

**Macroacessibilidade do transporte:
Região Metropolitana de São Paulo (2017)**

Macro Accessibility of transport: Metropolitan Region of São Paulo (2017)

Macro Accesibilidad del transporte: Región Metropolitana de São Paulo (2017)

João Augusto Dunck Dalosto

Professor Mestre, UNEMAT, Brasil.

Aluno de doutorado, FECFAU - UNICAMP, Brasil.

dunckdalosto@gmail.com

Pedro Jose Perez-Martinez

Professor Doutor, FECFAU - UNICAMP, Brasil.

pjperez@unicamp.br

RESUMO

O modelo de desenvolvimento urbano espraiado, conjuntamente com a opção por investimentos majoritários em infraestrutura de transporte rodoviária geraram congestionamentos, maiores durações das viagens e diminuição da qualidade de vida nas metrópoles. Este estudo objetiva analisar a macroacessibilidade da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em 2017. Foi realizada uma análise descritiva e elaborado um Modelo Linear Generalizado (MLG) utilizando os dados da Pesquisa Origem e Destino do Metrô (2017). Os resultados mostram que a infraestrutura de transporte rodoviária tem vasta cobertura territorial, enquanto a infraestrutura de transporte sobre trilhos se concentra no centro da RMSP. Verificou-se que quanto mais próximo do centro, maior é a utilização do transporte individual e, quanto mais distante, maior é a utilização do transporte coletivo. A modelagem estatística evidenciou que a distância euclidiana (+4,3 min/km), a quantidade de modos utilizados na viagem (+8,1 min/modo) e o primeiro modo escolhido são preditores estatisticamente significativos e relevantes (sendo o ônibus com maior duração média, seguido do metroferroviário). Os modos individuais obtiveram a maior vantagem na macroacessibilidade, visto que se utiliza menos tempo para o acesso aos veículos e, também, menos tempo para o deslocamento após o uso do transporte (microacessibilidade). Ainda, não dependem de transferências de veículos e são mais rápidos durante o percurso. Conclui-se que o investimento em transporte sobre trilho permitirá melhores condições ambientais ao usuário cativo do transporte coletivo, com a diminuição do tempo de microacessibilidade e diminuição na duração do deslocamento, com potencial competição com os modos individuais.

PALAVRAS-CHAVE: MLG. Microacessibilidade. Transporte sustentável.

SUMMARY

The sprawling urban development model with the option for major investments in road transport infrastructure, generated congestion, longer trips and a decrease in the quality of life in the metropolises. This study aims to analyze the macro-accessibility of the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP) in 2017. A descriptive analysis was carried out and a Generalized Linear Model (GLM) was elaborated using data from the Pesquisa Origem e Destino do Metrô (2017). The results show that road transport infrastructure has vast territorial coverage, while rail transport infrastructure is concentrated in the center of the RMSP. It was found that the closer to the center, the greater the use of individual transport and, the further away, the greater the use of public transport. Statistical modeling showed that the Euclidean distance (+4.3 min/km), the number of modes used in the trip (+8.1 min/mode) and the first mode chosen are statistically significant and relevant predictors (being the bus with longer average duration, followed by metro-rail). Individual modes had the greatest advantage in terms of macro-accessibility, since less time is used to access vehicles and also less time for commuting after using transport (micro-accessibility). Also, they do not depend on vehicle transfers and are faster during the journey. It is concluded that investment in rail transport will allow better environmental conditions for the captive user of public transport, with a decrease in micro-accessibility time and a decrease in the duration of travel, with potential competition with individual modes.

KEYWORDS: GLM. Microaccessibility. Sustainable transport.

RESUMEN

El modelo urbano expansivo, junto con las grandes inversiones en infraestructura de transporte vial, generó congestión, viajes más largos y una disminución de la calidad de vida en las metrópolis. Este estudio tiene como objetivo analizar la macroaccesibilidad de la Región Metropolitana de São Paulo en 2017. Se realizó un análisis descriptivo y se elaboró un Modelo Lineal Generalizado (GML) con base en la Pesquisa Origem e Destino do Metrô (2017). Los resultados muestran que la infraestructura de transporte vial tiene una amplia cobertura territorial, mientras que la infraestructura de transporte ferroviario se concentra en el centro de la RMSP. Se encontró que cuanto más cerca del centro, mayor era el uso del transporte individual y, cuanto más lejos, mayor era el uso del transporte público. El modelado estadístico mostró que la distancia euclidiana (+4,3 min/km), el número de modos utilizados en el viaje (+8,1 min/modo) y el modo elegido son predictores estadísticamente significativos y relevantes (autobús con mayor duración promedio, seguido por el subterráneo). Los modos individuales tuvieron la mayor ventaja en términos de macroaccesibilidad, ya que se usa menos tiempo para acceder a los vehículos y también menos tiempo para viajar después de usar el transporte (microaccesibilidad). Además, no dependen de traslados de vehículos y son más rápidos durante el trayecto. Se concluye que la inversión en el transporte ferroviario permitirá mejores condiciones ambientales para el usuario cautivo del transporte público, con disminución del tiempo de microaccesibilidad y disminución de la duración del viaje, con potencial competencia con los modos individuales.

PALABRAS CLAVE: MGL. Microaccesibilidad. Transporte sostenible.

1. INTRODUÇÃO

Entre 1950 e 2010, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) obteve um aumento absoluto de 17,3 milhões de habitantes. Entre as principais regiões metropolitanas brasileiras, a RMSP obteve o maior aumento populacional e territorial (ANTP, 2017).

De acordo com dados do Metrô (2019), o município de São Paulo (que contém todo o centro financeiro da RMSP) concentrou 64,1% dos empregos da RMSP em 2017. Segundo Vasconcellos (2013), aproximadamente 45% da população não reside na capital e, desta forma, há um enorme contingente populacional percorrendo longos deslocamentos diários para acessar serviços e empregos (LOPES, 2016) com destino concentrado fortemente na parte central da cidade.

No contexto dos grandes centros urbanos, a infraestrutura de transporte oferece menos tempo de deslocamento aos modos individuais motorizados, que consome elevada quantidade de espaço viário e gera pressão sobre investimento em expansão desmedida de infraestrutura de elevado custo de implantação (ANTP, 2017).

Na maior parte das cidades brasileiras, os veículos são a principal fonte emissora de poluentes atmosféricos (SALVIDA, 2018). No Estado de São Paulo, destaca-se a Região Metropolitana de São Paulo como uma área crítica em termos de poluição do ar, afetada pelos polos industriais e, principalmente, pelas emissões veiculares (CETESB, 2020).

A necessidade de circular está ligada à reprodução social, ou seja, à realização das atividades culturais, sociais, políticas e econômicas. A circulação depende da disponibilidade de tempo por parte das pessoas, do alinhamento com os horários de funcionamento das atividades nos destinos e, também, da oferta de meios de transporte (VASCONCELLOS, 2001).

A decisão individual sobre qual modo de transporte é utilizado para se deslocar na cidade é tomada considerando fatores objetivos e subjetivos como: tempo, custo, conforto e confiabilidade (ANTP, 2017). O indivíduo decide qual investimento fará nos deslocamentos e, então, é estabelecida uma estratégia de deslocamento, conveniente e possível, para atender às suas necessidades (VASCONCELLOS, 2001), sobretudo no contexto de grandes centros urbanos e regiões metropolitanas.

Vasconcellos (2001) explica que, além da fluidez e segurança, a circulação precisa considerar a acessibilidade, o nível de serviço, o custo do transporte e a qualidade ambiental (ruídos e poluição). Cardoso (2008) pontua 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 (após o acesso ao sistema de transporte, a facilidade de se chegar ao local desejado).

Vasconcellos (2001) define a terminologia macroacessibilidade utilizada neste estudo. Esta relaciona-se com a abrangência espacial dos sistemas de transporte. Pode ser expressa pela soma de quatro tempos de viagem: i) tempo de acesso ao veículo no início da viagem; ii) tempo de espera (transporte público); iii) tempo caminhando (viagens a pé) ou dentro do veículo – refletindo a fluidez do deslocamento; iv) tempo para acessar o destino final após deixar o veículo. Ainda, em viagens por transporte público com transferência entre veículos, existe o

tempo de transferência, que pode ser andando e esperando pelo segundo veículo, por exemplo (VASCONCELLOS, 2001).

A microacessibilidade, refere-se à facilidade relativa de ter acesso direto aos veículos ou destinos desejados (condição de estacionamento, acesso a pontos de ônibus ou estações, por exemplo). O primeiro e o último tempo representam a microacessibilidade completa, a qual é componente da macroacessibilidade (VASCONCELLOS, 2001).

Isso posto, a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar a macroacessibilidade na Região Metropolitana de São Paulo em 2017. Nesse sentido, os objetivos específicos são analisar: a produção e demanda do transporte no território da RMSP; a microacessibilidade do transporte; o tempo utilizado no percurso da viagem; e o efeito das transferências na duração das viagens.

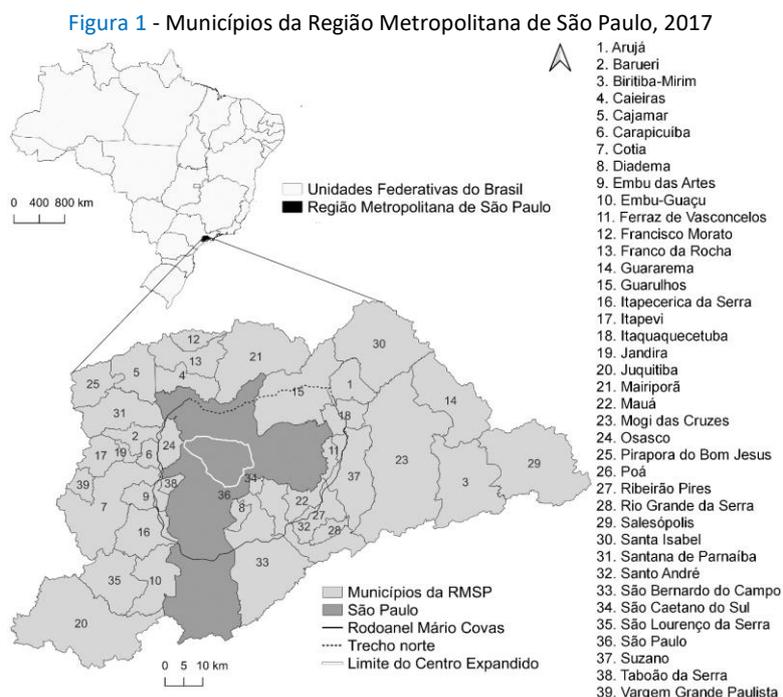
O artigo foi estruturado em cinco itens. A presente seção, item 1, introduz a temática e apresenta os objetivos e estruturação do artigo. O item 2 apresenta o detalhamento dos dados e metodologia. O item 3 apresenta os resultados sintetizados em gráficos, tabelas e respectivas análises a partir destes. O item 4 indica as principais conclusões da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

Finaliza-se com o item 5, no qual estão listadas as referências utilizadas na pesquisa.

2. METODOLOGIA

2.1 A área de estudo

O recorte territorial desta pesquisa é delimitado pela Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a qual ocupa área de 7.946,96 km² e é formada por 39 municípios (Figura 1).



Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

A Região Metropolitana de São Paulo contabiliza uma população de 21 milhões de habitantes, o que equivale a 47,5% da população do Estado de São Paulo. A densidade populacional alcança 2.714 habitantes por quilômetro quadrado. A RMSP é considerada um centro de decisões políticas e econômicas do Estado de São Paulo e representa o maior complexo industrial e o principal centro financeiro do Brasil. É a terceira maior mancha urbana do planeta e a principal aglomeração urbana da América do Sul (SÃO PAULO, 2019).

2.2 A Pesquisa Origem Destino e o Tratamento dos dados

O presente estudo utilizou a base de dados da Pesquisa Origem e Destino da Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRÔ) realizada em 2017. A pesquisa é composta por duas partes: a Pesquisa Domiciliar investiga as viagens realizadas internamente no território da Região Metropolitana de São Paulo e a Pesquisa na Linha de Contorno investiga as viagens que têm origem ou destino fora do território da RMSP, ou que simplesmente a atravessam.

A localização das entrevistas domiciliares é definida por meio de métodos estatísticos com o intuito de representar o território da RMSP. Para o ano de 2017, por exemplo, totalizou-se uma amostra com 183,1 mil registros advindos de aproximadamente 32 mil domicílios entrevistados. Os registros contêm informações – do transporte e socioeconômicas – das pessoas que realizaram e não realizaram viagens. Destaca-se que estas informações se referem ao dia anterior da pesquisa.

No presente estudo foram consideradas as viagens que iniciam a partir da residência e se destinam a qualquer local, por qualquer motivo e qualquer modo de transporte. Assim, de um total de 183.092 registros, 157.992 são de viagens realizadas. Destas, foram selecionadas as viagens que iniciam na residência – e, portanto, eliminam-se outros motivos na origem, inclusive a volta da viagem – o que totalizou 71.395 registros (45,2% do total de registros de viagem).

A volta não é computada pois, em termos gerais, muito se assemelha à ida e, portanto, para facilitar a manipulação dos dados e a interpretação dos resultados, é desconsiderada. Por outro lado, as viagens que não partem da residência geram maior complexidade no padrão de deslocamentos. Optou-se, portanto, em reduzir a abrangência da análise para obter resultados mais precisos tanto na análise descritiva, quanto na modelagem estatística. Contudo, vale destacar que, mesmo com este tratamento, a amostra utilizada continua tendo elevado número de registros neste estudo.

O percurso das viagens pode ser realizado com diversos modos de transporte como, por exemplo, ônibus, trem, metrô, automóvel, motocicleta e bicicleta ou a pé. Com intuito de auxiliar a análise dos dados, esses modos foram agrupados convenientemente a depender da análise.

O menor nível de desagregação territorial utilizado na Pesquisa Origem e Destino – e considerada nesta pesquisa –, são as Zonas Homogêneas de Transporte (ZHTs), as quais são definidas com base na sua homogeneidade urbanística e socioeconômica. Na Pesquisa Origem e Destino de 2017, foram estabelecidas 517 Zonas Homogêneas de Transporte.

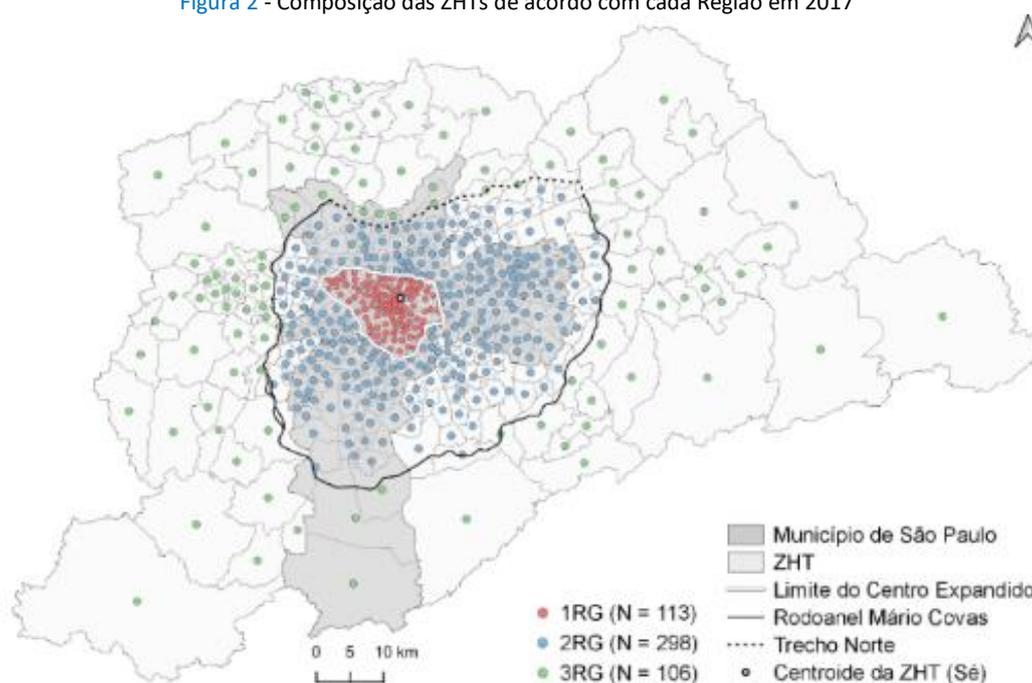
O maior nível de desagregação territorial utilizado nesta pesquisa são as Regiões. As Regiões foram criadas com intuito de auxiliar a interpretação e inserir o efeito da centralidade da metrópole na análise regional. Com efeito, há a perda de precisão pela consideração deste nível territorial, pois a heterogeneidade da metrópole insere contextos socioeconômicos muito

distintos no território, mesmo estando ou não próximo ao centro da RMSP. Por outro lado, possui a vantagem de produzir resultados que fogem da lógica territorial dos municípios.

As Regiões foram discriminadas nas seguintes: 1ª Região (1RG), 2ª Região (2RG) e 3ª Região (3RG). A 1ª Região (1RG) é composta pelas ZHTs com centroides inscritos no perímetro do Centro Expandido de São Paulo. A 2ª Região (2RG) é composta pelas ZHTs com centroides inscritos 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 (3RG) é composta pelas ZHTs com centroides localizados após o Rodoanel Mário Covas.

A Figura 2 apresenta a seleção das ZHTs de acordo com cada Região para o ano de 2017.

Figura 2 - Composição das ZHTs de acordo com cada Região em 2017



Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

A 1RG, 2RG e 3RG totalizaram 113, 298 e 106 ZHTs, respectivamente. Ainda, o centroide da ZHT (Sé) – onde se localiza a Praça da Sé – é considerada o ponto central utilizado na análise do distanciamento entre centroides das ZHTs neste estudo.

2.3 Análise descritiva e modelagem estatística

Esta pesquisa utiliza a análise descritiva (subseções do item 3) e a análise estatística (subseção 3.4.3).

A análise descritiva é baseada em cálculo de valores totais e participações; cálculo de medida de centralidade; elaboração dos gráficos de distribuição dos dados; cálculo de correlações de Pearson (linear) e Spearman (não linear); e elaboração de mapas temáticos.

A modelagem estatística se baseou em um Modelo Linear Generalizado (MLG). O modelo estatístico foi utilizado com caráter descritivo – e não preditivo – e, portanto, busca trazer estimativas que possam auxiliar as análises.

Se comparado com um Modelo Linear – que pressupõe que a distribuição dos dados seja normal – esse tipo de modelo permite a escolha da distribuição considerada para a variável dependente como, por exemplo, Gaussiana, Binomial, Poisson, Gaussiana inversa e Gamma, de tal forma a garantir o melhor ajuste possível dos dados.

Ainda, permite a escolha da função de ligação, o qual estabelecerá a forma de interpretação dos resultados: Identidade, Logit, Log, Inverso, Inverso do quadrado e raiz quadrada, por exemplo. A função de ligação escolhida é a Identidade, que permite a interpretação dos parâmetros estimados de forma semelhante a uma Regressão Linear, ou seja, coeficientes na mesma escala que a variável dependente.

Com intuito de escolher o melhor tipo de distribuição para o MLG, é utilizado o cálculo do critério de informação de Akaike (AIC): quanto menor o valor AIC, melhor ajuste dos dados na distribuição escolhida.

Considerando o objetivo de analisar a macroacessibilidade na RMSP, utilizou-se como variável dependente a duração da viagem. Para variáveis independentes, foram consideradas a distância euclidiana entre origem e destino, o distanciamento da origem da viagem até o centroide da ZHT Sé, a renda média familiar do viajante e a quantidade de modos utilizados até chegar ao destino. Para o fator independente, foi utilizado o primeiro modo de transporte escolhido na viagem.

Assim, o MLG que estima a duração das viagens (em minutos) e estima os efeitos dos preditores, foi estruturado da seguinte forma:

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

Em que:

β_0 : intercepto;

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

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

Dist: distância em linha reta entre origem e destino em quilômetros;

Dist_Sé: distanciamento em linha reta entre os centroides das ZHTs e o centroide da ZHT (Sé) em quilômetros.

RendMed: renda média familiar do viajante;

QtModos: quantidade de modos utilizados na viagem;

D_1 : variável *Dummy* 1 (Metroferroviário - Individual);

D_2 : variável *Dummy* 2 (Não motorizado - Individual);

D_3 : variável *Dummy* 3 (Ônibus - Individual);

ε : erro associado ao modelo.

As variáveis *Dummy* são binárias (0 ou 1) e são utilizadas para representar uma variável com duas ou mais categorias. A quantidade de variáveis *Dummy* será $(n-1)$ categorias consideradas no modelo. O emprego delas permite a captação da diferença média do valor esperado entre categorias (respectivo coeficiente β). Desta forma, não é necessária a criação da variável *Dummy* do modal Individual, pois o valor médio que esta categoria representa estará associada ao intercepto do modelo (β_0). Assim, o peso das variáveis *Dummy* 1, 2 e 3 será considerada sempre em relação ao modal de referência “Individual”.

A título de exemplo, para uma viagem realizada por modo Ônibus como modo principal, são considerados valores nulos para as *Dummy* 1 (D_1) e *Dummy* 2 (D_2). Portanto, restariam (β_0), β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_7 na equação.

A bandeira *** (ou apresentação do valor p) foi utilizada para sinalizar que os cálculos dos parâmetros da modelagem são estatisticamente significativos: quanto mais baixo for o p -valor, mais evidência há contra a hipótese nula (a hipótese de que não há efeito).

3. RESULTADOS

3.1 Distribuição da infraestrutura de transporte no território

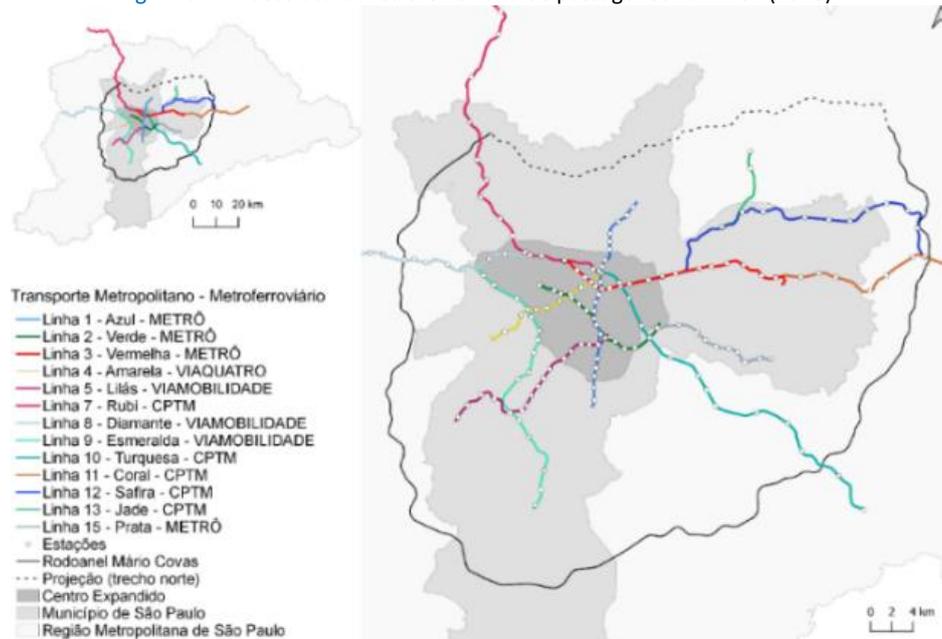
A partir dos dados disponibilizados por CEM (2022), calculou-se que a região do Centro Expandido possui elevada densidade de vias urbanas principais (1RG; 17,5 km/km²), seguida da região circunscrita pelo Rodoanel Mário Covas (2RG; 16 km/km²). Por outro lado, o território após o Rodoanel Mário Covas possui menor densidade de vias principais (3RG; 5,6 km/km²).

Ainda, verificou-se uma correlação linear moderada e negativa (-0,65***) em relação ao distanciamento entre centroides das ZHTs e a ZHT (Sé) com densidade das vias urbanas nas ZHTs: quanto mais distante, menor a densidade de vias principais.

O sistema de transporte metropolitano de passageiros sobre trilhos é gerido por quatro empresas, quais sejam, CPTM, Metrô, ViaQuatro e ViaMobilidade. A Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô e a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM são empresas públicas estaduais. A ViaQuatro opera em regime de concessão e a ViaMobilidade opera em regime de Parceria Pública-Privada.

A [Figura 3](#) mostra a infraestrutura de transporte metroferroviária de passageiros na RMSP. De acordo com CEM (2022), existem 198 estações (metroviária e/ou ferroviária) e 378 quilômetros de linhas.

Figura 3 - Infraestrutura metroferroviária de passageiros na RMSP (2020)



Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017) e CEM (2021).

As linhas de trem da CPTM alcançam desde a região central até as regiões mais distantes da RMSP. Em relação ao metrô e monotrilho, elas se concentram na região central. É visível que a organização das linhas prioriza o deslocamento às regiões centrais, enquanto o deslocamento radial necessita de outros modos de transporte menos eficientes.

As ZHTs da 1ª Região, distam, em média, 800 metros de uma estação de metrô ou trem. Já as ZHTs da 2ª Região e 3ª Região distam, em média, 2,5 quilômetros e 8,54 quilômetros, respectivamente. Há correlação linear, forte e positiva ($r = +0,7^{***}$) da distância euclidiana média entre os centroides das ZHTs e as estações metroferroviárias em relação ao distanciamento do ponto central da RMSP (ZHT Sé): quanto mais distante do centro da RMSP, maiores são as distâncias médias entre os centroides das ZHTs e as estações metroferroviárias.

Portanto, observa-se que o centro da RMSP possui infraestrutura de transporte muito mais desenvolvida se comparado com o restante do território.

3.2 Análise das viagens diárias

A análise da produção de viagens permite verificar os padrões de demanda do transporte no território. De acordo com Metrô (2017), foram geradas 42 milhões de viagens diárias com diversos motivos e modos na RMSP em 2017 (considerando ida e volta).

A

Tabela 1 mostra a produção e participação das viagens diárias com origem na residência por modo principal – que atribui ao registro da viagem apenas o modo de maior hierarquia entre os modos utilizados na viagem.

Tabela 1 - Produção e participação (%), viagens diárias, modo principal, Regiões, 2017

Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóveis	Moto	Não Motorizado	Total
1RG	264.746	8.987	298.403	663.108	31.154	527.779	1.794.178
2RG	1.153.030	383.040	3.809.729	3.733.957	338.959	4.357.427	13.776.143
3RG	158.052	205.660	1.027.534	979.102	130.005	1.277.851	3.778.202
Total	1.575.828	597.687	5.135.666	5.376.167	500.118	6.163.057	19.348.522
Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóveis	Moto	Não Motorizado	Total
1RG	14,8%	0,5%	16,6%	37,0%	1,7%	29,4%	100%
2RG	8,4%	2,8%	27,7%	27,1%	2,5%	31,6%	100%
3RG	4,2%	5,4%	27,2%	25,9%	3,4%	33,8%	100%
Total	8,1%	3,1%	26,5%	27,8%	2,6%	31,9%	100%

Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

Foram produzidas 19,3 milhões de viagens diárias na RMSP com origem na residência. Observa-se que os tipos de transporte coletivo, individual e não motorizado, possuem participações próximas: 37,7%, 30,40% e 31,9%. Destaca-se que 26,5% do total do tipo coletivo é realizado por ônibus, o que demonstra a importância desse modal.

A 1RG possui a maior participação do modo metrô e automóvel, devido à disponibilidade de estações metroviárias na região, bem como à maior renda média familiar. Por outro lado, como consequência natural da competição entre modos, possui menor participação do modo ônibus, trem, motocicleta e não motorizado.

A partir do cálculo da correlação linear, verificou-se que há correlação linear forte positiva (+0,85***) entre Renda Média Familiar e Índice de Motorização (carros/habitantes): quanto maior a renda média familiar da ZHT, maior a quantidade de carros por residente na ZHT (e conseqüente maior participação dos automóveis).

A forma de utilização dos meios de transporte no meio urbano depende muito do perfil socioeconômico, pois, à medida que a renda familiar aumenta, também aumenta a mobilidade pessoal: naturalmente, o custo da viagem perde importância na tomada de decisão, sobressaindo outros motivos como tempo, segurança e conforto. Estes são alcançados com a utilização do automóvel e, portanto, quanto maior a renda, maior a utilização do automóvel em relação aos outros modos de transporte (VASCONCELLOS, 2013).

A 2RG perde participação do modo metrô e automóvel e ganha participação dos outros modos em relação à 1RG, em virtude da redução da renda média familiar e diminuição da infraestrutura metroviária. Vale destacar a existência de linhas e estações de trem em seu território, o que mostra o aumento da participação deste modo. A 3RG experimenta o mesmo processo em relação à 2RG (tornando-se mais discrepante em relação à 1RG).

Fenômeno interessante a ser observado na 3RG é a diminuição do uso do modo automóvel concomitante com o aumento do uso do modo motocicleta. 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.

Rodrigues (2016) descreve que, no Brasil, para a população de baixa renda, as saídas para o problema da mobilidade foram, em parte, as motocicletas. Vasconcellos (2013) relata que São Paulo foi a cidade brasileira que teve o maior aumento no uso da motocicleta, elevado ao ponto de alterar as condições de circulação no sistema viário principal e, portanto, padrão de acidentes de trânsito.

Destaca-se o valor subestimado da utilização do modo ônibus. Devido à baixa cobertura do sistema metroferroviário, é razoável afirmar que parte relevante das viagens consideradas como modo metrô/trem (modo principal) também utilizam o modo ônibus para ter acesso às estações metroferroviárias.

Esses resultados evidenciam que a infraestrutura implantada influencia no comportamento e na tomada de decisão dos usuários do transporte: quando há infraestrutura de transporte sobre trilhos, existe uma tendência de aumento na participação deste modo. Na ausência, o usuário cativo do transporte público necessita do ônibus. Por outro lado, quando há possibilidade, os usuários tendem a migrar para o transporte individual.

3.3 Microacessibilidade do transporte

A **Tabela 2** mostra o tempo médio utilizado andando para iniciar a viagem e o tempo médio utilizado após utilização do transporte de acordo com cada modo e Região.

Tabela 2 - Duração média (minutos), andando na origem e andando no destino, modo, Região, 2017

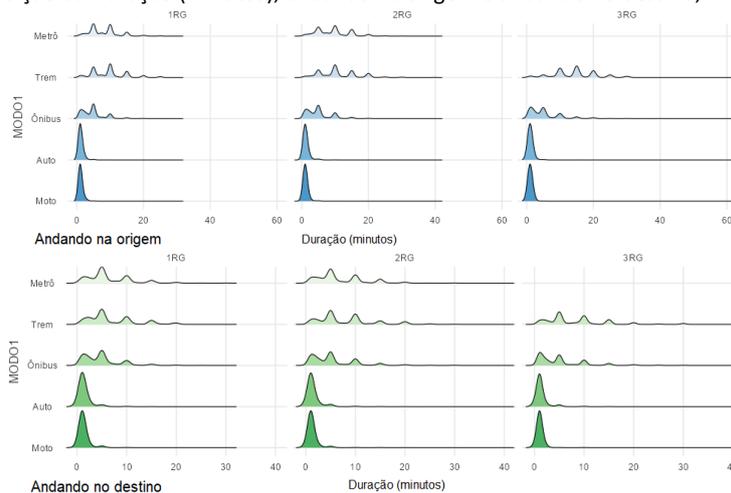
	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Automóveis	Motocicleta
Andando na origem	1RG	7,8	10	4,7	1,2	1,1
	2RG	9,5	11,3	5	1,2	1,2
	3RG	-	13,9	5,2	1,1	1,1
	Total	8,5	12	5,1	1,2	1,1
Andando no destino	1RG	6,3	7,8	4,7	1,4	1,3
	2RG	6,9	8	5,4	1,5	1,3
	3RG	-	8,2	5,1	1,3	1,1
	Total	6,5	8,1	5,3	1,4	1,3

Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

É possível observar que, em média, utiliza-se metade do tempo para se deslocar até um ponto de ônibus em relação a quem necessita se deslocar a uma estação metroferroviária. Ainda, estes valores tornam-se mais discrepantes se comparados com os modos individuais: de fato, os modos individuais estão em sua maioria na própria residência ou muito próxima, o que gera valores muito baixos para acessar estes modos.

A

[Figura 4](#) mostra as distribuições do tempo médio utilizado andando para iniciar a viagem de acordo com cada modo e Região.

Figura 4 - Distribuição da Duração (minutos), andando na origem e andando no destino, modo, Região, 2017

Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

Verifica-se que existe uma evidente diferença entre os modos tanto para o tempo andando na origem como andando no destino. Os modos individuais possuem concentração em baixos valores (alta assimetria positiva e alta curtose positiva). O modo ônibus possui concentração em valores intermediários e relativamente mais dispersos. O modo metroferroviário possui baixa concentração e valores muito dispersos, o que gerou valores médios de duração maiores (assimetria baixa e curtose baixa).

Quanto às Regiões, observa-se diferença no grupo andando na origem para o modo metroferroviário: enquanto na 1RG possui 10,1 minutos, a 2RG possui 11 minutos e a 3RG possui 14 minutos. Desta forma, em média, é necessário mais tempo para acessar os locais quando se utiliza o modo de transporte metroferroviário, em seguida o modo ônibus.

Uma maior quantidade de pontos de ônibus permite maior proximidade às origens e aos destinos e, conseqüentemente, menores distâncias de deslocamento a pé. Os modos individuais possuem os menores valores, pois, em geral, utilizam estacionamentos nos próprios locais das origens e dos destinos (ou próximos a estes).

Os resultados apontam para o efeito negativo do aumento de tempo médio do deslocamento: menor quantidade de estações metroferroviárias no território torna necessária o desembarque em locais mais distantes em relação ao destino. O tempo utilizado antes e depois do transporte diminui gradualmente: ônibus, automóveis e motos, respectivamente.

O ideal ao usuário do transporte, portanto, seria que os pontos de embarque e desembarque fossem junto à origem e ao destino da viagem (BATISTA JR, SENNE, 2000). Florindo et al. (2019) destaca que há maior probabilidade de viagens serem realizadas por caminhada até estações de trem e metrô se a distância for inferior a um quilômetro.

3.4 Tempo de deslocamento e efeito das transferências

3.4.1 Tempo médio e distância média

A Tabela 3 mostra a duração média das viagens e distância média euclidiana entre origem e destino de acordo com o primeiro modo e Região.

Tabela 3 - Duração (minutos) e Distância (km), primeiro modo, Região, 2017

	Região	Metrô	Trem	Ônibus	Auto	Moto	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	Auto	Moto	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: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

Nota-se que as viagens dos modos coletivos possuem maior duração média se comparadas com os modos individuais. Contudo, salienta-se que as distâncias médias também seguem a mesma lógica, o que aponta para uma grande influência desta variável na duração das viagens. O cálculo das correlações lineares entre duração e distância euclidiana resultam em valores positivos e fortes: +0,8*** e +0,85***, respectivamente: quanto maior a distância entre origem e destino, maior a duração das viagens.

Ainda, observa-se esse fenômeno nas Regiões: há um aumento das distâncias percorridas e, conseqüentemente, aumento do tempo médio. É razoável afirmar que esse cenário ocorre pela diminuição das oportunidades de emprego e serviços nas regiões mais distantes no território da RMSP e, portanto, a população destes locais tende a se deslocar por distâncias maiores.

A partir dos dados de Metrô (2017), é possível constatar que a correlação não linear entre densidade de empregos (empregos/km²) e o distanciamento da ZHT (Sé) é negativa e forte (-0.82***): quanto mais distante, menor a concentração territorial de empregos. De fato, a quantidade de empregos por população nas Regiões possui diferenças notáveis: 1RG (1,44 emp/hab), 2RG (0,37 emp/hab) e 3RG (0,33 emp/hab).

3.4.2 Quantidade de modos

A **Tabela 4** mostra a quantidade média de modos utilizados nas viagens de acordo com o modo e a Região.

Tabela 4 - Quantidade média de modos, região, primeiro modo, 2017

Região	Metrô	Trem	Ônibus	Auto	Moto	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: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

Percebe-se que há diferença entre os modos. O modo individual não necessita de transferências durante a viagem e, portanto, se mantém no valor de 1, independente da Região. O transporte coletivo possui valores maiores pois, normalmente, os usuários necessitam realizar troca de veículos para se deslocar ao destino.

Apesar de não ser observado diferenças notáveis entre as médias das Regiões, o cálculo da correlação linear entre quantidade de modos com a distância euclidiana gera os seguintes valores: ônibus (+0,65***), metroferroviário (+0,53***) e individual (0,22***). Esses resultados mostram que há correlação positiva moderada para coletivo – maiores distancias, maior quantidade de modos – e baixa para individuais (não dependem de transferências).

3.4.3 Modelagem estatística: efeitos das transferências

Para estimar o efeito das transferências entre veículos, é possível utilizar o MLG. A distribuição *Gamma* foi escolhida pois gerou o menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) em relação às outras possibilidades de distribuições em que há convergência na modelagem e, portanto, é a melhor opção com objetivo de gerar melhor aderência do modelo.

A [Tabela 5](#) apresenta os resultados estimados do MLG.

Tabela 5 - Estimativas do Modelo Linear Generalizado, 2017

Nome	Efeito	Estimativa	SE	z	p
β_0	Intercepto	35,758	0,109	329,190	< 0,001
Dist	Distância (km)	4,345	0,020	220,692	< 0,001
Dist_Sé	Distanciamento da ZHT Sé (km)	-0,020	0,002	-8,106	< 0,001
RendMed	Renda média familiar (mil reais)	-0,037	0,005	-7,296	0,032
QtModos	Quantidade de modos	8,126	0,339	23,981	< 0,001
D1	Metroferroviário - Individual	10,723	0,360	29,816	< 0,001
D2	Não Motorizado - Individual	3,600	0,061	59,268	< 0,001
D3	Ônibus - Individual	14,222	0,140	101,434	< 0,001
R-quadrado 0,722	Estimativas Post Hoc				
	Individual - Metroferroviário	-10,723	0,360	-29,816	< 0,001
	Individual - Não Motorizado	-3,600	0,061	-59,268	< 0,001
	Individual - Ônibus	-14,222	0,140	-101,434	< 0,001
	Metroferroviário - Não Motorizado	7,123	0,363	19,641	< 0,001
	Metroferroviário - Ônibus	-3,499	0,375	-9,321	< 0,001
	Não Motorizado - Ônibus	-10,622	0,142	-74,896	< 0,001

Fonte: elaborado pelo autor com base em METRÔ (2017).

O modelo forneceu um coeficiente de determinação (R^2) de 0,722 (ou seja, ele explica 72,2% da variância da variável dependente a partir dos preditores). As estimativas do modelo mostram que:

- I. A cada quilômetro de distância a mais percorrido no percurso, aumenta-se 4,34 minutos na duração total da viagem;
- II. Em relação à origem da viagem, a cada quilômetro distante em relação ao centroide da ZHT Sé, ocorre diminuição de 0,02 minutos na duração das viagens. Este valor, apesar de ser estatisticamente significativo, é muito baixo;
- III. A renda média familiar não é estatisticamente significativa;
- IV. A cada modo a mais utilizado no percurso, aumenta-se 8,12 minutos na duração total das viagens;
- V. As viagens que utilizam como primeiro modo, o metroferroviário, tem média de 10,72 minutos a mais que o transporte individual;

- VI. As viagens que utilizam como primeiro modo, o não motorizado, tem média de 3,6 minutos a mais que o transporte individual;
- VII. As viagens que utilizam como primeiro modo, o ônibus, tem média de 14,22 minutos a mais que o transporte individual;
- VIII. Os valores *post-hoc* demonstram que as viagens que utilizam como primeiro modo, o metroferroviário, tem média de 3,5 minutos a menos que o transporte por ônibus.

Os resultados do modelo mostram que, além das variáveis como distância e quantidade de modos, que possuem efeitos relevantes, a utilização dos modos coletivos como primeiro modo geram aumento na duração média das viagens em relação aos modos individuais.

Verifica-se que os modos coletivos geram estimativas dos coeficientes superiores aos modos individuais, independente do modo de transporte de referência escolhido. O modo ônibus obteve a maior duração média em comparação aos outros grupos do modelo, apesar de obter valores médios menores de duração de viagens (item 3.4.1). Isso mostra que, na verdade, a utilização do ônibus só possui esses valores médios menores pois as distâncias das viagens também são menores. Na verdade, o transporte sobre trilho se mostra mais rápido.

As transferências se mostraram como um efeito relevante no tempo total e isso afeta sobremaneira os modos coletivos: conforme apresentado na [Tabela 4](#), os modos individuais se mostram com média 1, enquanto os outros modos alcançam valores médios entre 1,3 e 1,8, a depender do modo coletivo e Região.

Cumprir notar que o distanciamento em relação ao centro da RMSP, por si só, não é fator que gera aumento da duração média das viagens. Ao contrário, o distanciamento gerou um efeito negativo na duração das viagens, apesar de muito pequeno. Deve-se salientar que, na verdade, é a infraestrutura de transporte disponível o fator que altera de forma expressiva a duração das viagens e não o distanciamento em si. O mesmo ocorre para a renda média familiar.

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa mostra que há uma diferença notável na infraestrutura implantada no território da RMSP. Tanto a infraestrutura rodoviária, quanto a infraestrutura de transporte sobre trilhos são mais desenvolvidas no centro da metrópole e isso produz cenários diferentes de macroacessibilidade nos níveis de desagregação territorial estudados.

Em relação à microacessibilidade, foi observado que os modos individuais são mais vantajosos pois possuem valores menores de duração de acesso ao transporte e após utilizá-lo: são acessados no local de residência ou muito próximo desta e, da mesma forma, podem ser estacionados mais próximos dos destinos.

Os modos coletivos exigem que os usuários se desloquem até as estações ou pontos de ônibus e, posteriormente, se desloquem até o destino. O ônibus se mostrou com menores valores médios de duração para o acesso do transporte e para o deslocamento após o uso do transporte, se comparado com o modo metroferroviário: os pontos de ônibus utilizam a rede rodoviária, a qual é muito mais desenvolvida no território se comparado com as estações metroferroviárias. O mesmo raciocínio ocorre para o tempo após o uso do transporte.

A modelagem estatística evidencia que a distância total da viagem, a quantidade de modos utilizados na viagem e o primeiro modo escolhido são preditores estatisticamente significativos e relevantes.

Esse cenário demonstra que essas vantagens em relação aos modos coletivos geram o potencial aumento de sua utilização: maior probabilidade de o usuário cativo do transporte coletivo migrar ao modo individual, quando possível. Esse efeito tem maior potencial nas regiões mais afastadas, em que ocorrem as viagens com as maiores distâncias, pois a economia de tempo utilizando o modo individual é muito mais relevante e, por outro lado, é ainda nessas regiões que há a participação maior do transporte coletivo.

Isso posto, os resultados apontam que o investimento em infraestrutura de transporte sobre trilhos tem potencial para melhorar a vida e a reprodução social na metrópole: o aumento da rede sobre trilhos e de linhas de ônibus tem potencial de diminuir o tempo da microacessibilidade. Ainda, a expansão da rede permite a diminuição do número de transferências, o que reduziria a duração das viagens.

O investimento transporte coletivo, portanto, tem potencial para diminuir a impedância gerada pela defasagem na macroacessibilidade, o que ocasionaria competição com modos menos eficientes e diminuiria a duração média das viagens, fatores que são muito relevantes para a qualidade de vida e para a reprodução social na metrópole.

Este estudo busca trazer a análise conjunta da macroacessibilidade da RMSP a nível regional. Recomenda-se que novos níveis de desagregação territorial sejam criados e que as análises se estendam a toda séries histórica da Pesquisa Origem e Destino do Metrô.

5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Mobilidade Humana para um Brasil Urbano**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.antp.org.br/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

Batista Jr, Edgar Dias. Senne, Edson Luiz França (2000). TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros. In: **Panorama Nacional da Pesquisa em Transporte 2000**. Setti, J. R. A. e Cybis, H. B. B. (editores). Rio de Janeiro: ANPET, 2000.

CARDOSO, Carlos Eduardo de Paiva. **Análise do Transporte Coletivo Urbano sob a Ótica dos Riscos e Carências Sociais**. Orientador: Maria Carmelita Yazbek. 2008. Tese (Doutorado em Serviço Social da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/17901>. Acesso em: 5 abr. 2023.

CEM – Centro de Estudos da Metrópole. **Base de dados das vias e estações metroferroviárias**. 2022. São Paulo. Disponível em: <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br>. Acesso em: 21 out. 2022.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO: 2019**. São Paulo: CETESB, 2020. 223 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

CINTRA, Marcos. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. São Paulo: FGV-EESP, 2014. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/11576>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FLORINDO, Alex Antonio; BARBOSA, João Paulo dos Anjos Souza; BARROZO, Ligia Vizeu; ANDRADE, Douglas Roque; AGUIAR, Breno Souza de; FAILLA, Marcelo Antunes; GUNN, Lucy; MAVOA, Suzanne; TURRELL, Gavin; GOLDBAUM, Moises. Walking for transportation and built environment in Sao Paulo city, Brazil. **Journal of Transport & Health**, v. 15, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100611>. Acesso em: 22 out. 2022.

LIRA, Anneliese Heyden Cabral de; SILVEIRA, José Augusto Ribeiro da; NEGRÃO, Ana Gomes; CASTRO, Alexandre Augusto Bezerra da Cunha. Avaliação da acessibilidade física aos condomínios de alta renda da cidade de João Pessoa – PB. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, ed. 1, 2020. DOI <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-062>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5924>. Acesso em: 5 abr. 2023.

LOPES, Bárbara. A cidade que não para: os deslocamentos da vida e do capital em São Paulo. *In*: **MOBILIDADE URBANA NO BRASIL: DESAFIOS E ALTERNATIVAS**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2016. p. 24-39. Disponível em: <https://br.boell.org/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

METRÔ – Companhia do Metropolitano de São Paulo. **Pesquisa de origem e destino 2017**: Relatório Síntese. São Paulo: [s. n.], 2019. Disponível em: <http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/>. Acesso em: 23 jun. 2022.

SALDIVA, Paulo. **VIDA URBANA E SAÚDE: OS DESAFIOS DOS HABITANTES DAS METRÓPOLES**. São Paulo: Contexto, 2018. 128 p. Ebook.

SÃO PAULO. **Região Metropolitana de São Paulo**. 2019. Disponível em: https://rmsp.pdui.sp.gov.br/?page_id=127. Acesso em: 20 jul. 2022.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **MOBILIDADE URBANA: O QUE VOCÊ PROCISA SABER**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013. 58 p.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Transporte urbano, espaço e equidade**: análise das políticas públicas. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2001. 218 p.