



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"

Programa Interunidades

unesp 

Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

VICTOR LUAN CACIATORE DE SOUZA

**A DEFINIÇÃO DE REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS ATRAVÉS
DA ANÁLISE ESPACIAL MULTIVARIADA DE DADOS
RELACIONADOS À POPULAÇÃO, AO TRANSPORTE E À
ECONOMIA**

Bauru
2021



VICTOR LUAN CACIATORE DE SOUZA

**A DEFINIÇÃO DE REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS ATRAVÉS
DA ANÁLISE ESPACIAL MULTIVARIADA DE DADOS
RELACIONADOS À POPULAÇÃO, AO TRANSPORTE E À
ECONOMIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Faculdade de Engenharia, UNESP - Campus de Bauru, como parte dos quesitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Garcia
Manzato

Bauru
2021

Souza, Victor Luan Caciatore de.

A definição de Regiões Urbanas Homogêneas através da análise espacial multivariada de dados relacionados à população, ao transporte e à economia / Victor Luan Caciatore de Souza, 2021

80 f.: il.

Orientador: Gustavo Garcia Manzato

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2021

1. Regiões Urbanas Homogêneas. 2. Análise Exploratória de Dados Espaciais. 3. Estatística Espacial. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE VICTOR LUAN CACIATORE DE SOUZA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 30 dias do mês de agosto do ano de 2021, às 14:00 horas, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de VICTOR LUAN CACIATORE DE SOUZA, intitulada **A DEFINIÇÃO DE REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS ATRAVÉS DA ANÁLISE ESPACIAL MULTIVARIADA DE DADOS RELACIONADOS À POPULAÇÃO, AO TRANSPORTE E À ECONOMIA**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. GUSTAVO GARCIA MANZATO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental / FEB/UNESP/Bauru, Prof. Dr. ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Transportes / Escola de Engenharia de São Carlos / USP, Prof^a. Dr^a. RENATA CARDOSO MAGAGNIN (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/UNESP/Bauru. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. GUSTAVO GARCIA MANZATO

Dedico esta obra à minha avó
Neuza Cândida de Oliveira Souza.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Amarildo Aparecido de Souza e minha mãe Ivani Caciatore de Souza, por sempre me inspirarem e jamais pouparem esforços visando à continuidade dos meus estudos. Aos meus irmãos Bruno Caciatore de Souza e Gabriel Vinícius Caciatore de Souza pelo apoio e incentivo durante toda a vida. À minha companheira Maitê Rocha Silveira que se fez presente em cada nova aprendizagem e me suscita a evoluir continuamente.

A todos os professores com os quais pude aprender, em especial Márcia da Silva Castro por me apresentar o fascinante universo das ciências exatas durante o ensino fundamental, assim como fez Gustavo Garcia Manzato ao me orientar nas pesquisas de Iniciação Científica durante a graduação e me capacitar para a carreira acadêmica, vindo a ser também meu orientador no Mestrado. Ambos marcaram minhas escolhas e inspiraram meus rumos profissionais.

A todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação ao fazerem parte de grupos de estudos, apresentações de seminário, atividades avaliativas, entre outras.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), por toda vivência e aprendizado proporcionados - para além do conhecimento técnico - em seus projetos de extensão. Sobretudo ao departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Câmpus de Bauru pela excelente capacitação outorgada e pelo suporte e infraestrutura disponibilizados durante o curso.

À Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP), por me conceder apoio financeiro e fomentar meu conhecimento para atuação na educação à distância.

Resumo

O presente estudo analisou a distribuição espacial de dados visando à definição de Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs) no estado de São Paulo, Brasil. Para tanto, foram exploradas variáveis que, historicamente, possibilitam representar as dinâmicas populacionais humanas, a saber: população absoluta, densidade demográfica, PIB (Produto Interno Bruto), viagens pendulares e indicadores da oferta de infraestrutura rodoviária. Assim, formaram-se três grupos de dados - populacionais, econômicos e de transportes - que foram estudados por técnicas de geoprocessamento, a exemplo da análise exploratória de dados espaciais (*Exploratory Spatial Data Analysis - ESDA*). Desse modo, foi possível representar espacialmente os conjuntos de dados explorados, os quais deixaram evidente que as variáveis aqui utilizadas condizem com a representação de fenômenos inerentes à metropolização, com destaque para o PIB - quando fragmentado em agrícola e industrial -, por este conduzir a uma delimitação muito próxima à oficial. Através da aplicação de técnicas descritas nesse estudo, em conjunto com as variáveis nele exploradas, torna-se possível prever e monitorar o crescimento espacial urbano em uma determinada região.

Palavras-chave: Regiões Urbanas Homogêneas, Análise Exploratória de Dados Espaciais, Estatística Espacial.

Abstract

The present study analyzed the spatial distribution of data aiming the definition of Functional Urban Regions (FURs) in São Paulo state, Brazil. Therefore, variables that, historically, make it possible to represent human population dynamics were explored, namely: absolute population, demographic density, GDP (Gross Domestic Product), commuting and road infrastructure supply indicators. Thus, three different groups of data were formed - population, economic and transportation - which were spatially studied by geoprocessing techniques, such as the Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA). Thus, it was possible to spatially represent the data explored, which were identified as evident as the variables applied are consistent with the representation of factors inherent to metropolization, with emphasis on the GDP - when split into agricultural and industrial classes -, because it leads to a delimitation very close to the official. Through the application of techniques obtained in this study, along the variables explored in it, it become possible to predict and monitor the urban spatial growth in a given region.

Keywords: Functional Urban Regions, Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), Spatial Statistics.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de gráfico e mapa de espalhamento de Moran (Manzato, 2007).....	18
Figura 2 - Mapa do estado de São Paulo com a delimitação político-administrativa de seus municípios e a delimitação oficial das Regiões Urbanas Homogêneas.....	22
Figura 3 - Matriz gráfica obtida pelo processamento da análise exploratória de dados aplicada ao conjunto de dados numéricos pertencentes às variáveis exploradas no estudo.....	26
Figura 4 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Densidade Demográfica Municipal.....	28
Figura 5 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) per capita.....	28
Figura 6 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) Agrícola per capita.....	29
Figura 7 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) Industrial per capita.....	29
Figura 8 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Viagens Pendulares de Entrada.....	30
Figura 9 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Viagens Pendulares de Saída.....	30
Figura 10 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	31
Figura 11 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	35
Figura 12 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e PIBm Industrial per capita.....	35
Figura 13 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm Agrícola per capita.....	36

Figura 14 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm Industrial per capita...	36
Figura 15 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e PIBm Agrícola per capita.....	37
Figura 16 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Saída, obtendo Índice de Moran igual a 0,872.....	40
Figura 17 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Entrada, obtendo Índice de Moran igual a 0,780.....	40
Figura 18 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e População Absoluta Municipal, obtendo Índice de Moran igual a 0,746.....	41
Figura 19 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Saída, obtendo Índice de Moran igual a 0,630.....	41
Figura 20 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Viagens Pendulares de Entrada, obtendo Índice de Moran igual a 0,553.....	42
Figura A1 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e PIBm per capita.....	62
Figura A2 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária...	63
Figura A3 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm per capita.....	63
Figura A4 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e PIBm per capita.....	64
Figura A5 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Viagens Pendulares de Saída.....	64
Figura A6 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e PIBm Industrial per capita.....	65
Figura A7 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e PIBm Agrícola per capita.....	65

Figura A8 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Viagens Pendulares de Entrada.....	66
Figura A9 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	66
Figura A10 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Saída.....	67
Figura A11 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Entrada.....	67
Figura A12 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Viagens Pendulares de Saída.....	68
Figura A13 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm Agrícola per capita.....	68
Figura A14 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	69
Figura A15 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Densidade Demográfica Municipal.....	69
Figura A16 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Viagens Pendulares de Entrada.....	70
Figura A17 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm Industrial per capita.....	70
Figura A18 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Densidade Demográfica Municipal.....	71
Figura A19 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm per capita.....	71
Figura A20 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm Agrícola per capita.....	72
Figura A21 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	72

Figura A22 - <i>Box Map</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária.....	73
Figura A23 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm Agrícola per capita.....	73
Figura A24 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Viagens Pendulares de Entrada.....	74
Figura A25 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Densidade Demográfica Municipal.....	74
Figura A26 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm Industrial per capita.....	75
Figura A27 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Densidade Demográfica Municipal.....	75
Figura A28 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Saída.....	76
Figura A29 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm Industrial per capita.....	76
Figura A30 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Viagens Pendulares de Saída.....	77
Figura A31 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm per capita.....	77
Figura A32 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Entrada.....	78
Figura A33 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm per capita.....	78
Figura A34 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Viagens Pendulares de Entrada.....	79
Figura A35 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Viagens Pendulares de Saída.....	79
Figura A36 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Densidade Demográfica Municipal.....	80
Figura A37 - <i>Box Maps</i> obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Densidade Demográfica Municipal.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de municípios classificados como HH localizados dentro da delimitação oficial de Regiões Urbanas Homogêneas.....	33
Tabela 2 - Valores do Índice de Moran obtidos na aplicação da técnica ESDA multivariada.....	38
Tabela 3 – Combinações bivariadas com os maiores valores percentuais de municípios classificados como “Q1”(HH) dentro das RUHs oficiais e seus valores de Índice de Moran.....	43
Tabela 4 – Índices de Moran Univariados.....	43

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE DE TABELAS.....	VII
SUMÁRIO.....	VIII
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	1
1.2 OBJETIVO.....	2
1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 O SURGIMENTO DAS REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS	3
2.2 A DEFINIÇÃO DE REGIÕES URBANAS HOMOGÊNEAS	5
2.3 VARIÁVEIS ECONÔMICAS.....	12
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
3 MATERIAIS E MÉTODO.....	16
3.1 TÉCNICAS EXPLORADAS	16
3.1.1 <i>ESDA Univariada</i>	16
3.1.2 <i>ESDA Multivariada</i>	18
3.2 ESTUDO DE CASO.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 APLICAÇÃO DA TÉCNICA ESDA UNIVARIADA.....	27
4.2 APLICAÇÃO DA TÉCNICA ESDA MULTIVARIADA	32
4.2.1 <i>Semelhança com a Definição das RUHs oficiais</i>	33
4.2.2 <i>Avaliação do Índice de Moran</i>	38
5 CONCLUSÕES	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
7 APÊNDICES	62
7.1 <i>BOX MAPS</i> REFERENTES ÀS COMBINAÇÕES MULTIVARIADAS NÃO SELECIONADAS NOS RESULTADOS. 62	

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.1 Contextualização do tema

Com a finalidade de compreender fenômenos inerentes ao ambiente urbano, diversos autores têm procurado meios de promover uma delimitação espacial da malha urbanizada existente (RODRIGUES DA SILVA; PEREIRA; MANZATO, 2014; ARELLANO RIOS, 2015; SOUZA *et al.*, 2019; QIAN *et al.*, 2020; CAO *et al.*, 2020). Esse procedimento é útil, por exemplo, no monitoramento do crescimento urbano, e pode ser obtido com o auxílio de ferramentas digitais.

Dessa forma, a análise espacial de dados emerge como uma potencial técnica em se tratando da delimitação do ambiente urbano. Entretanto, o êxito desta técnica está intimamente ligado à qualidade dos dados utilizados (*inputs*), sendo exatamente este o fator de maior influência na definição de Regiões Urbanas Homogêneas. A busca, então, por variáveis que sejam de fácil acesso e que tenham capacidade de representar o fenômeno da urbanização torna-se a essência desta pesquisa.

A partir disso e buscando variáveis relacionadas à atual definição de RUHs, inicia-se uma investigação a respeito da formação destes ambientes. Observa-se, a priori, que os espaços rurais e urbanos apresentam origens, concepções e funções diferentes entre si, o que lhes confere características únicas perante a sociedade. No ambiente urbanizado, por exemplo, é possível encontrar maior contingente populacional por unidade de área quando comparado ao ambiente rural. Esse fato foi explorado por variados estudos, os quais indicam o uso da densidade demográfica como uma potencial variável para a definição de regiões intensamente urbanizadas (OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET, 1998; ONU, 2019).

Entretanto, para promover uma delimitação mais refinada, é de extrema importância que os dados de densidade demográfica sejam explorados em conjunto com outras variáveis relacionadas ao fenômeno de concentração populacional urbana. Nesse

sentido, uma segunda coleção de dados mostra-se promissora na delimitação dos espaços urbanizados, a qual é composta por informações econômicas e de transportes (AYUDA; COLLANTES; PINILLA, 2010; RODRIGUES DA SILVA; PEREIRA; MANZATO, 2011; HE; MAO, 2016; KRALICH, 2016; HAN; GOETZ, 2019).

Nesse sentido, a análise de dados relacionados ao transporte apresenta o potencial de indicar quais espaços físicos possuem maiores fluxos de pessoas. Isso configura um indicativo de concentração populacional e pode ser observado, por exemplo, em dados relacionados a viagens pendulares (DIAS; MANZATO; RODRIGUES DA SILVA, 2014; YAN *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2020; AGUIAR; MANZATO; RODRIGUES DA SILVA, 2020). No âmbito econômico, por sua vez, os dados referentes ao Produto Interno Bruto (PIB) indicam regiões com intensa atividade comercial (QI; YU; DONG, 2013; GAO *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2019). Assim, ao subdividir-se o PIB em Agrícola e Industrial, torna-se possível ilustrar quais regiões apresentam maior expressão de atividades estritamente rurais e quais indicam intensa prática industrial, o que ocorre majoritariamente no ambiente urbano.

Em vista disso, a presente pesquisa evidencia a aplicação de técnicas de geoprocessamento como meios de promover uma análise espacial inédita do conjunto de dados supracitados, tomando como foco a definição de Regiões Urbanas Homogêneas.

1.2 Objetivo

O presente estudo tem como objetivo definir regiões intensamente urbanizadas através da análise espacial multivariada de dados relacionados à população, à economia e ao transporte, sendo eles: densidade populacional, população absoluta, Produto Interno Bruto (PIB), viagens pendulares e indicador de oferta de infraestrutura rodoviária.

1.3 Estrutura do documento

Neste primeiro capítulo foi exposta uma visão ampla do estudo. No capítulo 2 serão revisados os trabalhos que dão embasamento teórico às discussões acerca do objetivo proposto. Em seguida, o capítulo 3 demonstrará os aspectos técnicos por meio dos quais foi possível desenvolver esta pesquisa. Assim, no capítulo 4 é possível observar e discutir os resultados, chegando-se a algumas conclusões no capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O surgimento das Regiões Urbanas Homogêneas

A busca por qualidade de vida é um dos principais fatores que estimulam os movimentos populacionais. Entretanto, cada vez mais pessoas migram para as regiões urbanizadas e, devido a diversos fatores (a exemplo do custo da terra), acabam se instalando em áreas periféricas. Entretanto, a periferização e consequente expansão da malha urbana não ocorrem somente em função da população de baixo poder aquisitivo, visto que, de acordo com Cunha e Miglioranza (2006), existe um segundo padrão de periferização no qual pessoas de alta renda se direcionam para áreas distantes de centros urbanos à procura de condições que aumentem sua qualidade de vida, a exemplo da diminuição do estresse. Royuela (2011) confirma essa relação e conclui que, para uma região atrair pessoas através do incremento na qualidade de vida, é muito importante que ela ofereça aumento na acessibilidade de serviços, melhorando sua estrutura econômica.

Nesse sentido, Partridge *et al.* (2012) citam um rol de motivos que fazem famílias migrarem em busca de incrementarem seus benefícios diários, os quais devem assegurar melhorias em comparação às condições anteriores à migração. Em vista disso, o espaço urbanizado é vislumbrado como um ambiente integrado por recursos e infraestrutura, como água potável, energia elétrica, vias pavimentadas, coleta de lixo e coleta de esgoto, além de possibilitar fácil acesso a uma grande variedade de produtos, serviços e alimentos. Esses fatores incentivam o aumento da população nas regiões urbanizadas, além de, segundo Royuela (2011), incrementarem a qualidade de vida da população vizinha (periférica) a esses espaços, ao passo que oferecem elementos como o acesso aos serviços de saneamento e saúde, condições de alimentação saudável e de qualidade, momentos de lazer e recreação, oportunidade de abrigo, emprego e estudos, entre outros. Portanto, o espaço

urbanizado concentra uma série de benefícios dentre os mais importantes para agregar qualidade de vida em uma população.

Outro fato importante acerca de ambientes urbanizados é que, até o início do século XIX, os limites das regiões urbanizadas eram evidentes. Taubenböck e Wurm (2015) indicam que muitos dos centros urbanos eram circundados por muralhas. Contudo, devido ao elevado crescimento populacional no século XX, esses centros passaram por intensa expansão (UNITED NATIONS, 2014) e continuam crescendo de forma desordenada até os dias atuais, de maneira a impossibilitar uma demarcação física de seus limites.

É necessário observar que a urbanização efetivou-se de maneira mais intensa após o início da industrialização, a qual, segundo Lefebvre (1974), é apenas uma etapa da urbanização - uma ferramenta para que esta se desenvolva. Assim, a industrialização representa um fator chave para a concentração populacional, que por sua vez exige maior infraestrutura urbana básica e, dada a presença desta, é estimulada a continuar crescendo e alcançando patamares mais complexos de necessidades.

Dessa maneira, o resultado do crescimento populacional urbano, seja pelo aumento na taxa de natalidade ou pela intensa migração de pessoas para as cidades, garantiu a formação de regiões intensamente urbanizadas. Para Kuznets (1955), estava-se formando um ambiente mais dinâmico e com retorno econômico elevado quando comparado ao ambiente ruralizado, entretanto pode-se observar o surgimento de alguns problemas, como a maior desigualdade na distribuição de renda, acompanhada de outros novos fenômenos inerentes ao espaço urbanizado, como a fome.

Junto ao processo de intensificação da urbanização surgem novos elementos que visam melhorar a vida urbana. Um destes é a exploração de alta tecnologia e de criatividade, que segundo Gilbert (2017) se apresenta em oposição aos processos industriais de manufatura. Outro elemento seria, para Giblin e Ryan (2012), a necessidade das indústrias estarem localizadas na proximidade de pontos de disseminação do conhecimento, os quais estão majoritariamente nos ambientes urbanos, a exemplo das universidades.

Ao passo que novas atividades econômicas surgem nos centros urbanos, ocorre a densificação das regiões urbanizadas. Essas novas atividades estão, muitas vezes, ligadas aos serviços necessários para que as grandes indústrias possam operar, criando uma

subcamada prestadora de serviços. Dessa forma, aumenta-se a quantidade de pessoas que habitam as regiões urbanizadas, provocando ainda maior densificação através do aumento do contingente de trabalhadores, os quais, por sua vez, necessitam de moradia e infraestrutura básica. Nesse sentido, o surgimento de Regiões Urbanas Homogêneas seria, segundo Marx e Engel (2010), um reflexo da sociedade moderna que coloca tudo em função do capitalismo, sob a óptica da intensa industrialização que transforma o conhecimento em tecnologia e assim impulsiona o crescimento da zona urbana.

2.2 A Definição de Regiões Urbanas Homogêneas

Para entender os padrões de ocupação e ordenação de um território, os espaços geográficos são divididos em regiões de acordo com suas respectivas funções na sociedade. Assim surge o conceito de Regiões Funcionais, o qual se assimila ao de Áreas Laboratoriais proposto por La Blache (1954), de modo que - em um ambiente urbano - as Áreas Funcionais refletem os espaços naturais modificados pela sociedade em função da economia (GAO; JANOWICZ; COUCLELIS, 2017), de forma a desenvolver características particulares em relação à forma de trabalho, alimentação, lazer, e demais atividades humanas.

Ainda sobre a setorização espacial de atividades, Yuan *et al.* (2015) definem um espaço funcional como resultado da agregação de diversos elementos geográficos, os quais estão relacionados com o uso do solo. Em vista disso, Klapka, Halas e Tonev (2013) falam sobre a concepção e os tipos de regiões funcionais, cujos conceitos podem se estender à agricultura, comércio ou qualquer outra atividade que se desenvolva em um espaço físico e que seja passível de análise na dimensão temporal. Contudo, no presente estudo será abordado o viés urbano das regiões funcionais.

Logo, além da existência de espaços com determinadas funções sociais e econômicas, pode-se também classificar cidades inteiras quanto aos seus desempenhos funcionais. Segundo Craig, Kohlhase e Perdue (2016), tal fato está relacionado à posição ocupada pelas cidades no sistema urbano quando observado um conjunto de municípios. Existem cidades que desempenham, majoritariamente, atividades agrícolas, outras demonstram sua força socioeconômica no comércio ou no turismo, podendo ainda haver

um *mix* de atividades, o que permite analisar a dinâmica populacional dos espaços através de diversas variáveis.

Dentre os diferentes espaços geográficos, as regiões urbanizadas são as que oferecem maior diversidade de dados para estudos demográficos. Van Der Heijde (2012), por exemplo, analisou a estrutura de novos centros urbanos na Holanda e observou que as características funcionais destes estão relacionadas ao tipo de área em que são construídos, como centros distritais, aldeias, novas cidades, áreas de transição ou áreas universitárias, o que deixou evidente o fato de grandes regiões urbanizadas possuírem maior quantidade de centros funcionais, que por sua vez oferecem elevada multiplicidade de dados.

Frente à abundância de informações inerentes ao espaço urbanizado, Chen *et al.* (2017) delimitaram as áreas funcionais urbanas através do uso de dados provenientes de mídias sociais em edifícios, enquanto Guastella e Pareglio (2017) estudaram se a morfologia, ou seja, a estrutura espacial urbana, influencia nos padrões de uso do solo. O fato é que, dependendo do tipo de dado analisado, a definição das regiões funcionais em um espaço urbanizado pode alcançar níveis mais concretos e ser usada como ferramenta para diversos fins, como demonstra Drobne (2017) ao citar seu uso em análises administrativas e estatísticas do ambiente urbano, além desta facilitar o planejamento de áreas urbanizadas, como indicam Deep e Saklani (2014) ao afirmarem que a expansão urbana deve ser monitorada na tentativa de se projetar um habitat urbano sustentável.

Dessa forma, Regiões Urbanas Homogêneas (RUHs), do inglês Functional Urban Regions (FURs), são espaços geográficos intensamente urbanizados. Nestes ocorre acentuada atividade humana, a exemplo dos movimentos pendulares e da oferta de empregos abundante e diversificada. Kauffmann (2012) e Williams, Foord e Mooney (2012) argumentam que a conceituação das RUHs tem sido baseada, geralmente, em relações funcionais entre os municípios, a exemplo dos fluxos de pessoas e de bens. Entretanto, não existe uma definição universal que possa descrever este fenômeno de forma única, o que permite uma interpretação nebulosa e até mesmo distorcida em alguns países.

Na Europa, por exemplo, as Regiões Urbanas Homogêneas, também conhecidas como Áreas Urbanas Funcionais (Functional Urban Areas), são aquelas constituídas por, no mínimo, uma área urbanizada principal que ofereça 20.000 empregos ou mais, em

conjunto com uma área adjacente classificada como NUTS3 (do inglês *Nomenclature of Units for Territorial Statistics*, um tipo de classificação hierárquica dos limites administrativos da União Européia, desenvolvida pelo instituto de estatística europeu, o Eurostat), de onde observa-se um fluxo maior em direção à área principal do que para qualquer outra (CHESHIRE; HAY, 1989). A OECD (2016) (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), em conjunto com a União Europeia, desenvolveu o conceito de Unidades Econômicas Funcionais com a finalidade de obter uma definição unificada de áreas urbanas. Este método de definição de região urbanizada também se apoia na distribuição populacional, assim como nos dados de deslocamentos.

Nos Estados Unidos da América, o conceito de regiões intensamente urbanizadas recebe o nome de MSA (*Metropolitan Statistical Area*). Neste país, a delimitação de RUHs é atribuída a uma área urbana com mais de 50.000 habitantes, para onde se direcionam, no mínimo, 25% das viagens pendulares feitas por trabalhadores que residem em uma área vizinha (*Office of Management and Budget*, 2010).

No Brasil, apesar de a Constituição Federal de 1988 prever a existência de RUHs, ela não estabelece parâmetros de mensuração para este fenômeno urbano. Portanto, fica à circunspeção dos Estados pré-estabelecerem critérios que definam suas regiões intensamente urbanizadas. Assim, Moura e Carvalho (2012) afirmam existir no Brasil um elevado número de supostas RUHs que, na realidade, não apresentam dinâmicas populacionais proeminentes, mas que são estabelecidas por interesses políticos, os quais visam à arrecadação de recursos federais para a manutenção das supostas áreas intensamente ocupadas pela população.

Portanto, frente à inexistência de critérios universais para a definição de RUHs, buscam-se maneiras de delimitar essas áreas a fim de compreender suas dinâmicas internas e seus subprodutos. Para tanto, promove-se a incessante busca por variáveis, sobretudo quantitativas, que permitam a verdadeira delimitação dos espaços intensamente urbanizados. Tais variáveis devem, inicialmente, indicar de forma indubitável a divisão entre espaço rural e urbano, para em seguida identificar, comparativamente, regiões mais urbanizadas frente às demais. Assim, podem-se idealizar diversos dados que sejam pertinentes aos fenômenos de ocupação e expansão urbana. Para tanto, a etapa seguinte consiste na obtenção destes dados, o que não é uma tarefa fácil.

Dentre os dados já explorados, pode-se citar o uso daqueles provenientes do sensoriamento remoto, mais especificamente as imagens de satélite, como fizeram Weber (2001), Huang, Lu e Zhang (2014), Niemeyer, Rottensteiner e Soergel (2014), Sahoo e Pekkat (2014), Souza e Manzato (2017) e Qian *et al.* (2020). Entretanto, essa abordagem não considera os motivos que estão promovendo a expansão urbana, apenas aponta em qual direção ela poderia suceder, como demonstram Cao *et al.* (2020). De forma semelhante, apresenta-se a aplicação de métricas espaciais explorada por Bereitschaft e Debbage (2014), as quais permitem analisar a forma e a morfologia do espaço urbano.

Gao *et al.* (2014), por sua vez, buscaram descrever padrões urbanos funcionais através da análise de paisagens, visando assim obter os arquétipos urbanos multifuncionais que pudessem subsidiar políticas públicas para a gestão do espaço urbano. Relações político-administrativas também foram estudadas (ARELLANO RIOS, 2014a, 2014b, 2015) buscando-se discernir uma região intensamente urbanizada, assim como a observância da distribuição de empregos, promovida por Combes e Overman (2004). Entretanto, conforme indicam Rodrigues da Silva, Costa, Macedo (2008), as interações decorrentes dos espaços urbanizados são uma consequência das relações espaciais, econômicas, políticas, sociais e demográficas existentes nessas RUHs.

Assim observa-se que, dentre inúmeras variáveis populacionais existentes, a quantidade de habitantes de um determinado espaço geográfico diz muito a respeito de si. A obtenção deste dado permite inferir algumas premissas sobre o ambiente que o contém, a exemplo de sua demanda hídrica, energética e de infraestruturas. Dessa maneira, implementar o uso desta variável para determinar fenômenos de concentração populacional - a exemplo do que ocorre nas RUHs - faz-se plausível.

No entanto, o número bruto do contingente populacional, sozinho, não indica a intensidade de ocupação de um determinado espaço. A exemplo, dez pessoas podem habitar uma área de cem metros quadrados ou se distribuir em uma região tão grande quanto possa se imaginar, o que torna evidente que na primeira situação teríamos uma concentração populacional maior por metro quadrado. Em vista disso, uma importante variável, denominada “densidade demográfica”, é obtida pela razão entre o contingente populacional e o respectivo valor da área que este ocupa.

Dessa forma, regiões intensamente urbanizadas apresentam valores superiores de densidade demográfica quando comparadas, por exemplo, às regiões rurais. Isso ocorre porque, comparativamente, as regiões urbanizadas detêm maior contingente populacional por unidade de área. Por esse motivo, diversos autores indicam a aplicação da referida

variável na definição de RUHs, como verifica-se nas obras de Ramos e Rodrigues da Silva (2003a, 2003b e 2007), