

Demanda e acessibilidade do transporte na Região Metropolitana de São Paulo (2017)

Demand and accessibility of transportation in the Metropolitan Region of São Paulo (2017)

João Augusto Dunck DALOSTO [I]
Pedro José PEREZ-MARTINEZ [II]

Resumo

Este estudo analisa a macroacessibilidade da Região Metropolitana de São Paulo, em 2017, por meio de análise descritiva e um Modelo Linear Generalizado, aplicado aos dados da Pesquisa Origem e Destino do Metrô de 2017. Os resultados apontam que a infraestrutura rodoviária apresenta ampla cobertura territorial, enquanto a infraestrutura de transporte sobre trilhos possui capilaridade metropolitana limitada. A modelagem revelou que a distância percorrida, o número de modos utilizados e o primeiro modo escolhido são preditores significativos e que a macroacessibilidade do transporte individual apresentou melhores estimativas de duração de viagens em relação ao transporte coletivo. Os resultados apontam vantagens do transporte individual, além de desigualdades territoriais na microacessibilidade, o que afeta a demanda e a eficiência do transporte metropolitano.

Palavras-chave: macroacessibilidade; microacessibilidade; mobilidade urbana; transporte metropolitano.

Abstract

This study analyzes the macro-accessibility of the São Paulo Metropolitan Region in 2017 through descriptive analysis and a Generalized Linear Model (GLM) applied to data from the Metro's Origin and Destination Survey. The results indicate that road infrastructure has broad territorial coverage, whereas the rail-based transportation network exhibits limited metropolitan capillarity. The modeling showed that travel distance, number of modes used, and the first mode chosen are significant predictors, and that the macro-accessibility of individual transportation yielded better estimates of travel duration compared to public transportation. The findings highlight advantages of individual transportation as well as territorial inequalities in micro-accessibility, which affect both travel demand and the efficiency of the metropolitan transportation system.

Keywords: macro-accessibility; micro-accessibility; urban mobility; metropolitan transportation.



Introdução

A possibilidade de acesso a diferentes pontos dentro da cidade é influenciada por três elementos essenciais: a localização, a configuração física do espaço e a forma de mobilidade das pessoas. A acessibilidade física desempenha um papel crucial na qualidade de vida da população, sendo diretamente afetada pelo sistema operacional e pela infraestrutura básica disponível ao longo do trajeto a ser percorrido (Lira et al., 2020).

Existem dois tipos principais de atividades regulares quanto ao comportamento diário de deslocamento (Zahnow e Abewickrema, 2023; Zhong e Bian, 2023; Zahnow e Abewickrema, 2023). O primeiro é fortemente regular, como o deslocamento até a escola e ao o trabalho. Este tipo de comportamento de viagem está associado a padrões de viagem repetitivos e menos flexíveis. Ainda, tende a concentrar-se nos períodos de pico da manhã e da tarde e com destino aos distritos comerciais centrais da cidade. A O segunda segundo é menos regular: , podendo ser: ida a consultas médicas consultas médicas, compras de supermercado e atividades recreativas (Zahnow e Abewickrema, 2023) e ocorre principalmente em centros urbanos localizados (Zhong e Bian, 2023).

Ewing e Cervero (2010) explicam que ambientes construídos influenciam as escolhas de viagem – e, dessa forma, a demanda e produção de viagens diárias. As variáveis usadas como medidas do ambiente construído para moderar a demanda de viagens são, por exemplo: densidade (população, emprego); diversidade (número de diferentes usos do solo em uma determinada área); *design* (características da rede viária, cobertura de calçadas); acessibilidade do destino (distância até ao o distrito comercial central, número de empregos ou outras atrações acessíveis em uma determinada viagem tempo); e a distância até o trânsito (média das rotas mais

curtas até a estação ferroviária ou ponto de ônibus mais próximo e número de estações por unidade de área), por exemplo, são variáveis usadas como medidas do ambiente construído para moderar a demanda de viagens.

A necessidade de se deslocar está intrinsecamente ligada à reprodução social, ou seja, à realização das atividades culturais, sociais, políticas e econômicas (Vasconcellos, 2001). A população de menor renda apresenta baixa variação na mobilidade em relação aos dias da semana, finais de semana, temporada de férias e períodos de trabalho. Esses grupos estão orientados para maiores restrições na escolha de destinos (Toger et al., 2023). A dificuldade de se movimentar no meio urbano afeta significativamente a qualidade de vida da população: horas de sono são perdidas, ocorre aumento de peso, de nível de estresse e redução do tempo para o convívio social e o tempo para aperfeiçoamento pessoal (Saldiva, 2018). As oportunidades próximas às residências têm impactos significativos na mobilidade devido ao número de locais distintos que podem ser visitados. Melhorar o acesso a oportunidades próximo às residências pode encorajar uma maior utilização do transporte público ou modos não motorizados de transporte (Su e Goulías, 2023).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) registrou, entre 1950 e 2010, um acréscimo absoluto de 17,3 milhões de habitantes. Em comparação com outras regiões metropolitanas brasileiras, a RMSP apresentou o maior crescimento populacional e territorial (ANTP, 2017). Em 2017, o município de São Paulo concentrava 64,1% dos empregos da RMSP (Metrô, 2019). De acordo com Lopes (2016), aproximadamente 45% da população não residia na capital, o que gerou um contingente populacional percorrendo longos deslocamentos diários para acessar serviços e empregos, com destino concentrado fortemente na região central de São Paulo (Daroncho et al., 2023; Vasconcellos, 2013).

Na RMSP, em 2010, cerca de 13% da população vivia a um quilômetro de distância de estações de transporte de média e alta capacidade. Além disso, desse total, 9,4% tinham renda de até meio salário-mínimo e 31% acima de três salários-mínimos, o que evidencia um cenário menos favorável à população de menor renda, que tende a residir mais distante do transporte público de alta capacidade, porém é mais dependente deste (ITDP, 2022).

Nos grandes centros urbanos, a infraestrutura de transporte favorece os modos individuais motorizados, que consomem uma quantidade significativa de espaço viário e pressionam os investimentos para uma expansão desmedida de infraestrutura de elevado custo de implantação (ANTP, 2017). Além disso, na maioria das cidades brasileiras, os veículos representam a principal fonte emissora de poluentes atmosféricos (Saldiva, 2018). No estado de São Paulo, a RMSP se destaca como uma área crítica em termos de poluição do ar, sendo impactada pelos polos industriais e, principalmente, pelas emissões veiculares (Cetesb, 2020).

A poluição do ar é, globalmente, o principal risco ambiental à saúde, causando morbidade e mortalidade por diversas doenças (World Bank, 2021). Aos efeitos conjuntos da poluição do ar são atribuíveis sete milhões de mortes, em 2016, no mundo. A poluição do ar gera impactos econômicos decorrentes dos custos à saúde humana – incidência de doenças e mortalidade – e à perda de produtividade do trabalho (WHO, 2021).

Apesar dos avanços tecnológicos no sentido de diminuição da emissão de gases nocivos à saúde, a exposição de poluentes atmosféricos recebida pela população não diminuiu na mesma intensidade devido ao significativo aumento da frota de veículos, o que ocasionou a diminuição da velocidade média e mais tempo imóvel em congestionamentos (Saldiva, 2018).

Por um lado, em locais com altas concentrações de poluentes (por exemplo, em pontos de tráfego intenso), mesmo curtos períodos gastos nesses locais resultam em altas exposições. Por outro, mesmo em baixas concentrações, a poluição do ar é ameaça reconhecida à saúde humana, visto que a exposição pode se tornar alta devido ao maior tempo de exposição (WHO, 2021). No ambiente interior dos automóveis, em situações de congestionamentos, os níveis de poluição são de duas a três vezes mais elevados em relação à média da cidade (Saldiva, 2018).

Os usuários de ônibus que percorrem longos trajetos diários estão mais expostos à poluição, se comparados aos motoristas de carro ou passageiros de metrô, por exemplo. Existe uma diferença significativa nos níveis de poluição nos hotspots – faixas de ônibus, pontos de ônibus e nas principais vias. Ainda, ocorrem diferenças nas regiões da cidade, pois a frota de carros e, principalmente, de ônibus que circulam nas regiões periféricas é mais antiga e, consequentemente, mais poluente. Nesse sentido, a avaliação dos efeitos da poluição do ar à saúde humana não deve ser feita estritamente a partir das médias de concentrações, mas, também, considerando a rotina da população (Andrade, 2018).

Dessa forma, a redução dos níveis de poluição do ar não deve se apoiar exclusivamente em melhoramentos tecnológicos visando diminuir as emissões veiculares isoladamente, mas também em uma estratégia integrada dos diversos setores da sociedade. Atualmente, a situação da poluição do ar na RMSP requer medidas complementares, tal como reduzir o número de viagens motorizadas, congestionamentos, distâncias a serem percorridas e melhorar oferta e eficiência do transporte público (Cetesb, 2020).

Além da poluição, estudos como o de Perez-Martinez et al. (2022) evidenciam que o transporte público ineficiente é um fator relevante para a exposição à externalidades negativas, como, por exemplo, à exposição de doenças infecciosas: o aumento do passageiro-quilômetro (km/dia) relacionado às viagens de transporte público esteve associado a mais mortes por covid-19 na RMSP.

Cardoso (2008) destaca que a acessibilidade pode ser dividida em dois conceitos complementares: a acessibilidade ao sistema de transporte (a facilidade de o usuário acessar o sistema de transporte coletivo em sua região de moradia, trabalho, etc.) e a acessibilidade aos destinos (a facilidade de chegar ao local desejado após uso do transporte).

