sugere que essas viagens estão concentradas nos estratos mais baixos – a renda aumenta e essas viagens diminuem. Pode-se inferir que as classes médias e altas não enxergam essa modalidade como opção do dia a dia, pois não há políticas significativas de valorização e investimentos (equipamentos de segurança) nas modalidades a pé e de bicicleta, entre outros fatores.

O transporte público também é pouco utilizado nos estratos mais baixos da população em função da baixa capacidade de pagamento dos moradores (Carvalho, 2022; Pereira e Schwanen, 2013). Isso caracteriza o processo de exclusão social de grande parte da população que fica restrita a um perímetro próximo a sua moradia para procurar emprego ou realizar trabalho informal e outras atividades urbanas. Políticas públicas de barateamento ou subsídios ao TPU são importantes nestes casos de baixa capacidade de pagamento, principalmente criando mecanismos para que as populações residentes em bairros de alta renda igualmente contribuam para o custeio do TPU.

Por sua vez, a variável ligada ao percentual de empregos registrados (formais) apresenta correlação positiva com o índice de viagens totais não motorizadas, o que pode estar ligado a desvios na política de VT por parte dos empregados mais pobres

(recebem o VT, mas o vendem para complementar renda), escolha dos empregadores por empregados que moram mais perto, ou, no caso de trabalhadores com maior renda, por terem condições de escolherem morar perto do trabalho e realizar deslocamentos a pé ou de outro meio não motorizado. Sugere-se maior investigação sobre esse fenômeno em novas pesquisas.

Finalizando, o planejamento urbano integrado é uma ferramenta importante para tornar o TPU e o TNM mais atrativos e inclusivos. As mudanças territoriais são lentas e pouco perceptíveis no curto prazo, ao mesmo tempo que o avanço do TI é rápido e bastante impactante. Por isso é fundamental que os gestores caminhem no sentido correto de melhoria da qualidade de vida dos brasileiros e busca do atendimento dos objetivos de desenvolvimento sustentáveis estabelecidos pelos países. Assim, os gestores públicos não têm como fugir da adoção de medidas de estímulo ao TPU e ao TNM com políticas urbanas estruturantes e transformadoras nesta direção.

REFERÊNCIAS

BALBIM, R.; KRAUSE, C. (Ed.) **Eixos de estruturação da transformação urbana**: inovação e avaliação em São Paulo. São Paulo: PMSP e Ipea, 2015. 336 p.

CARVALHO, C. **Elasticidade-renda dos gastos das famílias metropolitanas brasileiras com transporte urbano e aquisição de veículos privados**. Brasília: Ipea, 2014. (Texto para Discussão, n. 1947).

_____. **Mobilidade urbana sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2194). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6637/1/td_2194.pdf.

CARVALHO, C. *et al*. **Tarifação e financiamento do transporte público**. Brasília: Ipea, 2013. (Nota Técnica, n. 2).

CERVERO, R. Mixed land-uses and commuting: evidence from the American Housing Survey. **Transportation Research Part A**: policy and practice, v. 30, n. 5, p. 361-377, 1996.

CERVERO, R.; DUNCAN, M. Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from San Francisco Bay area. **American Journal of Public Health**, v. 93, n. 9, p. 1478-1483, 2003.

CERVERO, R. *et al*. **Transit-oriented development in the United States**: experiences, challenges, and prospects. Washington: Transportation Research Board, 2004. (TCRP Report, n. 102).

GALINDO E.; MAGALHÃES, M; LIMA NETO; V. Percepções sobre a mobilidade urbana no brasil: uma análise dos dados do sistema de indicadores de percepção social. *In*: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (Anpet), 28., 2014, Curitiba. **Anais**... Curitiba: Anpet, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Magalhaes/publication/308398227_Percepcoes_Sobre_a_Mobilidade_Urbana_No_Brasil_Uma_Analise_Dos_Dados_Do_Sistema_De_Indicadores_De_Percepcao_Social/links/57e2a81d08aecd0198dd7e82/Percepcoes-Sobre-a-Mobilidade-Urbana-No-Brasil-Uma-Analise-Dos-Dados-Do-Sistema-De-Indicadores-De-Percepcao-Social.pdf.

GOETZKE, F. Network effects in public transit use: evidence from a spatially autoregressive mode choice model for New York. **Urban Studies**, v. 45, n. 2, p. 407-417, 2008.

GONÇALVES, J. **Fatores relevantes para a escolha modal em áreas urbanas**. 2012. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Porto, 2012. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.6/3606.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas urbanizadas do Brasil**: 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/areas_urbanizadas/#/home.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos congestionamentos de trânsito no Brasil**. Brasília: Ipea, 1998.

_____. A mobilidade urbana no Brasil. *In*: CARDOSO J.C. *et al* (Org). **Infraestrutura social e urbana no Brasil**: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010. p. 549-592. (Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro, v. 2, livro 6). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3211?locale=pt_BR.

METRÔ – COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **Pesquisa Origem e Destino 2017**. São Paulo: Metrô, 2019.

MOHRING, H. Optimization and scale economies in urban bus transportation. **The American Economic Review**, v. 62, n. 4, p. 591-604, 1972.

MOURA, I.; OLIVEIRA, G.; FIGUEIREDO, A. Plano diretor estratégico de São Paulo (PDE-SP): análise das estratégias sob a perspectiva do desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. *In*: **Cidade e movimento**: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano. Brasília: Ipea, 2016.

PEREIRA, R.; SCHWANEN, T. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009)**: diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo. Brasília: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 1813).

PEREIRA, R. *et al*. Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil: o uso do transporte coletivo e individual. Brasília: Ipea, 2021. (Texto para Discussão n. 2673). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10713.

PINTO D. *et al*. Inferência causal da evolução dos padrões de escolha modal por classe de renda em Fortaleza. *In*: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da Anpet, 35., 2021, *online*. **Anais**... [s.l.]: Anpet, 2021. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais35/documentos/2021/Modelos%20e%20T%C3%A9cnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelos%20Comportamentais%20Aplicados%20ao%20Planejamento%20de%20Transportes/4_398_AC.pdf.

TAYLOR, B. *et al*. Nature and/or nurture? Analyzing the determinants of transit ridership in urbanized areas. **Transportation Research Part A**, v. 43, n. 60, p. 77, 2008.

TYRINOPOULOS, Y.; CONSTANTINOS, A. Factors affecting modal choice in urban mobility. **European Transport Research Review**, v. 5, p. 27-39, 2013. Disponível em: https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-012-0088-3.

UITP – UNIÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO. Sustainable and smart mobility: UITP input to the European strategy. **Position paper**. Bruxelas: UITP, 2020. Disponível em: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/09/20200924_UITP_contribution_EUSSMS_final.pdf.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

Supervisão
Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão
Bruna Neves de Souza da Cruz
Bruna Oliveira Ranquine da Rocha
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Crislayne Andrade de Araújo
Elaine Oliveira Couto
Luciana Bastos Dias
Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos
Vivian Barros Volotão Santos
Deborah Baldino Marte (estagiária)
Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

Editoração
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Leonardo Simão Lago Alvite
Matheus Manhoni de Paula Alves
Mayara Barros da Mota

Capa
Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico
Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ISSN 1415-4765

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO