

Análise espacial de viagens em transporte público na Região Metropolitana de Campinas-SP

Spatial analysis of public transport trips in Campinas Metropolitan Region-SP

Janini Oliveira Dias da Silva*, Andrea de Oliveira Cardoso**, Pedro José Perez Martinez***

*Universidade Estadual de Campinas, Brasil, j263548@dac.unicamp.br

**Universidade Federal do ABC, Brasil, andreca@gmail.com

***Universidade Estadual de Campinas, Brasil, pijperez@unicamp.br

usjt
arq.urb

número 37 | maio - ago de 2023

Recebido: 17/11/2022

Aceito: 25/07/2023

DOI: [10.37916/arq.urb.vi37.617](https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi37.617)



Palavras-chave:

Análise Exploratória de Dados Espaciais.
Planejamento urbano baseado em indicadores.
Transporte Público.

Keywords:

Exploratory Analysis of Spatial Data.
Urban planning based on indicators.
Public Transport.

Resumo

A alta dependência do uso do transporte individual e a ausência de planejamento da mobilidade têm se mostrado insustentáveis para o meio urbano e para a qualidade de vida da população. Na busca pela mitigação destes problemas e promoção de uma mobilidade mais sustentável, indicadores de mobilidade sustentável se mostram excelentes ferramentas de gestão. O presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial do indicador de viagens realizadas em transporte público da Região Metropolitana de Campinas (RMC), a partir de dados levantados pela Pesquisa Origem Destino de 2011, coordenada pela Secretaria de Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. Foram utilizadas técnicas de econometria espacial que permitiram avaliar a distribuição espacial do indicador “viagens realizadas em modos coletivos”. Os resultados alcançados identificaram valor significativo para o I de Moran (0,485). A zona com maior uso do transporte público coletivo, apresentou 1,13 viagens *per capita*, já a zona com menor uso, apresentou 0,18 viagens *per capita*, confirmando o baixo uso do transporte público em toda a região metropolitana.

Abstract

The high dependence on the use of individual transport and the lack of mobility planning have proved to be unsustainable for the urban environment and for the population quality of life. In the quest to mitigate these problems and promote sustainable mobility, sustainable mobility indicators are excellent management tools. The present study aims to analyze the spatial distribution of the indicator of trips made in public transport in the Metropolitan Region of Campinas (MRC), based on data collected by the 2011 Origin Destination Survey, coordinated by the Secretariat of Metropolitan Transport of the State of São Paulo. Spatial econometric techniques were used to assess the spatial distribution of the indicator “collective modes trips”. The results achieved identified a significant value for Moran's I (0.485). The area with the highest use of collective public transport, presented 1.13 trips *per capita*, while the area with the lowest use, presented 0.18 trips *per capita*, confirming the low use of public transport throughout the metropolitan region.

Análise espacial de viagens em transporte público na Região Metropolitana de Campinas-SP urbana, segundo o ODS 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2015).

Sendo assim, com o uso da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), é possível visualizar a distribuição das variáveis em tela, identificar localidades atípicas “outliers” e descobrir agrupamentos de associação espacial “clusters” (ALMEIDA, 2012).

A identificação desses padrões espaciais fornece subsídios para o delineamento de políticas públicas coerentes com as necessidades locais. Isso porque o transporte público metropolitano depende de relações socioeconômicas da população local e de seu entorno.

Desta forma, a utilização destas técnicas poderá amparar o processo de planejamento, buscando cidades cada vez menos dependentes do automóvel e que promovam sistemas de mobilidade mais eficientes e seguros, atendendo às necessidades de deslocamento de bens e pessoas.

O presente estudo propõe, por meio do uso de softwares de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e análise espacial (GeoDA), apresentar a distribuição espacial do indicador “viagens realizadas em modos coletivos”, com base nos dados da pesquisa Origem Destino (OD) nas zonas de tráfego da Região Metropolitana de Campinas.

Mobilidade Sustentável

O uso crescente do transporte individual motorizado, combinado com a falta de planejamento e controle do uso do solo urbano das cidades brasileiras, têm impactos significativos no bem-estar da população e afetam diretamente o desenvolvimento econômico das cidades (MAGAGNIN e SILVA, 2008).

De acordo com Boareto (2003), a mobilidade urbana sustentável deve ser entendida como a capacidade de realizar viagens necessárias para a execução dos direitos básicos do cidadão, com o menor gasto de energia possível e menor impacto no meio ambiente.

A estruturação do modelo brasileiro de mobilidade foi marcada por grandes investimentos na indústria automobilística e pela ausência de incentivos de modos não

Introdução

Nos últimos anos, o debate sobre aspectos relacionados à mobilidade urbana e à sustentabilidade tem se tornado cada vez mais urgente, pois a expansão da frota e a alta dependência do uso de veículos motorizados nos deslocamentos estão resultando em graves impactos para o meio ambiente e para a qualidade da vida da população urbana (CARVALHO, 2016).

Os principais impactos destacados na literatura são: aumento de casos de doenças do trato respiratório; aumento nas taxas de acidentes de trânsito com vítimas; aumento dos tempos de deslocamento; espraiamento do tecido urbano; acentuação da desigualdade social; grandes congestionamentos; uso exagerado de combustíveis fósseis; e maiores emissões de poluentes (VASCONCELLOS, 2018).

O agravamento destes problemas tem motivado a gestão pública e pesquisadores a desenvolverem novos métodos que relacionem os conceitos de sustentabilidade com aspectos da mobilidade, buscando novas perspectivas para o planejamento da mobilidade urbana, tendo em vista reduzir as emissões de poluentes.

O Estatuto da Metrópole define áreas metropolitanas como a “representação da expansão contínua da malha urbana da metrópole, conurbada pela integração dos sistemas viários, abrangendo, áreas habitacionais, de serviços e industriais com a presença de deslocamentos pendulares no território” (BRASIL, 2015).

Segundo Santos *et. al.* (2015), as Regiões Metropolitanas representam cerca de 80% da população total do país, e é nestas áreas que se apresentam os maiores tempos de deslocamento na cidade, os quais podem atingir mais de duas horas no deslocamento entre casa e trabalho, enquanto o tempo médio nos demais municípios é de 23 minutos.

Neste cenário, indicadores de mobilidade têm se mostrado eficientes ferramentas de gestão e planejamento, pois auxiliam a análise de um panorama geral e do monitoramento temporal do objeto estudado, possibilitando o desenvolvimento de estratégias que relacionem as dimensões da sustentabilidade (GUDMUNDSSON, 2016).

O uso de indicadores de mobilidade sustentável também deve contribuir para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), no que diz respeito à mobilidade

motorizados e coletivos. Esse modelo rodoviarista determina, até hoje, a maneira como ocorrem os deslocamentos nas cidades (VASCONCELLOS, 2018).

Na perspectiva da sustentabilidade, esse processo é bastante negativo, pois o país segue investindo em sistemas que excluem a população mais pobre e favorecem o consumo de combustíveis fósseis. Isso diminui cada vez mais a qualidade dos deslocamentos na cidade e cria um ambiente extremamente excludente e poluído.

Pensando na mobilidade, com relação à esfera urbana, alguns fatores devem ser combatidos para se alcançar uma cidade sustentável: o alto consumo de combustíveis fósseis; a grande frota de veículos individuais; o espraiamento do tecido urbano; a falta de incentivos no transporte coletivo, e as desigualdades sociais no acesso ao sistema de transportes (VASCONCELLOS, 2013).

Na busca por uma mobilidade sustentável é esperado que o uso de transportes coletivos e os deslocamentos ativos (não-motorizados) sejam promovidos, reduzindo as emissões de poluentes e o tempo gasto nos trajetos diários, possibilitando ainda que a população aproveite o tempo poupado para a realização de outras atividades, o que pode contribuir para uma melhor qualidade de vida (LITMAN, 2008).

Neste sentido, o investimento na coleta de dados relacionados à mobilidade e em planejamento são algumas das ferramentas mais eficientes para gerir os problemas urbanos e os aspectos desfavoráveis do uso excessivo do transporte individual.

Indicadores de Mobilidade Sustentável

Um conjunto de indicadores é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo avaliar, monitorar e traçar projeções futuras para alcançar o sucesso na implementação de políticas públicas. De modo geral, está diretamente relacionado com a capacidade de gestão para desenvolver e aplicar estratégias que auxiliem na identificação de fragilidades e potencialidades da área que se deseja intervir (GUDMUNDSSON, 2016).

Segundo Litman (2008), para uma análise abrangente e equilibrada da mobilidade, os conjuntos devem incluir indicadores de cada uma das principais dimensões da sustentabilidade. Por exemplo, é importante relacionar indicadores como: equidade de custo do transporte (dimensão econômica); capacidade de atendimento a toda a

malha urbana (dimensão social); nível de emissões de gases e materiais poluentes (dimensão ambiental).

Diante dos desafios relacionados ao planejamento da mobilidade urbana, a disponibilidade de dados precisos é essencial para a obtenção dos indicadores. Atualmente existem lacunas entre os dados existentes e os dados necessários para a avaliação da mobilidade sustentável (LITMAN, 2008).

Deve-se melhorar, padronizar e expandir os métodos de coleta de dados relacionados ao transporte, para que se possa realizar levantamentos mais detalhados que apoiarão o planejamento da mobilidade.

A Região Metropolitana de Campinas

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) está localizada no interior do Estado de São Paulo, ocupa uma área total de 3.791 km², é a décima maior região metropolitana do Brasil, e a segunda maior região metropolitana de São Paulo.

Atualmente é composta por vinte municípios: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Morungaba, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo, apresentados na Figura 1.

Inicialmente, a RMC foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 870, de 19 de junho de 2000, sendo formada por dezenove municípios e, através da Lei Complementar nº 1.234, de 13 de março de 2014, foi incluído o município de Morungaba (SÃO PAULO, 2014).

Com uma população estimada em 3,2 milhões de habitantes, a região é responsável por aproximadamente 9% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual e 3% do PIB brasileiro (IBGE, 2021). Destaca-se também por ser um dos mais importantes polos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do país (SÃO PAULO, 2018).

Todos os municípios da região apresentam alto índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), resultando em uma média de 0,792 para a RMC, sendo considerada a terceira melhor região metropolitana do Brasil (SÃO PAULO, 2018).

O processo de metropolização da RMC é recente, diversificado e desenvolveu-se vinculado a uma infraestrutura viária muito dinâmica, contando com importantes eixos rodoviários, linhas ferroviárias e pelo Aeroporto Internacional de Viracopos, considerado o segundo maior do país em transporte de cargas (MONTEIRO *et. al.*, 2020).

O processo de crescimento e consolidação da RMC como segundo polo industrial do Estado de São Paulo atraiu investimentos para na área científica e educacional, gerando a estruturação de um polo com diversas atividades tecnológicas, destacando a presença de importantes instituições como Instituto Agrônomo de Campinas, CPqD, Embrapa, Cati, e parques tecnológicos, como Ciatec e Techno Park (Campinas), Tech Town (Hortolândia), Jaguari Center (Jaguariúna).

E na área de ensino e apoio à pesquisa, ressalta-se a presença de universidades de renome como a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e a Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC (SANTOS JR.; PROENÇA, 2020).

Atualmente, a RMC continua a apresentar grande importância no desenvolvimento industrial das áreas automobilística, química e tecnológica, se destacando no refino de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis. Essa atividade tem sua base na Refinaria do Planalto Paulista (Replan), localizada em Paulínia-SP. É, atualmente, a maior refinaria da Petrobrás e possui capacidade de processar 69 mil m³/dia, o equivalente a 434 mil barris, representando cerca de 20% do refino de petróleo do Brasil (PETROBRÁS, 2021).

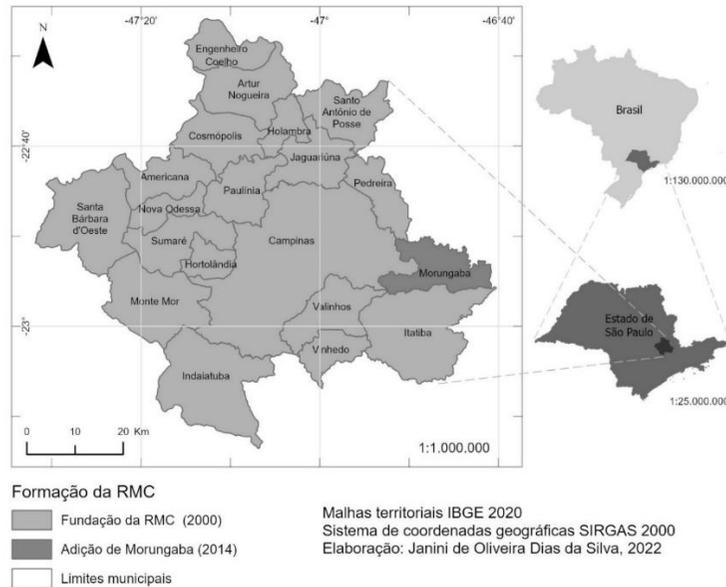


Figura 1. Formação da Região Metropolitana de Campinas (RMC). Fonte: Elaborado pelos autores com base em São Paulo (2000; 2014).

A Região Metropolitana de Campinas teve um desenvolvimento industrial diferenciado, onde os demais municípios da região também estabeleceram uma economia dinâmica e expressiva tanto industrial como agrícola (BAENINGER, 2001).

Por conta de seu dinamismo e sua vasta atividade econômica, tornou-se conhecida pelo título de “Vale do Silício Brasileiro”. Tendo desde a sua fundação, os seus desenvolvimentos urbano e econômico relacionados com os sistemas de transportes e logística (MENDES, 2014).

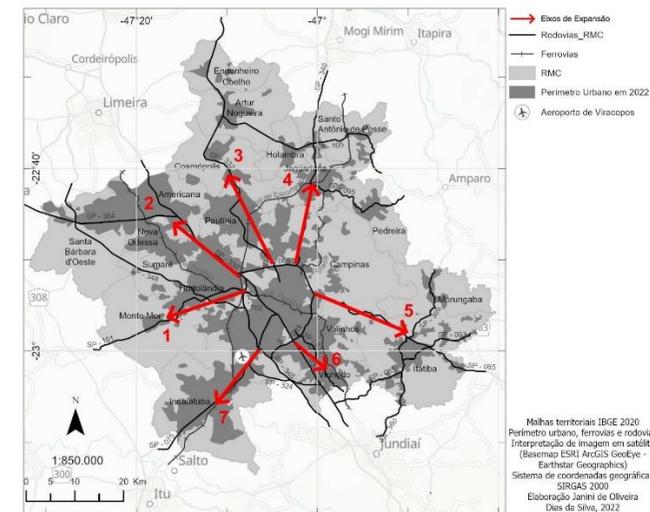


Figura 2. Eixos de Expansão da Mancheta Urbana da RMC. Fonte: Adaptado de CAIADO e PIRES, 2006

Por conta da sua localização, por sua infraestrutura viária e pela proximidade com a capital paulista, o território de Campinas desenvolveu uma interdependência econômica e administrativa entre as cidades vizinhas. Esse processo resultou em uma grande conurbação que apresenta 7 eixos de expansão e utiliza o sistema viário como fator de crescimento entre os municípios (Figura 2) (CAIADO; PIRES, 2006).

Os dois maiores eixos de expansão existentes atualmente na RMC estão situados na direção dos municípios de Valinhos, Vinhedo e Itatiba (eixos 5 e 6), que apresentam as maiores taxas de renda per capita; e na direção de Sumaré, Hortolândia e Monte Mor (eixos 1 e 2), onde se encontra a maior parte da população de baixa renda (CAIADO; PIRES, 2006).

Os eixos 3 e 4 apresentam uma população de alta e média renda, com a presença de universidades, shoppings centers e indústrias de alta tecnologia. Há a presença da refinaria de petróleo (Replan) e grandes áreas de produção agrícola. Já no eixo 7, em sentido para Indaiatuba, há a presença do Aeroporto de Viracopos, de indústrias de grande porte e de assentamentos precários (CAIADO; PIRES, 2006).

As conurbações encontradas nos municípios da RMC se deram principalmente por conta da estrutura viária existente no local, o que facilitou a criação de parques industriais nas margens das rodovias e posteriormente de assentamentos habitacionais. As duas maiores conurbações existentes atualmente estão situadas na região sudeste, na direção do município de Valinhos e na região noroeste na direção de Sumaré, Hortolândia e Monte Mor. Esta última representando uma grande zona periférica onde se encontra a maior parte da população mais pobre (CAMPINAS, 2014).

O território metropolitano de Campinas, apresenta uma ocupação dispersa, desordenada, que se mostra inadequada para a dinâmica urbana. Isso se deve ao rápido avanço do tecido urbano, principalmente por conta do aumento de condomínios residenciais e industriais ao longo das rodovias (SANTOS JR.; PROENÇA, 2020).

Este modelo de ocupação do solo tem se mostrado insustentável, uma vez que um território disperso gera maiores deslocamentos que, por sua vez, acarretam maiores emissões de poluentes.

Aumento da Frota de Veículos

O aumento na taxa de motorização do país possui relação com diversos fatores, entre os quais o período de crescimento econômico do país, que ocorreu a partir de 2007. Nesse período, houve o aumento do poder de compra da população, a redução nos preços de veículos, bem como outras facilidades fiscais (VASCONCELOS, 2013).

Na Região Metropolitana de Campinas, entre o período de 2005 a 2020, o aumento do número de automóveis foi de 760 mil, um crescimento de 99,45%. Já para as motocicletas, ocorreu um aumento de 229 mil, ou seja, um crescimento de 161,44% (DENATRAN, 2020).

Atualmente, a frota total de veículos da RMC é de aproximadamente 2,3 milhões, sendo 79% automóveis e motocicletas. A Figura 3 demonstra o crescimento no número de automóveis e motocicletas no período entre 2005 e 2020, no mês base Dezembro (DENATRAN, 2020).

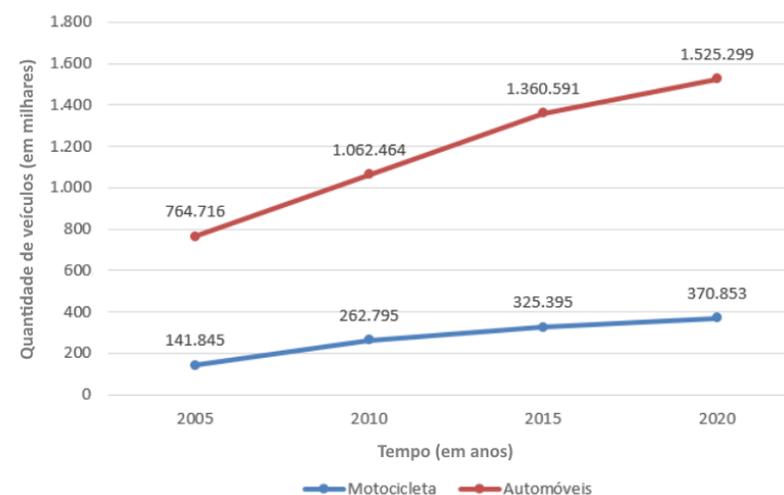


Figura 3. Crescimento da frota de automóveis e motocicletas da RMC entre 2005-2020. Fonte: DENATRAN, 2020

Segundo os relatórios do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDU) de 2018, as maiores ocorrências de congestionamentos na RMC se dão, principalmente, por conta do grande volume de veículos pesados provenientes das zonas industriais localizadas ao longo dos eixos rodoviários, somados com os maiores fluxos da população nos horários de pico, com destaque para a Rodovia Dom Pedro I (SÃO PAULO, 2018).

Em relação à mobilidade, existem deficiências no planejamento dos transportes públicos coletivos, que foram identificados como insatisfatórios. Apresenta-se ausência de integração das linhas municipais e intermunicipais com o uso do solo, pois não se atende às áreas mais populosas (SÃO PAULO, 2018).

A estrutura viária, embora bem estruturada, apresenta um tráfego intenso e inseguro por conta do grande volume de cargas perigosas. Há ainda uma predominância do uso do transporte individual sobre o coletivo, por conta das distâncias entre trabalho e domicílio (SÃO PAULO, 2018).

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar os padrões de distribuição espacial do indicador “Viagens Realizadas em Modos Coletivos *per capita*” nas 128 zonas de tráfego da Região Metropolitana de Campinas, no ano de 2011.

Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto neste estudo, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: revisão bibliográfica, análise documental e técnicas de econometria espacial, que auxiliaram na distribuição espacial do indicador Viagens em Modos Coletivos *per capita*.

Foram utilizados dados da Pesquisa Origem Destino (OD) realizada em 2011 na RMC pela Secretaria de Transportes Metropolitanos. O banco de dados desta pesquisa apresentou 12.062 observações e dividiu os 19 municípios da RMC em 185 zonas de tráfego. O município de Morungaba não foi contemplado nesta pesquisa, pois foi adicionado à região apenas em 2014. Por conta dos critérios de amostragem, 128 zonas foram analisadas.

Com a disponibilidade dos dados da Pesquisa OD, foi verificada a distribuição espacial dos resultados com auxílio de ferramentas de georreferenciamento e

sistemas de informação geográfica (SIG) e do Software de análises espaciais, GeoDA na versão 1.20. Para identificar a distribuição espacial do indicador de mobilidade sustentável nas zonas de tráfego da RMC, calculou-se a estatística descritiva e foi realizada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE).

A estatística descritiva permite uma análise do panorama geral da variação dos dados estudados por meio de tabelas, gráficos e medidas descritivas, como média, máxima, mínima e desvio padrão. Para este estudo, será apresentada uma tabela com as medidas descritivas e um mapa de quintis, que classifica as observações em ordem crescente em cinco intervalos, ou seja, 20% das observações para cada intervalo (MORETIN e BUSSAB, 2017).

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), por sua vez, consiste em descrever e visualizar a distribuição das variáveis em tela, identificar localidades atípicas e descobrir clusters, ou seja, agrupamentos de associação espacial (ALMEIDA, 2012).

Para AEDE, o primeiro passo é a definição de uma matriz de pesos espaciais ou de defasagem espacial (W). A matriz W de dimensão $n \times n$ é construída a partir de um conjunto de n áreas, onde cada um dos elementos denota o grau de conexão espacial, considerando uma medida de proximidade entre as áreas. Leva-se em consideração a dependência espacial, ou seja, que regiões vizinhas se relacionam mais do que regiões mais distantes (ALMEIDA, 2012).

O valor atribuído para a Matriz W pode ser calculado com base em critérios de proximidade geográfica ou contiguidade. Os critérios de proximidade consideram as distâncias dos vizinhos mais próximos. Já os critérios de contiguidade são análogos aos movimentos do jogo de xadrez, por convenção, Rainha, Torre e Bispo (ALMEIDA, 2012).

Para escolha da matriz W , deve-se calcular o coeficiente de autocorrelação espacial dos dados, neste caso foi utilizado o índice I Global de Moran, sendo escolhida aquela matriz que apresentar maior valor significativo do coeficiente.

O I de Moran é uma medida global da autocorrelação espacial, pois indica o grau de associação espacial presente no conjunto de dados. O índice de Moran (I) busca responder se os dados globais são distribuídos aleatoriamente ou seguem um padrão espacial sistemático (ALMEIDA, 2012).

A hipótese nula do teste é de que os dados sejam aleatórios, ou seja, não possuem dependência espacial. Valores positivos indicam uma correlação positiva (clusters) e valores negativos, correlação negativa (outliers). Após calculado, realiza-se um teste de pseudo-significância para verificar sua validade estatística (ALMEIDA, 2012).

O Índice I global de Moran pode ser definido como:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2}$$

Onde:

n é o número de zonas;

z denota os valores da variável de interesse padronizada;

W_z representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos (Z);

w_{ij} é um elemento dessa matriz W , que se refere à zona i e j

S_0 é igual à operação $\sum \sum w_{ij}$ — soma dos elementos da matriz de pesos espaciais W ;

Para fins inferenciais, tem-se que o valor esperado de I de Moran [$E(I)$] é:

$$E(I) = -[1/(n - 1)]$$

Após calculado o I Global de Moran e selecionada a Matriz W , é realizado o Diagrama de Dispersão de Moran, que identifica as tendências de agrupamento dos dados no espaço. A combinação do mapa de dispersão de Moran e do Mapa de significância LISA resultará no Mapa de Clusters (ALMEIDA, 2012).

Com o diagrama de Dispersão de Moran, é possível identificar a existência de outliers espaciais e pontos de alavancagem, além de verificar a influência no valor da estatística de autocorrelação. O Mapa de significância LISA mostra no mapa as zonas que o I de Moran apresentou resultado mais significativo (ALMEIDA, 2012).

A partir do Mapa de Clusters, é possível verificar as áreas que apresentam dependência espacial e os seus outliers. Este produto pode ser utilizado para identificar os clusters “alto-alto”, que apresentam valores positivos e médias positivas; os clusters “baixo-baixo”, que apresentam valores negativos e médias negativas e ou outliers, que apresentam padrão de autocorrelação inverso aos demais (ALMEIDA, 2012).

Para execução dos métodos de análise exploratória de dados espaciais, foi utilizado o software livre GeoDA 1.20, de código aberto, desenvolvido pelo Prof. Dr. Luc Anselin, da Universidade de Michigan.

Resultados e discussão

O resultado da distribuição espacial do indicador Viagens realizadas em Modos Coletivos, apresentado em quintis, referente ao ano de 2011 está apresentado na Figura 4. Essa distribuição demonstra que as maiores concentrações de Viagens realizadas em Modos Coletivos estão localizadas principalmente nas zonas de tráfego mais próximas ao centro expandido do município de Campinas.

As zonas que representam os maiores usos do transporte coletivo estão localizadas nos municípios de Americana, Campinas, Hortolândia, Paulínia, Monte Mor e Valinhos (em vermelho). Já as zonas com os menores resultados do indicador estão localizadas nos extremos da região. Ou seja, quanto mais distante do centro da cidade-sede da região metropolitana, menor é o uso dos transportes coletivos nos deslocamentos diários (em azul).

Segundo o PDUI da RMC (2018), a população residente nos municípios de Sumaré, Hortolândia e Monte Mor é responsável pela maior parte dos deslocamentos pendulares em sentido ao centro expandido de Campinas. Isso ocorre por conta da alta concentração de serviços como emprego, estudos, saúde e comércio, que estão presentes apenas em Campinas.

Em relação à estatística descritiva, a média deste indicador foi de 0,56 viagens *per capita* por zona e a mediana é de 0,54. O desvio padrão foi de 0,21. Nota-se uma variação de 37% entre os valores máximo e mínimo. O valor máximo deste indicador se refere à zona 52, localizada a sudoeste do município de Campinas, totalizando 1,13 viagens *per capita* em modos coletivos.

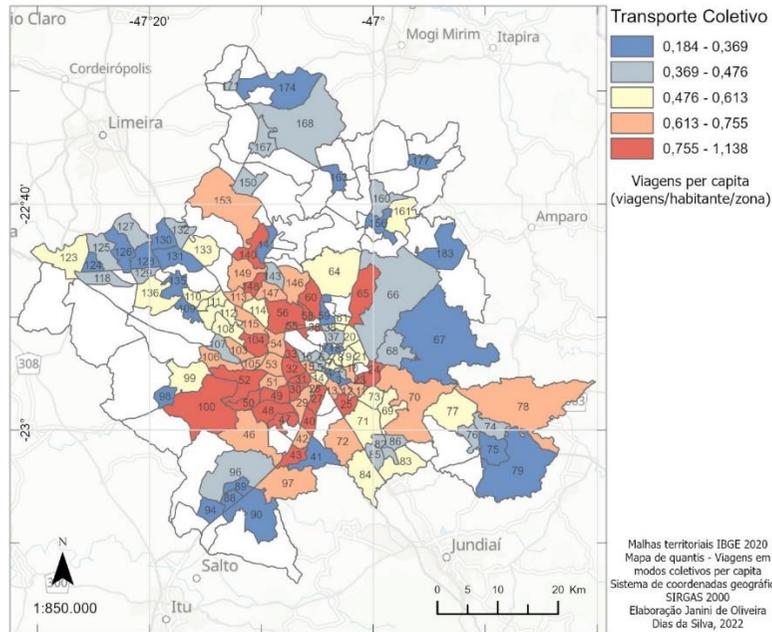


Figura 4. Distribuição Espacial das Viagens em Modos Coletivos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

Já o valor mínimo refere-se à zona 59, totalizando 0,18 viagens *per capita* realizadas em modos coletivos. Esta zona está localizada ao norte do município de Campinas, na área rural.

Percebe-se que os valores referentes a este indicador são muito baixos levando em consideração a população existente na RMC, mesmo nas zonas de tráfego com maiores densidades, como nos centros urbanos.

Na Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), foi obtido o I de Moran (0,485, $p=0,001$), que apresentou resultado significativo, indicando que existe autocorrelação espacial e que é positiva. Para este estudo, a matriz de contiguidade W definida foi a Matriz Torre, como apresentado na Figura 5.

Estadística I de Moran Univariada

Variável	Matriz de Ponderação Espacial	Rainha	Torre	KNN 4	KNN 8
Viagens em modos coletivos <i>per capita</i>	I de Moran	0,446	0,485	0,487	0,402
	DP (I)	0,061	0,066	0,059	0,040
	Pseudo p-valor	0,001	0,001	0,001	0,001

Figura 5. Estadística I de Moran para a Região Metropolitana de Campinas (2011) Fonte: Elaborada pela autora (2022). Dados da Pesquisa OD 2011.

O valor do I de Moran positivo significa que o resultado do indicador estudado de uma zona é influenciado pelos resultados das zonas vizinhas. Ou seja, zonas com maiores números de Viagens realizadas em modos Coletivos estão rodeadas por zonas que também apresentam maiores números de Viagens realizadas em modos Coletivos e vice-versa.

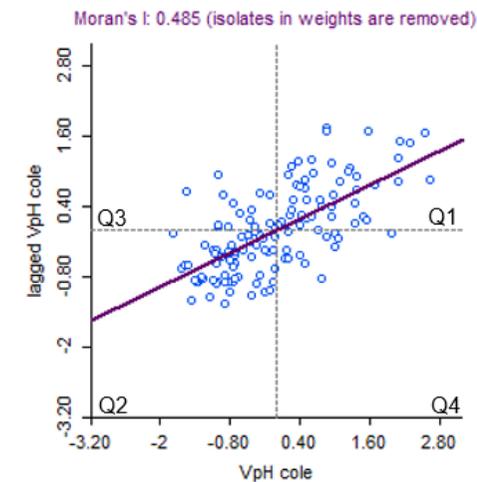


Figura 6. Diagrama de Dispersão de Moran. Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O Diagrama de Dispersão de Moran (Figura 6) apresenta as tendências positivas da autocorrelação espacial. A dispersão das observações das Viagens realizadas em Modos Coletivos mostra que os setores distribuídos nos quadrantes Q1 (valores positivos, médias positivas), e Q2 (valores negativos, médias negativas), apresentam associação espacial positiva.

Os demais setores, localizados nos quadrantes Q3 (valores positivos, médias negativas) e Q4 (valores negativos, médias positivas), são setores onde as observações não seguem o mesmo padrão de dependência espacial.

No Mapa de Clusters (Figura 7), as observações localizadas no quadrante Q1 “alto-alto” são representadas pelo cluster vermelho. As observações do quadrante Q2 “baixo-baixo” são representadas pelo cluster azul. E as zonas localizadas no setor Q3 “alto-baixo” são representadas pela cor salmão. Como as observações do quadrante Q4 “baixo-alto” não foram significativas, não houve representação no mapa.

Conforme apresentado por Caiado e Pires (2006), a maior parte da população de renda mais baixa, localiza-se nos municípios situados nos eixos 1 e 2 (Figura 2). Ao associar esse fato com os resultados da estatística descritiva e a AEDE, nota-se que são essas zonas que apresentam maiores taxas de uso do transporte coletivo e que apresentam vizinhos que também possuem maiores taxas de uso dos transportes coletivos.

Essas áreas estão representadas no Mapa de Clusters (Figura 7) em vermelho, como padrão alto-alto (valores positivos, médias positivas) e estão localizadas nos municípios de Campinas (sudoeste), Hortolândia e Monte Mor.

Já as zonas localizadas nos extremos da região representam áreas menos densas e com pouco oferecimento de serviços de transporte coletivo. Representadas pelo cluster baixo-baixo (valores negativos, médias negativas) em azul, essas zonas estão localizadas nos municípios de Americana, Artur Nogueira, Campinas, Indaiatuba, Nova Odessa e Santa Barbara d'Oeste.

Com base na AEDE, nota-se que essas zonas utilizam pouco os serviços de transportes coletivos e estão rodeadas por regiões que também realizam poucas viagens em modos coletivos.

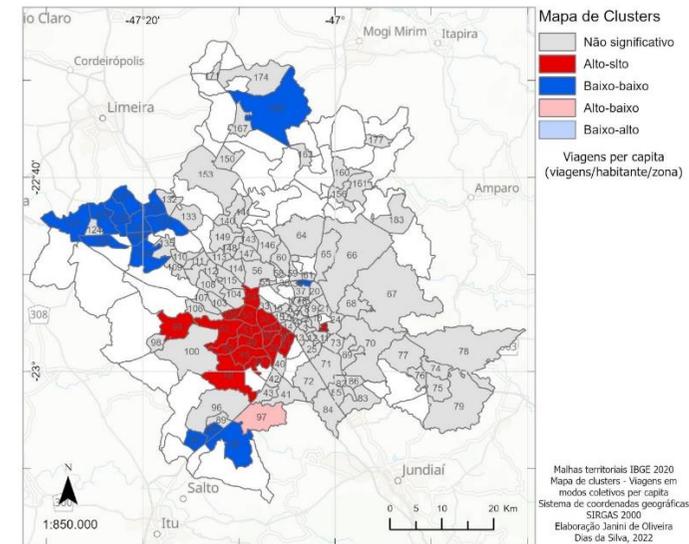


Figura 7. Mapa de Clusters de Viagens Coletivas per capita. Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Isso ocorre pois nestas áreas com menor densidade demográfica, a demanda de transporte público coletivo é menor, fazendo com que a população residente nestas áreas dependa ainda mais dos modos individuais para realizar seus deslocamentos diários.

A zona destacada em salmão, representa o cluster alto-baixo, ou seja, valores positivos e médias negativas, contrariando o padrão de associação espacial existente. Isso ocorre pois esta é uma região de assentamentos irregulares que se localiza próximo ao centro de Indaiatuba cujo padrão econômico apresenta uma média elevada (IBGE, 2021). Ou seja, é uma zona que apresenta uma média de viagens em modos coletivos maior de que as suas zonas vizinhas que utilizam mais os modos de deslocamento individual.

Esta análise é importante pois, a partir dela, pode-se desenvolver políticas públicas que auxiliem na busca por uma mobilidade mais sustentável tanto em escala local como em escala regional, de forma a promover o maior uso dos transportes coletivos nas zonas com baixo uso (agrupamentos azuis) e melhorando a experiência dos usuários das zonas com maior uso (agrupamentos vermelhos).

A partir do que foi exposto pelo Relatório do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado de 2018, os sistemas de transporte coletivo da Região Metropolitana de Campinas são considerados defasados e insatisfatórios. As linhas apresentam ineficiência e falta de integração intermunicipal (SÃO PAULO, 2018). Por isso, os resultados apresentados nesta análise se justificam, pois, a ausência de oferecimento de serviços de transporte coletivo é um dos principais fatores que influenciam a população a escolher os deslocamentos em modos individuais (BALBIM *et. al.*, 2016).

Considerando que a área da análise espacial possui 128 zonas de tráfego, foi importante utilizar indicadores de associação espacial local para identificar melhor os agrupamentos. O resultado da agregação se explica, principalmente, pelo fato de as zonas localizadas a sudoeste apresentarem uma média de uso de viagens em modos coletivos maior do que as demais regiões da cidade.

Conclusão

Com base nos resultados da distribuição espacial do indicador “viagens realizadas em modos coletivos”, foi possível verificar a autocorrelação espacial positiva (I de Moran =0,485, $p=0,001$), indicando a existência de associação espacial. Portanto, há semelhanças entre os valores dos indicadores de zonas mais próximas. As técnicas utilizadas mostraram-se úteis na identificação do nível de significância dos clusters “alto-alto” e “baixo-baixo”, bem como seus outliers.

O padrão “alto-alto” identificado nas zonas de tráfego em vermelho correspondem às áreas que mais utilizam os modos coletivos em seus deslocamentos. Essas áreas também correspondem às zonas onde reside a população com renda mais baixa da RMC, e que dependem dos serviços da cidade de Campinas.

E o padrão “baixo-baixo” identificado pelas zonas em azul, refere-se às zonas que menos utilizam os modos coletivos nos deslocamentos, e representam as zonas mais distantes do centro de Campinas, onde se localizam a maior parte dos serviços.

O *outlier* “alto-baixo” representado pela zona salmão, refere-se a uma zona residencial de baixa renda que utiliza os modos coletivos de deslocamento, mas que apresenta zonas vizinhas que utiliza pouco os modos coletivos.

Levando em consideração a configuração espacial e a importância da Região Metropolitana de Campinas, os serviços de transporte público coletivo não apresentam um bom aproveitamento em todo o território, sendo utilizado apenas por uma pequena parcela das zonas localizadas a sudoeste da RMC, no cluster “alto-alto” em vermelho.

Neste sentido, e com base nos resultados levantados, deve-se focar em políticas que incentivem o uso do transporte coletivo em todo território, investindo-se em qualidade, segurança e em um maior alcance dos serviços do transporte público, de forma a induzir que a maior parte da população escolha utilizar este modal, reduzindo assim, o número de automóveis nas vias urbanas.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 88887.621883/2021-00.

Referências

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Ed. Alínea, 2012. 498 p.
- BAENINGER, R. Região Metropolitana de Campinas: expansão e consolidação do urbano paulista. **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**, v. 1, p. 319-348, 2001.
- BALBIM, R. N. Org. **Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano**. Brasília: Ipea: ITDP, 2016.
- BOARETO, R. A Mobilidade Urbana Sustentável. **Revista Dos Transportes Públicos – ANTP** - v. 25, n. 100, p. 45-56, 2003.
- BRASIL. Lei nº. 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, 2015
- CAIADO, M. C. S. O padrão de urbanização brasileiro e a segregação espacial da população na Região de Campinas: o papel dos instrumentos de gestão urbana. In: **Encontro Nacional De Estudos Populacionais**, 11., 1998, Caxambu. Anais. Belo Horizonte: ABEP, 1998.

CAIADO, M. C. S.; PIRES, M. C. S. Campinas Metropolitana: Transformações Na Estrutura Urbana Atual e Desafios Futuros. Novas Metrôpoles Paulistas: População, Vulnerabilidade e Segregação. **Campinas: Nepo/Unicamp**, p. 275-304, 2006.

CARVALHO, C. H. R. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Texto para discussão, 2016.

COSTA, M. S. **Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável**. 274 f. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2008.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito – Sistema Nacional de Registro de Veículos – RENAVAM; Sistema Nacional de Estatística de Trânsito – Sinet. Ministério das Cidades.

GUDMUNDSSON, H. *et al.* **Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management**. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. 2021.

LITMAN, T. Sustainable transportation indicators: a recommended research program to define a standard set of indicators for sustainable transportation planning. **Transportation Research Board Annual Meeting**, 2008.

MAGAGNIN, R. C.; SILVA, A. N. R. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. **Rev. Transportes**, v. XVI, n. 1, p. 25-35, junho 2008.

MENDES, A. A. Condomínios industriais e empresariais no Brasil. A indústria automobilística e os novos espaços produtivos em Campinas (SP). **Finisterra**, v. 49, n. 97, 2014.

MONTEIRO, E. Z. *et al.* O estudo da morfologia urbana na Região Metropolitana de Campinas. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton O. **Estatística básica**. Saraiva Educação SA, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2015). **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

SANTOS, R. T. *et al.* Demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n.41, p. [79]-134, mar. 2015.

SANTOS JR, W. R.; PROENCA, A. D. A. A infraestrutura rodoviária e a urbanização regional contemporânea no território paulista: o caso do corredor urbano Campinas-Sorocaba, Brasil. **EURE (Santiago)**, Santiago, v. 46, n. 138, p. 235-256, maio, 2020.

SÃO PAULO. **Lei Complementar nº 870, de 19 de junho de 2000. Cria a Região Metropolitana de Campinas, o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Campinas e autoriza o Poder Executivo a instituir entidade autárquica, a constituir o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano da Região de Campinas, e dá providências correlatas**. São Paulo, Palácio dos Bandeirantes, 2000.

SÃO PAULO. **Lei Complementar nº 1234, de 13 de março de 2014. Integra na Região Metropolitana de Campinas o Município de Morungaba**. São Paulo, Palácio dos Bandeirantes, 2014.

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes Metropolitanos. **Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Campinas, São Paulo/SP**, abr. 2012

SÃO PAULO. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de Campinas**. PDUJ RMC. Estado. 2018

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade urbana: O que você precisa saber**. Editora Companhia das Letras, 2013.

VASCONCELLOS, E. A. Urban transport policies in Brazil: The creation of a discriminatory mobility system. **Journal Of Transport Geography**, v. 67, 2018.