Vasconcellos (2001) conceitua a terminologia macroacessibilidade utilizada neste estudo, a qual está relacionada com a abrangência espacial dos sistemas de transporte. Ela é representada pela soma de quatro tempos de viagem: 1) tempo de acesso ao veículo no início da viagem; 2) tempo de espera (no caso de transporte público); 3) tempo caminhando (para viagens a pé) ou dentro do veículo, refletindo a fluidez do deslocamento; 4) tempo para acessar o destino final após deixar o veículo. Além disso, em viagens por transporte público com transferência entre veículos, existe o tempo de transferência, que pode envolver caminhar e esperar pelo segundo veículo, por exemplo.

Já a microacessibilidade refere-se à facilidade relativa de ter acesso direto aos veículos ou destinos desejados, considerando condições como estacionamento e acesso a pontos de

ônibus ou estações. O primeiro e o último tempo mencionados anteriormente representam a microacessibilidade completa, sendo ela um componente da macroacessibilidade (ibid.).

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a macroacessibilidade na RMSP, em 2017. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram delineados: analisar a produção e demanda do transporte no território; avaliar a microacessibilidade do transporte; analisar a microacessibilidade de acordo com os modos de transporte e regiões; investigar o impacto dos diferentes modos de transporte e transferências na duração das viagens diárias.

Materiais e métodos

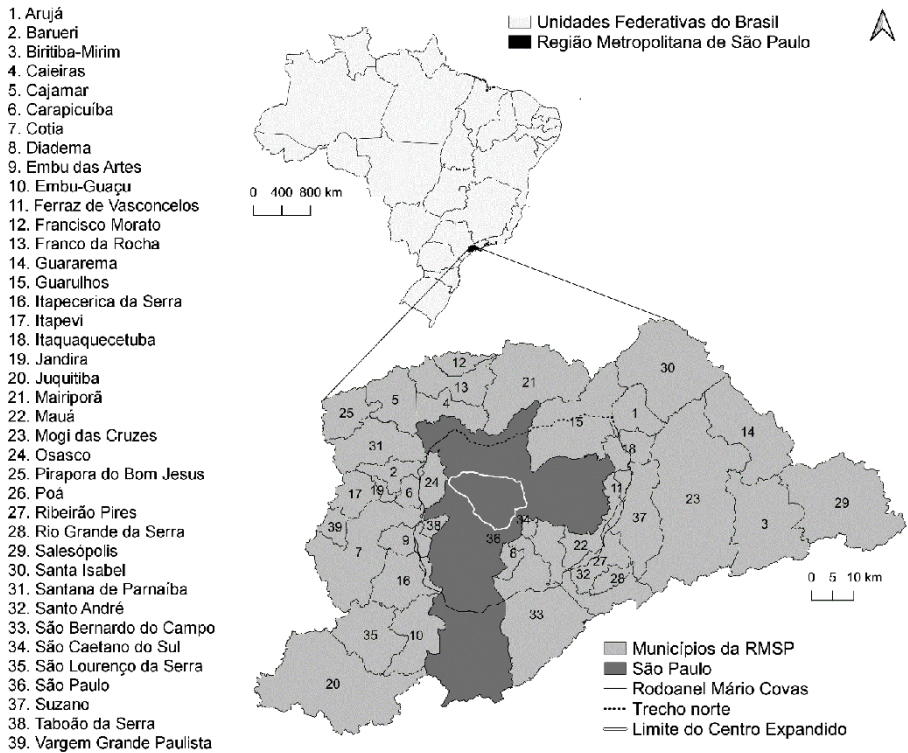
Área do estudo

A RMSP abrange 39 municípios em uma área de 7.946,96 km², onde vivem 21 milhões de habitantes, correspondendo a 47,5% da população total do estado de São Paulo. A densidade populacional é de 2.714 habitantes por quilômetro quadrado (São Paulo, 2019).

A Figura 1 ilustra a localização da RMSP no País e detalha os municípios que fazem parte dela.

A RMSP é reconhecida como o maior complexo industrial e o principal centro financeiro do Brasil. Além disso, é considerada um centro crucial para decisões políticas e econômicas no estado de São Paulo. Com a distinção de ser a terceira maior mancha urbana do planeta e a principal aglomeração urbana do continente sul-americano (ibid.).

Figura 1 – Municípios da Região Metropolitana de São Paulo, 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Fontes e variáveis

Neste estudo, utilizou-se a base de dados da Pesquisa Origem e Destino da Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô) de 2017. Essa pesquisa é dividida em duas partes: a Pesquisa Domiciliar investiga as viagens realizadas internamente no território da RMSP, enquanto a Pesquisa na Linha de Contorno abrange as viagens com origem ou destino fora do território da RMSP ou que apenas a atravessam.

A localização das entrevistas domiciliares é definida por meio de métodos estatísticos com o objetivo de representar adequadamente a população que reside no território da RMSP.

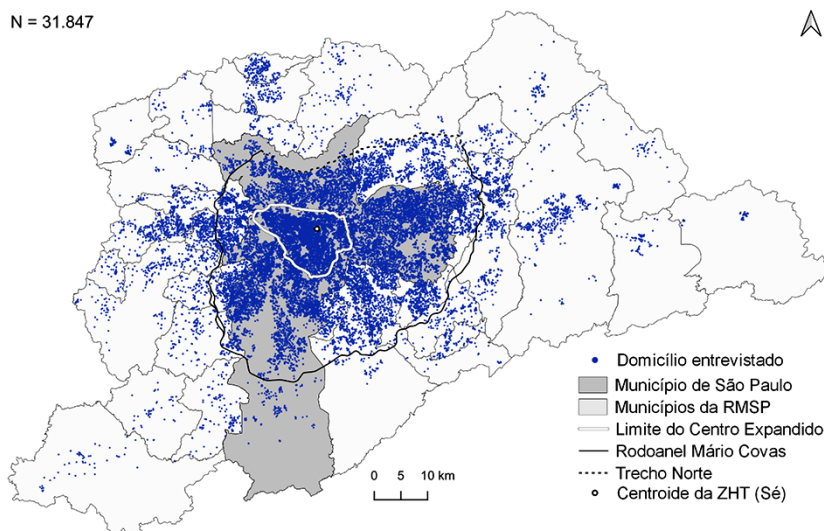
Por exemplo, para o ano de 2017, uma amostra de 183,1 mil registros foi coletada, proveniente de aproximadamente 32 mil domicílios entrevistados. Esses registros contêm informações relacionadas ao transporte e ao perfil socioeconômico das pessoas que realizaram e não realizaram viagens (referentes ao dia anterior à data de realização da pesquisa).

A Figura 2 apresenta a distribuição territorial na RMSP das entrevistas da Pesquisa Origem e Destino de 2017.

Neste estudo, foram consideradas as viagens que têm origem na residência e se destinam a qualquer local, por qualquer motivo e por meio de qualquer modo de transporte. Do

Figura 2 – Domicílios entrevistados na Pesquisa Origem de Destino de 2017

N = 31.847



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

total de 183.092 registros, 157.992 correspondem a viagens efetuadas. Destas, foram selecionadas aquelas que têm início na residência, eliminando-se, assim, outras “motivações na origem”. Após esse tratamento, a amostra totalizou 71.395 registros (45,2% do total de registros de viagens).

As viagens podem ser realizadas por diversos modos de transporte, como ônibus, trem, metrô, automóvel, motocicleta, bicicleta ou a pé. Para facilitar a análise dos dados, esses modos foram agrupados convenientemente em outros tipos, como Trilhos (metrô e/ou trem), Individual (automóvel e motocicleta) e Não motorizado (a pé e bicicleta).

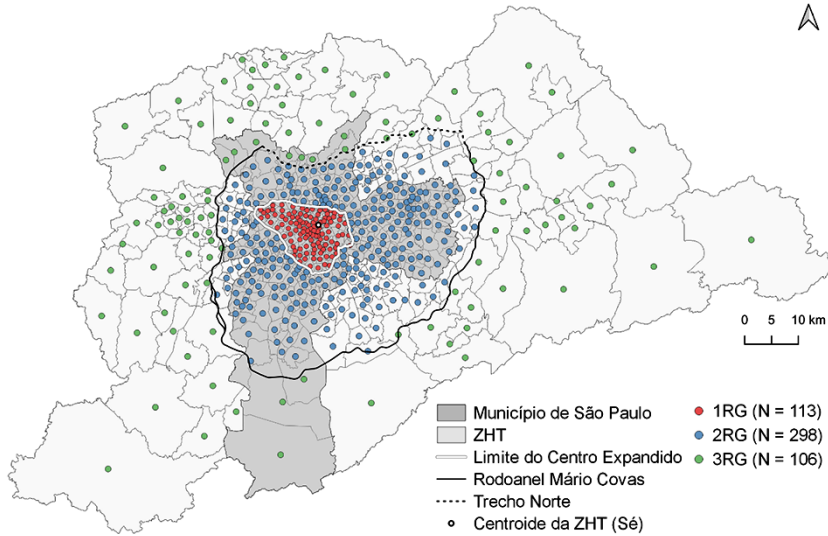
É relevante destacar que duas abordagens diferentes foram consideradas para a variável “modo”: primeiro modo e segundo modo. Essas abordagens levam em consideração a ordem real de utilização dos modos na viagem.

Portanto, uma viagem que utiliza apenas um modo de transporte terá atribuição apenas no “primeiro modo”. Se uma viagem utilizar dois modos, terá atribuição tanto no “primeiro modo” quanto no “segundo modo”.

O menor nível de desagregação territorial utilizado foram as Zonas Homogêneas de Transporte (ZHTs), definidas com base na homogeneidade urbanística e socioeconômica pela Pesquisa Origem e Destino do Metrô. Em 2017, foram estabelecidas 517 ZHTs.

O maior nível de desagregação territorial utilizado nesta pesquisa foram as regiões, as quais foram criadas com o objetivo de incorporar o efeito da centralidade na mobilidade da metrópole e, de forma aproximada, as características das áreas urbanas e periurbanas da RMSP (duas categorias ou “anéis espaciais”) definidas por Tiznado-Aitken et al. (2023).

Figura 3 – Composição das ZHTs conforme cada região em 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

As regiões foram divididas em três: 1ª Região (1RG), 2ª Região (2RG) e 3ª Região (3RG). A 1ª Região é composta pelas ZHTs com centroides inscritos no perímetro do centro expandido de São Paulo. A 2ª Região é composta pelas ZHTs com centroides localizados entre o rodoanel Mário Covas e o centro expandido de São Paulo (considerando a projeção de implantação do trecho norte). Por fim, a 3ª Região é composta pelas ZHTs com centroides localizados após o rodoanel Mário Covas.

A análise apresenta a classificação das ZHTs de acordo com a localização e a respectiva região a que pertencem.

Entre as 517 ZHTs, 113 pertencem à 1RG, 298 pertencem à 2RG e 106 pertencem à 3RG. O ponto central considerado para a análise do distanciamento dos centroides é a ZHT (Sé), onde se localiza a praça da Sé.

Análise descritiva e estatística

A pesquisa abrange análise descritiva e estatística. A análise descritiva envolve o cálculo de valores totais, participações, média, gráficos de distribuição, correlações de Pearson (linear) e Spearman (não linear), além da elaboração de mapas temáticos.

Para a escolha do tipo de modelo, utilizou-se o método gráfico baseado na análise da densidade da distribuição dos dados e no gráfico Q-Q (QQplot). O primeiro permite identificar visualmente qual a distribuição da variável dependente; o segundo permite a comparação entre duas distribuições: a da variável dependente com uma distribuição normal, fornecendo a qualidade do ajuste. Gráficos de densidade assimétricos e com ausência de concordância dos resíduos com a reta normal demandam algum modelo não paramétrico.

O modelo não paramétrico escolhido é um MLG que permite escolher a distribuição adequada para a variável dependente, o que garante melhor ajuste dos dados ao modelo. A função de ligação Identidade foi escolhida e, neste caso, a interpretação dos coeficientes estimados é na mesma escala da variável dependente. Para selecionar a melhor distribuição no MLG utilizou-se o critério de informação de Akaike (AIC): quanto menor o valor do AIC, melhor o ajuste dos dados à distribuição escolhida.

A “duração da viagem” foi utilizada como variável dependente. As variáveis independentes incluem a distância entre origem e destino da viagem, o distanciamento da origem da viagem até o centroide da ZHT Sé, a renda média familiar do viajante e a quantidade de modos de transporte utilizados até chegar ao destino. O primeiro modo de transporte escolhido na viagem é considerado como fator independente.

Dessa forma, o MLG foi estruturado da seguinte maneira:

$$\text{Duração} = \beta_0 + \beta_1 \cdot (\text{Dist}_{\text{Sé}}) + \beta_2 \cdot (\text{RendMed}) + \beta_3 \cdot (\text{Dist}) + \beta_4 \cdot (\text{QtModos}) + \beta_5 \cdot D_1 + \beta_6 \cdot D_2 + \beta_7 \cdot D_3 + \beta_8 \cdot D_4 + \varepsilon$$

Em que:

β_0 : intercepto do modelo;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: coeficientes que estimam a variação da variável dependente a cada unidade modificada da variável independente;

$\beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$: coeficientes que estimam o valor médio da variável dependente de acordo com a variável Dummy considerada;

Dist: distância euclidiana entre origem e destino, em quilômetros;

$\text{Dist}_{\text{Sé}}$: distância euclidiana entre os centroides das ZHTs e o centroide da ZHT (Sé), em quilômetros;

RendMed: renda média familiar da pessoa que realiza a viagem;

QtModos: quantidade de modos utilizados na viagem;

D_1 : variável Dummy 1 (Metrô - Individual);

D_2 : variável Dummy 2 (Trem - Individual);

D_3 : variável Dummy 3 (Ônibus - Individual);

D_4 : variável Dummy 4 (Não motorizado - Individual);

ε : erro associado ao modelo.

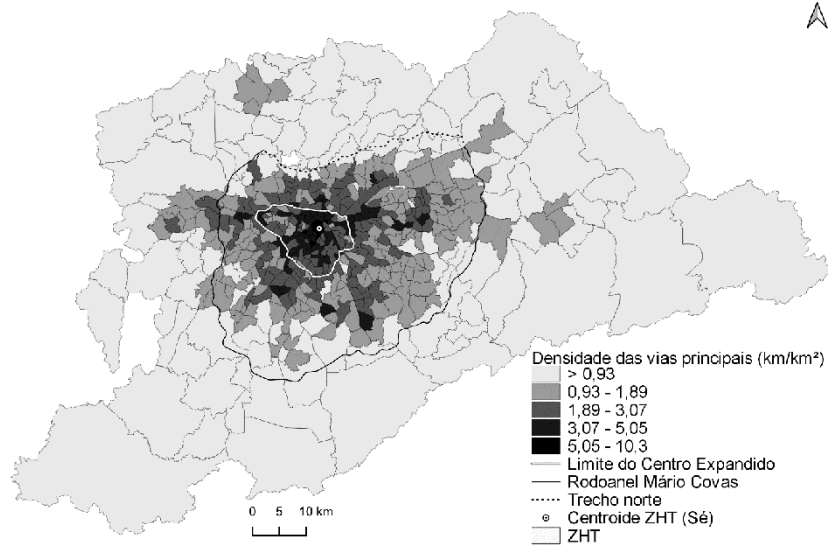
As variáveis Dummy são representações binárias utilizadas para categorizar uma variável com duas ou mais categorias. O número de variáveis Dummy será sempre igual ao total de grupos considerados no modelo, menos um ($n - 1$). Essas variáveis são empregadas para capturar a diferença média do valor esperado entre os grupos (coeficiente β correspondente). Portanto, não é necessário criar uma variável Dummy para o modal “Individual”, pois o valor médio desse grupo estará associado ao intercepto do modelo (β_0). Assim, os coeficientes das variáveis Dummy representam a diferença média em relação ao modo “Individual”, definido como categoria de referência. A comparação entre os outros modos pode ser analisada na tabela *Post hoc*. A bandeira “***” (ou apresentação do valor p) é usada para indicar que os cálculos dos parâmetros do modelo são estatisticamente significativos: quanto menor o valor do p-valor, maior a evidência contra a hipótese nula (que não há efeito).

Resultados e discussões

A infraestrutura de transporte

A Figura 4 ilustra a densidade (km/km^2) da infraestrutura de transporte rodoviária, que inclui rodovias estaduais e federais, bem como grandes e médias vias urbanas selecionadas com base em sua capacidade e volume de tráfego mais elevados em 2020 (4.685 quilômetros).

Figura 4 – Densidade das vias principais (km/km²) por ZHT (2020)



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017) e CEM (2022).

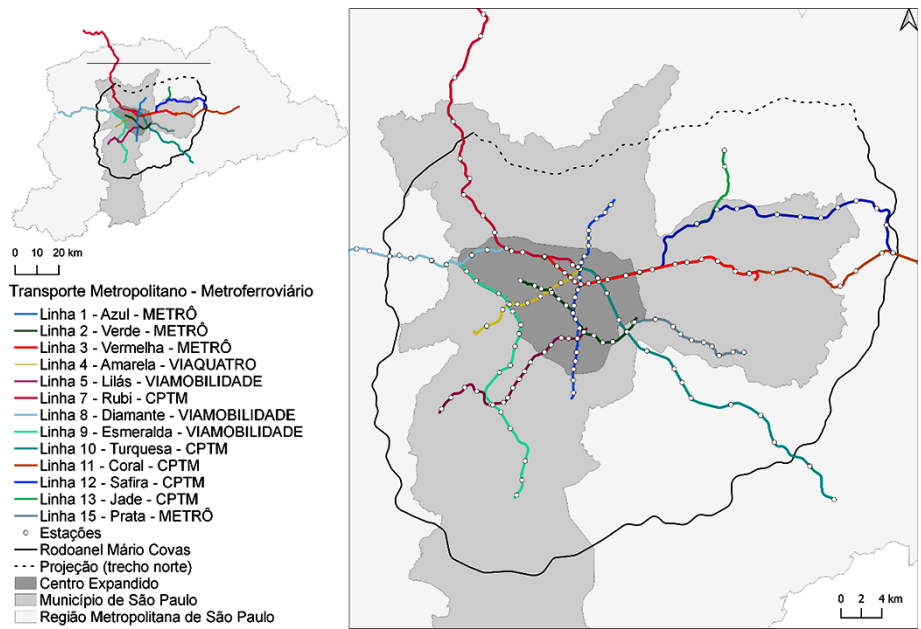
Nela é possível observar a concentração de vias principais na 1RG e 2RG da RMSP. No entanto, há registro de vias principais em todo o território. Com base nos dados disponibilizados pelo CEM (2022) e pelo Metrô (2017), foi calculada uma densidade média de 17,5 km/km² na 1RG, 16 km/km² na 2RG e 5,6 km/km² na 3RG.

Foi identificada uma correlação linear, moderada e negativa (-0,65***) entre o distanciamento entre os centroides das ZHTs e a ZHT Sé, com a densidade das vias principais nas ZHTs. Isso indica que quanto maior a distância entre os centroides, menor é a densidade de vias principais.

O sistema de transporte metropolitano de passageiros sobre trilhos é gerido por quatro empresas na RMSP: Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Metrô, ViaQuatro e ViaMobilidade. O Metrô e a CPTM são empresas públicas estaduais. A ViaQuatro opera em regime de concessão, e a ViaMobilidade opera em regime de parceria público-privada.

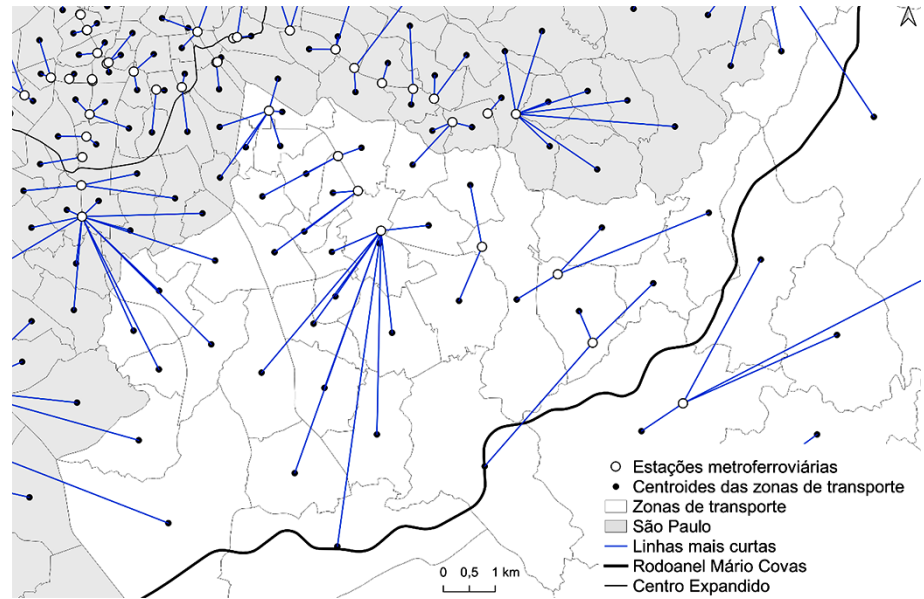
A Figura 5 apresenta a infraestrutura de transporte de passageiros sobre trilhos na RMSP. Conforme o CEM (2022), a região conta com 198 estações (metroviárias e/ou ferroviárias) e 378 quilômetros de linhas.

Figura 5 – Infraestrutura metroferroviária de passageiros na RMSP (2020)



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017) e CEM (2022).

Figura 6 – Distância euclidiana mais curta entre ZHTs e estações de metrô e trem



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017) e CEM (2022).

As linhas de trem abrangem desde a 1RG, avançam em boa parte do território da 2RG e, em parte, na 3RG. Em contraste, as linhas de metrô estão concentradas na região central da metrópole.

A Figura 6 apresenta a distância euclidiana mais curta entre cada centroide das ZHTs até a estação de metrô ou trem mais próxima.

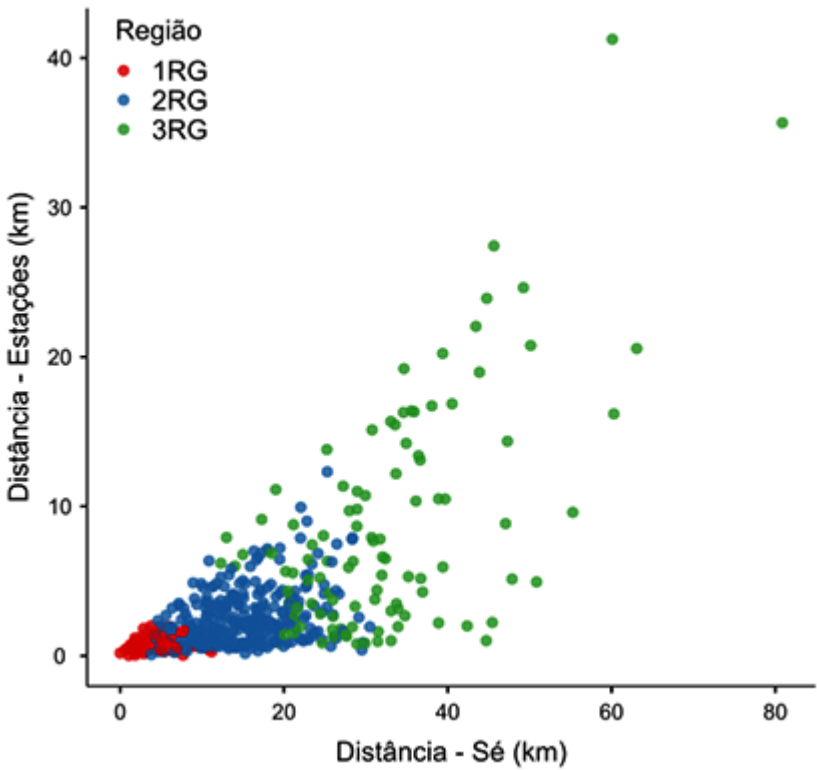
Com base nos dados disponibilizados pelo CEM (2022) e Metrô (2017), foi possível calcular que as ZHTs da 1RG estão, em média, a 800 metros de uma estação de metrô ou trem. Em

contraste, as ZHTs da 2RG e da 3RG estão, em média, a 2,5 quilômetros e 8,54 quilômetros de distância, respectivamente.

A Figura 7 mostra a dispersão da distância euclidiana média entre os centroides das ZHTs e as estações de metrô ou trem em relação ao distanciamento do ponto central da RMSP (ZHT Sé).

É evidente que, em geral, a 1RG possui ZHTs com distâncias menores entre seus centroides e as estações de metrô ou trem em comparação com a 2RG e 3RG. Considerando todas as ZHTs, houve uma forte correlação

Figura 7 – Distância média das ZHTs e estações metroferroviárias em relação a ZHT Sé, 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017) e CEM (2022).

linear positiva ($r = +0,7^{***}$): quanto mais longe do centro da RMSP, maiores são as distâncias entre centroides das ZHTs e as estações de metrô e trem. Cumpre notar que todas as regiões possuem ZHTs com baixas distâncias, contudo, a 2RG e 3RG apresentam os pontos distribuídos em distâncias maiores.

Dessa forma, os resultados mostram que as ZHTs centrais da RMSP possuem uma infraestrutura de transporte rodoviária e sobre trilhos mais desenvolvida, se comparadas com as ZHTs mais periféricas. A implantação dessas linhas valoriza o deslocamento em direção às regiões centrais, enquanto o deslocamento radial requer o uso de outros modos de transporte, menos eficientes. Assim, é evidente que as regiões de estudo representam contextos distintos de acessibilidade ao transporte.

A produção de viagens diárias

Por meio da análise da produção de viagens, é possível identificar os padrões de demanda do transporte no território. De acordo com os dados do Metrô (2017), a RMSP registrou um total de 42 milhões de viagens diárias em 2017.

A Tabela 1 mostra a produção e participação das viagens diárias com origem na residência em 2017, considerando o primeiro modo.

Em 2017, considerando a residência como ponto de partida, o total de viagens diárias produzido na RMSP alcançou 19,3 milhões. Os principais modos utilizados foram automóvel (28,4%), não motorizado (31,9%) e ônibus (33,9%).

A 1RG destaca-se pela maior proporção de viagens realizadas por metrô devido à maior quantidade de estações de transporte sobre

Tabela 1 – Produção e participação das viagens diárias, primeiro modo, Regiões, 2017

Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado	Total
1RG	207.927	7.095	343.770	675.951	31.451	527.985	1.794.178
2RG	127.776	196.967	4.915.007	3.828.833	345.164	4.362.186	13.775.934
3RG	0	79.829	1.292.085	996.845	130.677	1.278.766	3.778.202
RMSP	335.703	283.891	6.550.862	5.501.629	507.292	6.168.937	19.348.314
Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado	Total
1RG	11,6%	0,4%	19,2%	37,7%	1,8%	29,4%	100%
2RG	0,9%	1,4%	35,7%	27,8%	2,5%	31,7%	100%
3RG	0,0%	2,1%	34,2%	26,4%	3,5%	33,8%	100%
RMSP	1,7%	1,5%	33,9%	28,4%	2,6%	31,9%	100%

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

trilhos presentes na região e, consequentemente, às menores distâncias de acesso. Ainda, o uso do automóvel é maior na 1RG, impulsionado pela maior renda média familiar.

Considerando a 3RG como referência, em 2017 a proporção entre as rendas médias familiares das regiões foi de: 1RG (2,11), 2RG (1,16) e 3RG (1), ou seja, a 1RG detinha, em média, o dobro da renda da 3RG. Ainda, quanto ao índice de motorização em 2017, a proporção de automóveis por mil habitantes era de: 1RG (314), 2RG (208) e 3RG (190). Após realizar o cálculo da correlação linear, constatou-se uma forte correlação positiva (+0,85***) entre a renda média familiar e o Índice de Motorização (carros/habitantes) nas ZHTs. Isso significa que à medida que a renda média familiar da região aumenta, a quantidade de carros por residente também cresce, resultando em maior presença e participação dos automóveis na produção de viagens diárias.

O padrão de utilização dos meios de transporte no ambiente urbano está estreitamente relacionado ao perfil socioeconômico, uma vez que o aumento da renda familiar está associado a aumento da mobilidade pessoal. Nesse contexto, o custo da viagem acaba se tornando menos relevante na tomada de decisões, sendo superado por outros fatores, como tempo, segurança e conforto. O uso do automóvel atende melhor a esses atributos e, consequentemente, à medida que a renda aumenta, a preferência pelo automóvel em detrimento de outros meios de transporte também se eleva (Vasconcellos, 2013).

Na 2RG, observa-se redução na participação dos modos metrô e automóvel, enquanto os demais meios de transporte ganham maior relevância em comparação com a 1RG. Essa mudança é resultado da diminuição da renda média familiar e da diminuição da infraestrutura metrológica na região. Destaca-se que a presença

de linhas e estações de trem no território da 2RG contribui para o aumento da utilização desse modo de transporte.

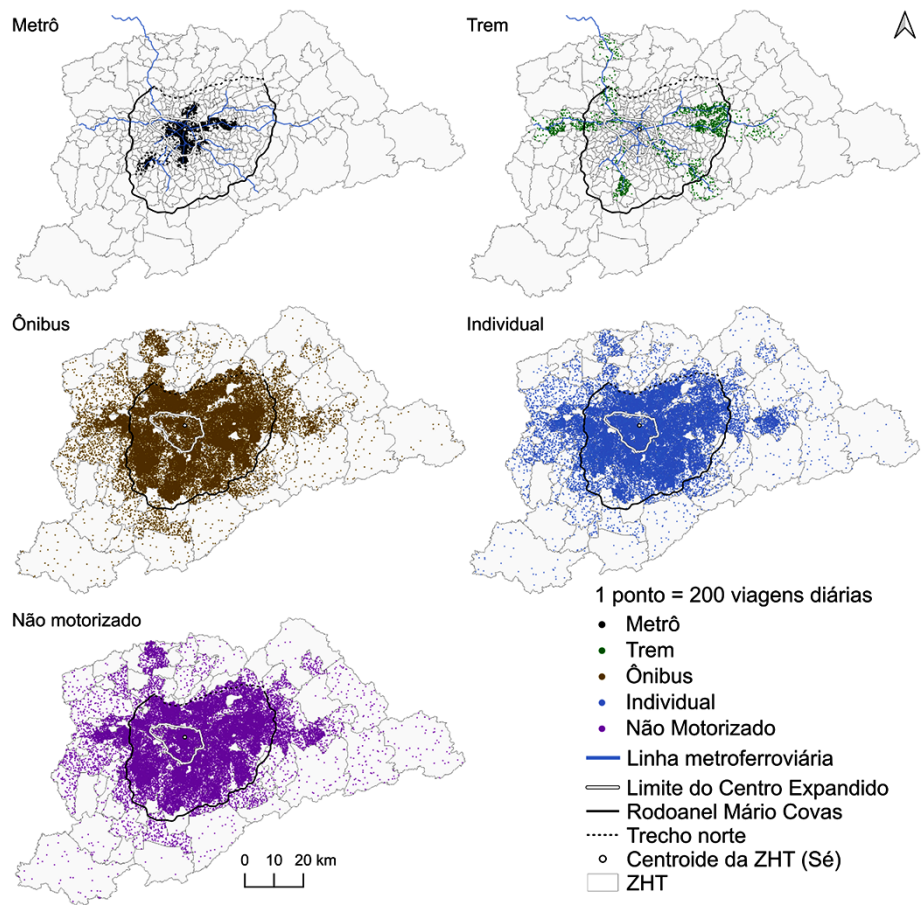
No que diz respeito à 3RG, o cenário é semelhante à 2RG. O automóvel perdeu participação (menor renda média familiar) e o modo Metrô é nulo (nenhuma estação de metrô próximo às residências, o que inviabiliza sua utilização como primeiro modo). O trem e a motocicleta ganham participação. As motocicletas são financeiramente mais acessíveis e, portanto, tendem a ganhar participação nas regiões mais distantes do centro, em que há tendência de diminuição da renda média familiar.

Para a população de baixa renda, no Brasil, as motocicletas têm sido uma das alternativas para lidar com o problema da mobilidade (Rodrigues, 2016). São Paulo, em particular, foi a cidade brasileira que registrou o maior aumento no uso de motocicletas, o que acabou alterando as condições de circulação no sistema viário principal e, consequentemente, o padrão de acidentes de trânsito (Vasconcellos, 2013).

A Figura 8 ilustra a quantidade diária de viagens produzidas pelo primeiro modo de transporte – Metrô, Trem, Ônibus, Transporte Individual (Automóvel e Motocicleta) e Não motorizado – em cada ZHT, em 2017. Cada ponto equivale a 200 viagens diárias produzidas e são distribuídos aleatoriamente dentro dos limites da respectiva ZHT em que as viagens são originadas.

Observa-se a concentração da produção diária de viagens por metrô, principalmente na 1RG e em parte da 2RG. O modo Trem avança em regiões mais afastadas do centro, porém ainda concentrando-se nas ZHTs, próximo às linhas de transporte sobre trilhos. Em contraste, os modos Ônibus, Individual e Não motorizado estão amplamente distribuídos por todo o território da RMSP.

Figura 8 – Produção de viagens diárias, primeiro modo, ZHT, 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Esses resultados deixam claro que a infraestrutura de transporte desempenha um papel significativo no comportamento e nas escolhas dos usuários. Quando há uma infraestrutura de transporte sobre trilhos estabelecida, observa-se uma tendência de aumento na utilização desse modo. Na ausência de tal infraestrutura, os usuários que dependem do transporte

público têm a necessidade de recorrer aos ônibus. Além disso, quando há a possibilidade (sobretudo com o aumento da renda média familiar), os usuários tendem a optar pelo transporte individual.

A Tabela 2 mostra a produção e participação das viagens diárias com origem na residência e de acordo com o segundo modo em 2017.

Tabela 2 – Participação na produção de viagens diárias, segundo modo (1977-2017)

Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado	Total
1RG	56.488	23.792	64.747	3.537	0	239	148.803
2RG	804.424	479.557	892.748	5.131	0	0	2.181.859
3RG	75.090	223.782	190.039	379	0	0	489.290
RMSP	936.001	727.132	1.147.533	9.046	0	239	2.819.952
Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado	Total
1RG	38,0%	16,0%	43,5%	2,4%	0,0%	0,2%	100%
2RG	36,9%	22,0%	40,9%	0,2%	0,0%	0,0%	100%
3RG	15,3%	45,7%	38,8%	0,1%	0,0%	0,0%	100%
RMSP	33,2%	25,8%	40,7%	0,3%	0,0%	0,0%	100%

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

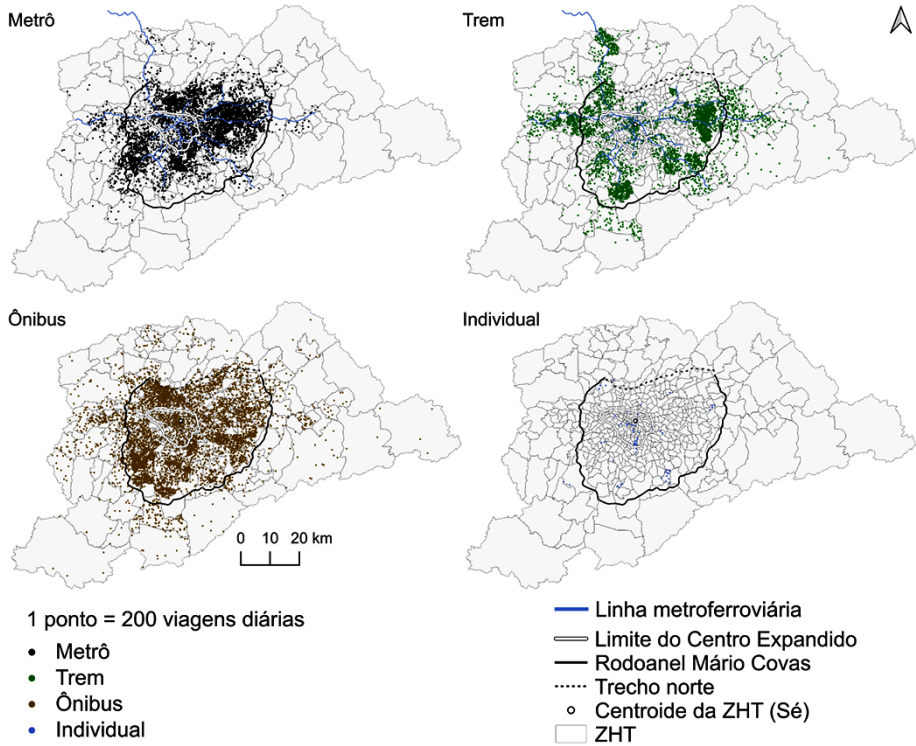
Verificam-se diferenças significativas comparando-se o primeiro modo com o segundo modo. Os modos Individual e Não Motorizados apresentam uma participação bastante reduzida. Esses valores tendem a se concentrar principalmente na 1RG, onde essas viagens são realizadas com passageiros em táxis convencionais e não convencionais, e, portanto, não há registros de viagens individuais dirigindo (motocicleta ou automóvel). Em contrapartida, os modos coletivos alcançam altos valores de participação. O modo Metrô, em geral, ainda mantém as maiores participações na 1RG e 2RG.

Vale ressaltar o aumento acentuado do modo Trem como segundo modo, alcançando 45,7% na 3RG (como primeiro modo, esse

valor foi apenas 2,1%). Esse resultado indica que quase metade das viagens da 3RG que necessitam de transferência são realizadas no modo Trem, contudo, poucas viagens iniciam com ele. Assim, nota-se a importância desse modal para a realização da viagem e que ele depende de outros modos para ser utilizado.

A Figura 9 exibe a produção diária de viagens como segundo modo de transporte, considerando metrô, trem, ônibus e transporte individual (automóvel e motocicleta) nas ZHTs em 2017. Cada ponto equivale a 200 viagens diárias produzidas, sendo gerado aleatoriamente, dentro dos limites da respectiva ZHT em que as viagens são originadas.

Figura 9 – Produção de viagens, segundo modo, ZHT, 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Verifica-se que, como segundo modo de transporte, as viagens de trem e metrô alcançam regiões mais distantes: mesmo que as residências estejam longe de uma estação de transporte sobre trilhos, os viajantes conseguem, utilizando algum outro modo, acessá-las. Nesse caso, uma pessoa que reside em um ZHT da 3RG e se desloca para a 1RG e que, em algum momento, precisa realizar uma transferência de modo de transporte, produzirá um registro de viagem como segundo modo na sua ZHT de residência. É por esse motivo que, mesmo longe da infraestrutura de transporte sobre trilhos, existem pontos nas ZHTs mais distantes.

Por um lado, o modo Ônibus ainda exerce uma influência significativa em todo o território da RMSP; por outro o modo Individual apresenta uma produção muito baixa, pois, diferentemente dos modos coletivos, o uso do transporte individual não requer transferências, com raras exceções. Os resultados apresentados revelam que o padrão de utilização do transporte sofre mudanças consideráveis em cada região, influenciadas pela implantação da infraestrutura e pela natureza específica de cada modo de transporte.

Tempo andando na origem e no destino

A microacessibilidade é definida pelo tempo despendido desde a saída da residência até a escolha do modo de transporte e, posteriormente, durante o deslocamento até o destino após sua utilização. O Quadro 1.3 mostra o tempo médio utilizado nesse processo em 2017.

É possível observar que, em média, leva-se metade do tempo para se deslocar até um ponto de ônibus em comparação com quem precisa chegar a uma estação de trem ou metrô. Além disso, esses valores se tornam ainda mais desiguais quando comparados aos modos individuais. As viagens por automóvel e motocicleta têm suas origens na própria residência ou em localidades próximas, o que resulta em tempo reduzido de acesso.

Em relação às regiões, verifica-se pequena diferença no tempo “andando na origem” para os modos Metrô e Trem: a 1RG possui menor tempo, enquanto a 3RG, o maior. Nota-se que não há registro para a 3RG, pois não são realizadas viagens com o modo Metrô como primeiro modo (Tabela 1).

Os modos individuais apresentam os menores valores da “duração média andando”, pois geralmente fazem uso de estacionamentos nas próprias origens e destinos (ou próximo a eles). A existência de maior quantidade de pontos de ônibus proporciona maior proximidade do embarque e desembarque em relação às origens e aos destinos e, conseqüentemente, “menor duração média andando”, se comparado com os modos Metrô e Trem.

A distância percorrida está associada às características demográficas dos usuários do transporte público, aos atributos espaciais próximo às paradas de transporte público e as características do serviço de transporte público (Tao, Wang e Cao, 2020). Metrô (2019) destaca que, em 2017, a escolha de caminhar para se deslocar na RMSP ocorreu principalmente pela curta distância a ser percorrida, representando 93% do total dos motivos. Florindo et al. (2019) destacam que existe maior probabilidade de as pessoas realizarem viagens a pé até as estações de trem e metrô quando a distância é inferior a um quilômetro.

Portanto, em média, é preciso mais tempo – para acessar o transporte e após a sua utilização – quando se utiliza o transporte

Quadro 1 – Duração média (minutos), andando na origem e no destino, primeiro modo, Região, 2017

	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta
Andando na origem	1RG	7,8	10	4,7	1,2	1,1
	2RG	9,5	11,3	5	1,2	1,2
	3RG	–	13,9	5,2	1,1	1,1
	RMSP	8,5	12	5,1	1,2	1,1
	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta
Andando no destino	1RG	6,3	7,8	4,7	1,4	1,3
	2RG	6,9	8	5,4	1,5	1,3
	3RG	–	8,2	5,1	1,3	1,1
	RMSP	6,5	8,1	5,3	1,4	1,3

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

sobre trilhos, seguido pelo modo Ônibus. O modo Individual é o mais vantajoso nesse quesito. Em resumo, a melhor microacessibilidade é a do transporte individual, e a pior é a do modo Trem.

Duração média e quantidade de modos

Quadro 2 apresenta a duração média das viagens diárias e distância média euclidiana entre origem e destino de acordo com o primeiro modo e regiões em 2017.

Observa-se que os modos coletivos têm uma duração média maior em comparação com os modos individuais nas viagens diárias. No entanto, é importante destacar que as distâncias médias também seguem essa mesma tendência, indicando uma influência significativa dessa variável na duração das viagens. Ao calcular as correlações lineares e não lineares entre a duração e a distância euclidiana, foram obtidos valores positivos e fortes: +0,79*** e +0,85***, respectivamente.

Há aumento médio da distância e duração das viagens de acordo com a região: 1RG, menores valores; e 3RG, maiores valores, exceto para o modo Não Motorizado, em que não há diferença significativa. É razoável concluir que esse cenário ocorre devido à redução das oportunidades de emprego e serviços nas regiões mais distantes no território da RMSP, o que leva a população desses locais a se deslocar por distâncias maiores.

A análise dos dados do Metrô (2017) revela que a correlação entre a densidade de empregos (empregos por quilômetro quadrado) e a distância da ZHT (Sé) é negativa e forte (-0,82***), o que significa que à medida em que há afastamento da ZHT central, a concentração territorial de empregos diminui. De fato, existem diferenças notáveis na quantidade de empregos por população nas regiões: 1RG possui 1,44 empregos por habitante; 2RG possui 0,37 empregos por habitante; e 3RG possui 0,33 empregos por habitante.

Quadro 3 mostra a quantidade média de modos utilizados nas viagens diárias de acordo com o primeiro modo e região em 2017.

Por um lado, o modo Individual mantém um valor constante de 1, independentemente da região, uma vez que não requer, na sua grande maioria, transferências durante a viagem. Por outro, o transporte coletivo possui valores mais elevados, pois com maior frequência é necessário realizar transferências entre veículos/modos para se alcançar seus destinos.

Ao analisar a correlação linear entre a quantidade de modos utilizados e a distância euclidiana entre origem e destino, encontramos os seguintes valores: Ônibus (+0,65***), Trilhos (+0,53***) e Individual (0,22***). De um lado, esses resultados indicam que existe uma correlação positiva moderada para os transportes coletivos, ou seja, à medida que as distâncias das viagens aumentam, a quantidade de modos utilizados também aumenta moderadamente. De outro, a correlação é baixa para os modos individuais, uma vez que as viagens, nestes, não dependem de transferências.

Quadro 2 – Duração (minutos) e Distância (km), primeiro modo, Região, 2017

	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado
Duração (minutos)	1RG	44,6	64,2	40,3	24,0	17,8	13,3
	2RG	57,8	78,3	58,8	26,6	24,8	12,9
	3RG	–	93,4	59,4	27,1	25,0	13,8
	Total	49,7	82,2	57,9	26,3	24,4	13,1
	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado
Distância (km)	1RG	6,8	11,9	4,4	4,5	4,3	0,8
	2RG	10,7	18,8	8,4	5,7	7,6	0,7
	3RG	–	22,7	10,2	7,7	9,6	0,8
	Total	8,3	19,7	8,5	5,9	7,9	0,7

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Quadro 3 – Quantidade média de modos, região, primeiro modo, 2017

Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóvel	Motocicleta	Não motorizado
1RG	1,3	1,7	1,3	1,0	1,0	1,0
2RG	1,3	1,8	1,5	1,0	1,0	1,0
3RG	–	1,6	1,4	1,0	1,0	1,0
Total	1,3	1,7	1,5	1,0	1,0	1,0

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Modelagem estatística

A Figura 10 mostra a densidade e o gráfico Q-Q da variável dependente duração para 2017.

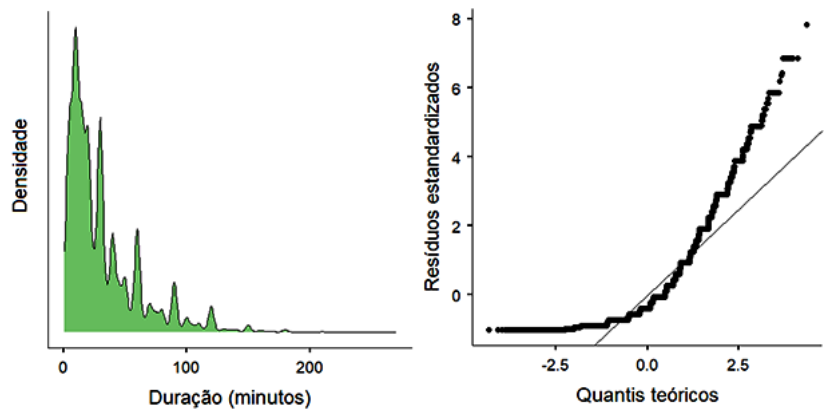
É possível verificar que ocorre assimetria e forte concentração dos dados em valores baixos de duração das viagens diárias (assimetria 1,8 e curtose 3,9). Ainda, há somente valores positivos na distribuição dos dados. No gráfico Q-Q é possível observar que há pouco ajuste dos resíduos à reta normal. Esses resultados apontam

que o melhor ajuste dos dados ocorre para modelos estatísticos não paramétricos e, portanto, o MLG é adequado para analisar os efeitos das variáveis independentes na variável dependente “duração das viagens”.

Entre as distribuições testadas, a Gamma apresentou o menor AIC, indicando melhor ajuste dos dados ao modelo. Portanto, ela foi utilizada para obter a melhor aderência dos dados à modelagem estatística.

O Quadro 4 apresenta os resultados estimados do MLG para os dados de 2017.

Figura 10 – Gráficos de densidade e Q-Q, duração das viagens diárias, RMSP, 2017



Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Quadro 4 – Estimativas do Modelo Linear Generalizado, 2017

Nome	Efeito	Estimativa	SE	p
β_0	Intercepto	35,897	0,234	< 0,001
Dist_Sé	Distanciamento da ZHT Sé (km)	-0,020	0,002	< 0,001
RendMed	Renda média familiar (mil reais)	-0,037	0,005	< 0,001
Dist	Distância (km)	4,348	0,020	< 0,001
QtModos	Quantidade de modos	8,194	0,340	< 0,001
D1	Metrô - Individual	11,092	0,379	< 0,001
D2	Trem - Individual	7,375	1,105	< 0,001
D3	Ônibus - Individual	14,209	0,140	< 0,001
D4	Não motorizado - Individual	3,601	0,061	< 0,001

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

Quadro 5 – Estimativas Post-hoc do MLG, 2017

Estimativa	Estimativa	SE	p
Individual - Metrô	-11,092	0,379	< 0,001
Individual - Não Motorizado	-3,601	0,061	< 0,001
Individual - Ônibus	-14,209	0,140	< 0,001
Individual - Trem	-7,375	1,105	< 0,001
Metrô - Não Motorizado	7,491	0,381	< 0,001
Metrô - Ônibus	-3,117	0,395	< 0,001
Metrô - Trem	3,717	1,160	< 0,001
Ônibus - Não Motorizado	10,608	0,142	< 0,001
Trem - Não Motorizado	3,774	1,107	< 0,001
Trem - Ônibus	-6,834	1,107	< 0,001

Fonte: elaboração dos autores, em 2025, com base em Metrô (2017).

O Quadro 5 mostra as estimativas Post-hoc para 2017.

O coeficiente de determinação (R^2) fornecido pelo modelo é de 0,72 e, portanto, o modelo explica 72% da variância da variável dependente a partir dos preditores. As estimativas do modelo indicam que:

- 1) cada quilômetro de distância a mais em relação a ZHT Sé diminui -0,02 minutos da viagem;
- 2) cada mil reais a mais de renda média familiar diminui 0,03 minutos da viagem;
- 3) cada quilômetro adicional percorrido no trajeto resulta em um acréscimo de 4,34 minutos na duração total da viagem;
- 4) para cada modo adicional utilizado no trajeto, há um aumento de 8,19 minutos na duração total das viagens;
- 5) as viagens que utilizam o modo Metrô como primeiro modo têm, em média, 11,09 minutos a mais do que as viagens realizadas pelo modo Individual como primeiro modo;

6) as viagens que utilizam o modo Trem como primeiro modo têm, em média, 7,37 minutos a mais do que as viagens realizadas pelo modo Individual como primeiro modo;

7) as viagens que utilizam o modo Ônibus como primeiro modo têm, em média, 14,2 minutos a mais do que as viagens realizadas por transporte Individual como primeiro modo;

8) as viagens que utilizam o modo Não Motorizado como primeiro modo têm, em média, 3,6 minutos a mais do que as viagens realizadas pelo modo Individual como primeiro modo;

9) as estimativas *post-hoc* indicam que as viagens por modo Metrô têm, em média, 3,71 minutos a mais que o modo Trem e 3,11 a menos que o modo Ônibus.

Os resultados do modelo evidenciam que tanto a distância percorrida na viagem quanto o tipo de transporte utilizado exercem impactos significativos na duração das viagens, corroborando as conclusões apresentadas no item “Duração média e quantidade de modos”.

As transferências realizadas nas viagens possuem grande influência no tempo total de viagem, e isso tem um impacto significativo nos modos de transporte coletivos. Conforme evidenciado na , os modos de transporte individuais têm média de uma (1,0) transferência, enquanto os modos coletivos apresentam médias de transferências entre 1,3 e 1,8, variando de acordo com o modo de transporte e a região considerada.

O modo Ônibus apresentou a maior estimativa de coeficiente em comparação com os demais grupos do modelo, mesmo que a média da duração – discutida no item 3.4 – seja menor em relação aos modos Trem e Metrô. Isso ocorre porque o valor médio está fortemente influenciado pelas maiores distâncias percorridas por aqueles que utilizam o transporte sobre trilhos, o que naturalmente aumenta a duração das viagens. Dessa forma, o modelo demonstra que, em média, o modo Trilho é mais rápido do que o Ônibus.

Além disso, observou-se que o modo Trem apresentou estimativa do coeficiente de duração menor em comparação ao Metrô. Essa diferença pode estar relacionada ao maior número de paradas das linhas de metrô nas áreas com elevada concentração de empregos e alta densidade populacional, em contraste com o traçado das linhas de trem na RMSP (Figura 5), ou seja, menor velocidade média em comparação ao modo Trem. Vale destacar que a 1RG possuía 11.333 habitantes por quilômetro quadrado, enquanto a 2RG apresentava 9.814 habitantes por quilômetro quadrado e a 3RG tinha 702 habitantes por quilômetro quadrado.

O modo Não Motorizado se mostrou mais rápido do que os modos coletivos, contudo, possui a limitação de necessitar distâncias menores para que seja uma escolha viável ao usuário. Portanto, considerando o contexto de uma

metrópole e distâncias curtas entre origem e destino, é mais eficiente utilizar uma bicicleta ou ir a pé, ao invés de utilizar um modo motorizado.

Verifica-se que o distanciamento da ZHT Sé e a renda média familiar são estatisticamente significativos, contudo, possuem efeito muito baixo na duração das viagens. Essas variáveis apresentam significância estatística, mas seu baixo efeito direto na duração das viagens decorre da correlação existente entre renda, localização e modo de transporte. O modo atua como uma variável mediadora, internalizando parte do impacto da renda média familiar e da distância ao centro sobre o tempo total de deslocamento. Em termos práticos, indivíduos com maior renda ou localizados em áreas centrais tendem a utilizar modos de transporte mais rápidos – como o automóvel ou o metrô –, enquanto populações de menor renda, situadas em regiões periféricas, dependem de modos mais lentos e com maiores tempos de acesso, como o ônibus. Assim, quando o modelo incorpora o “modo de transporte” como variável independente, ele absorve grande parte da influência socioeconômica e espacial que originalmente seria explicada pela renda e pela localização, resultando em coeficientes menores, embora estatisticamente significativos para essas variáveis. Esse resultado reforça que as desigualdades espaciais e de renda se expressam indiretamente por meio das escolhas modais.

Vale destacar que isso ocorre porque as variáveis “distanciamento da ZHT Sé” e “renda média familiar” estão inseridas junto à variável “primeiro modo” na modelagem. Caso a variável “primeiro modo” fosse retirada do modelo, os resultados do distanciamento da ZHT Sé e a renda média familiar teriam estimativas maiores de efeito na variável dependente, pois, indiretamente, estariam reproduzindo o efeito dos modos.

Considerações finais

Os resultados desta pesquisa indicam que há uma diferença notável na infraestrutura implantada no território da RMSP. As infraestruturas rodoviária e sobre trilhos são mais desenvolvidas no centro da metrópole e isso produz cenários diferentes de utilização e produção das viagens diárias, diretamente relacionados à macroacessibilidade da infraestrutura de transporte implantada. O sistema radial de transporte sobre trilhos, ainda que se estenda em direção às áreas periféricas, mantém um caráter centralizado e insuficiente para integrar plenamente o território metropolitano, refletindo a persistência de uma mobilidade orientada para o centro da RMSP.

A presença maior de estações de metrô na 1RG torna esse modo muito relevante na produção de viagens diárias. Ainda, a concentração de renda tem efeito relevante, pois permite a maior utilização do modo automóvel. Assim que há afastamento do centro da RMSP, os modos Trem e Ônibus ganham participação e, consequentemente, substituem outros modos menos eficientes e mais poluentes. A 3RG apresenta um padrão típico de periferização funcional: longas distâncias percorridas, baixa cobertura do transporte sobre trilhos e uso intensivo de ônibus e motocicletas. Essa configuração reforça a desigualdade estrutural da macroacessibilidade metropolitana.

Em relação à microacessibilidade, foi observado que os modos individuais são mais vantajosos, pois possuem valores menores de “tempo andando antes e depois”: são acessados no local de residência ou muito próximo desta e, da mesma forma, podem ser estacionados mais próximo dos destinos ou nos próprios destinos. Os modos coletivos exigem que os usuários se desloquem até as estações de transporte sobre trilhos ou pontos de ônibus e, posteriormente, se desloquem até o destino. O modo Ônibus se

mostrou com menores valores médios de “tempo andando antes e depois”, se comparado com o sistema de transporte sobre trilhos, pois os pontos de ônibus utilizam a rede rodoviária, amplamente implantada no território, ao contrário do sistema sobre trilhos, o qual é concentrado em eixos radiais no território da RMSP.

A microacessibilidade constitui um fator relevante, capaz de alterar significativamente a produção de viagens diárias, se forem considerados o primeiro modo e o segundo modo. Como primeiro modo, verificou-se a forte impedância que ele gera na utilização dos modos Metrô e Trem, porém pouco afeta os modos Individual e Ônibus. Como segundo modo, verifica-se que os registros se distribuem muito mais no território – sobretudo para os modos Trem e Metrô – pois, após utilizar o primeiro modo, este daria acesso ao segundo modo, utilizado para continuação dos percursos. Nesse sentido, moradores que residem longe das estações de transporte sobre trilhos também o utilizam, porém como segundo modo (o ônibus permite essa integração pela melhor microacessibilidade).

A modelagem estatística evidenciou que a distância total da viagem, a quantidade de modos utilizados na viagem e o primeiro modo escolhido são preditores estatisticamente significativos e relevantes. Dessa forma, considerando as vantagens de se utilizar menos tempo andando antes e após a utilização, por não necessitar de transferências e ser mais veloz, o modo Individual permite uma diferença acentuada na duração total do deslocamento.

A maior vantagem do transporte individual em termos de duração das viagens gera maior probabilidade de o usuário cativo do transporte coletivo migrar para o transporte individual, quando puder. Por um lado, esse efeito tem maior potencial de alterar o padrão de viagens nas regiões mais afastadas, em que ocorrem as viagens com as maiores distâncias e, por outro, são ainda estas as regiões com maior

participação do transporte coletivo (maior quantidade de usuários cativos, o que se relaciona com a renda média familiar mais baixa) e menores restrições espaciais no trânsito. Esse cenário é corroborado pelo maior crescimento na produção de viagens diárias na região metropolitana, em comparação ao município de São Paulo, apresentado por Daroncho et al. (2023).

Os resultados apresentados evidenciam a importância do transporte coletivo para a mobilidade da metrópole, pois, mesmo que não sejam passíveis de serem utilizados como primeiro modo, são altamente utilizados como segundo modo para completar as viagens diárias, sobretudo para a população que reside nas regiões mais distantes (2RG e 3RG).

O investimento no transporte coletivo, portanto, tem potencial para diminuir a impedância gerada pela defasagem na microacessibilidade, o que ocasionaria competição com modos menos eficientes, como o ônibus, motocicletas e, sobretudo, o automóvel. Ainda, o aumento da rede sobre trilhos ou faixas exclusivas de ônibus, por exemplo, pode diminuir o número de transferências, as quais afetam significativamente a duração da viagem. Diminuir as desvantagens do modo coletivo se mostra muito importante para aumentar a competição dos modos de transporte e, consequentemente, diminuir as externalidades negativas do transporte ineficiente na metrópole. Embora os modos individuais apresentem menores tempos de viagem, eles geram maiores custos social e ambiental. Assim, o desafio reside em reduzir a diferença de tempo entre modos coletivos e individuais sem ampliar externalidades.

A principal contribuição deste estudo consiste em integrar a análise de macroacessibilidade e microacessibilidade a partir da base

Pesquisa Origem e Destino do Metrô (2017), distinguindo os modos de transporte por ordem de uso, abordagem ainda pouco explorada em estudos sobre mobilidade metropolitana no Brasil. Independentemente do nível de desagregação territorial escolhido, sempre haverá algum erro na análise devido à complexidade e heterogeneidade socioeconômica de uma metrópole. Assim, esta pesquisa procura produzir resultados que vão além da lógica territorial dos municípios, distritos ou microrregiões comumente utilizada como nível de desagregação territorial em estudos semelhantes.

Os resultados podem subsidiar políticas de transporte voltadas à priorização de corredores de integração modal e planejamento habitacional orientado à microacessibilidade. Entre as limitações deste estudo, destaca-se o caráter transversal da base de dados, que não permite avaliar variações sazonais de mobilidade, e a ausência de variáveis qualitativas relacionadas à percepção do usuário. É importante salientar que todos os resultados apresentados estão relacionados com a ida das viagens, ou seja, apenas à metade do deslocamento diário. Os efeitos negativos/positivos, a depender do modo de transporte considerado, devem ser considerados para a melhor interpretação dos efeitos calculados.

O modelo estatístico elaborado possui fim descritivo – e não preditivo –, com intuito de auxiliar a análise regional da macroacessibilidade junto à análise descritiva. Para pesquisas futuras, recomenda-se que novos níveis de desagregação territorial sejam criados, outros modelos estatísticos sejam utilizados e que as análises se estendam a toda série histórica da Pesquisa Origem e Destino do Metrô.

[I] <https://orcid.org/0000-0003-1254-9896>

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Campinas, SP/Brasil.
dunckdalosto@gmail.com

[II] <https://orcid.org/0000-0002-0620-2725>

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Campinas, SP/Brasil.
pjperrez@unicamp.br

Nota de agradecimento

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo apoio financeiro por meio do Processo n. 22/04619-4, intitulado “Melhorias no transporte público entre os subúrbios e o centro das grandes aglomerações urbanas – TRAMA”, o qual viabilizou o desenvolvimento deste estudo.

Referências

- ANDRADE, M. F. (2018). Exposição à poluição é desigual na cidade de São Paulo. *Agência Fapesp*, 3 dez. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/exposicao-a-poluicao-e-desigual-na-cidade-de-sao-paulo/29331/>. Data de acesso: 10 nov 2025.
- ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos (2017). *Mobilidade Humana para um Brasil Urbano*. São Paulo. Disponível em: <http://www.antp.org.br/>. Data de acesso: 16 out 2025.
- CARDOSO, C. E. P. (2008). *Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais*. Tese de doutorado. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/17901>. Data de acesso: 17 jul 2025.
- CEM – Centro de Estudos da Metrópole (2022). *Base de dados das vias e estações metroferroviárias*. São Paulo. Disponível em: <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br>. Data de acesso: 15 fev 2025.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2020). *Qualidade do ar no Estado de São Paulo: 2019*. São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Data de acesso: 17 jul 2025.
- DARONCHO, C.; DALOSTO, J. A. D.; PEREZ-MARTÍNEZ, P. J. (2023). Trip generation by main modes of transport: analysis of the historical evolution in the metropolitan region of São Paulo (1967-2017). *South American Development Society Journal*. Disponível em: <https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/568>. Data de acesso: 20 mar 2025.
- EWING, R.; CERVERO, R. (2010). Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 11 maio, pp. 265-294. DOI: 10.1080/01944361003766766. Data de acesso: 20 mar 2025.

- FLORINDO, A. A.; BARBOSA, J. P. A. S.; BARROZO, L. V.; ANDRADE, D. R.; AGUIAR, B. S.; FAILLA, M. A.; GUNN, L.; MAVOA, S.; TURRELL, G.; GOLDBAUM, M. (2019). Walking for transportation and built environment in São Paulo city, Brazil. *Journal of Transport & Health*, v. 15. DOI: 10.1016/j.jth.2019.100611.
- ITDP – Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (2022). *Mobilidados: Região Metropolitana de São Paulo*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://mobilidados.org.br/rms/rmsp>. Data de acesso: 10 maio 2025.
- LIRA, A. H. C.; SILVEIRA, J. A. R.; NEGRÃO, A. G.; CASTRO, A. A. B. C. (2020). Avaliação da acessibilidade física aos condomínios de alta renda da cidade de João Pessoa – PB. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 6, n. 1, pp. 882-889. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5924>. Data de acesso: 23 mar 2025.
- LOPES, B. (2016). “A cidade que não para: os deslocamentos da vida e do capital em São Paulo”. In: PAULA, M.; BARTELT, D. D. (org.). *Mobilidade urbana no Brasil: desafios e alternativas*. Rio de Janeiro, Fundação Heinrich Böll.
- METRÔ – Companhia do Metropolitano de São Paulo (2017). *Pesquisa de origem e destino 2017: base de dados*. São Paulo. Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/>. Data de acesso: 23 mar 2025.
- _____. (2019). *Pesquisa de origem e destino 2017: Relatório Síntese*. São Paulo. Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/>. Data de acesso: 23 mar 2025.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J.; DALOSTO, J. A. D.; ASSUNÇÃO, J. V.; CONNERTON, P.; SLOVIC, A. D.; RIBEIRO, H.; MIRANDA, R. M. (2022). Long-term commuting times and air quality relationship to COVID-19 in São Paulo. *Journal of Transport Geography*, v. 101. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2022.103349.
- RODRIGUES, J. M. (2016). “Qual o estado da mobilidade urbana no Brasil?”. In: PAULA, M.; BARTELT, D. D. (org.). *Mobilidade urbana no Brasil: desafios e alternativas*. Rio de Janeiro, Fundação Heinrich Böll.
- SALDIVA, P. (2018). *Vida urbana e saúde: os desafios dos habitantes das metrópoles*. São Paulo, Contexto.
- SÃO PAULO (2019). *Região Metropolitana de São Paulo*. Disponível em: https://rmsp.pdui.sp.gov.br/?page_id=127. Data de acesso: 15 fev 2025.
- SU, R.; GOULIAS, K. (2023). Untangling the relationships among residential environment, destination choice, and daily walk accessibility. *Journal of Transport Geography*, v. 109. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103595.
- TAO, T.; WANG, J.; CAO, X. (2020) Exploring the non-linear associations between spatial attributes and walking distance to transit. *Journal of Transport Geography*, v. 82. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2019.102560.
- TIZNADO-AITKEN, I.; VECCHIO, G.; GUZMAN, L. A.; ARELLANA, J.; HUMBERTO, M.; VASCONCELLOS, E.; MUÑOZ, J. C. (2023). Unequal periurban mobility: travel patterns, modal choices and urban core dependence in Latin America. *Habitat International*, v. 133. DOI: 10.1016/j.habitatint.2023.102752.
- TOGER, M.; TÜRK, U.; ÖSTH, J.; KOURTIT, K.; NIJKAMP, P. (2023). Inequality in leisure mobility: an analysis of activity space segregation spectra in the Stockholm conurbation. *Journal of Transport Geography*, v. 111. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103638.
- VASCONCELLOS, E. A. (2001). *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas*. São Paulo, Annablume.
- _____. (2013). *Mobilidade urbana: o que você precisa saber*. São Paulo, Companhia das Letras.

- WHO – World Health Organization (2021). *Global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Data de acesso: 15 fev 2025.
- WORLD BANK (2021). *The global health cost of PM_{2.5} air pollution: a case for action beyond*. Washington, The World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36501>. Data de acesso: 8 fev 2025.
- ZAHNOW, R.; ABEWICKREMA, W. (2023). Examining regularity in vehicular traffic through Bluetooth scanner data: Is the daily commuter the regular road user? *Journal of Transport Geography*, v. 109. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103578. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103578>.
- ZHONG S.; BIAN, L. (2023). *How regularly do people visit service places? Computers, Environment and Urban Systems*. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101896.

Contribuição de autoria

João Augusto Dunck Dalosto: análise formal; conceitualização; curadoria de dados; investigação; metodologia; redação–rascunho original; redação–revisão e edição; software; validação; visualização.

Pedro José Pérez-Martínez: administração de projetos; aquisição de financiamento; conceitualização; curadoria de dados; investigação; metodologia; recursos; redação–rascunho original; redação–revisão e edição; supervisão; visualização.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

Todo o conjunto de dados de apoio aos resultados deste estudo foi disponibilizado no Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp (REDU) e pode ser acessado em <https://doi.org/10.25824/redu/4ZRMTY>.

Editores: Lucia Bógus e Luiz César de Queiroz Ribeiro

Organizadores deste número: Ana Marcela Ardila Pinto, Carlos Fernando Ferreira Lobo, Natália Villamizar Duarte

Texto recebido em 5/mar/2024

Texto aprovado em 24/jul/2024

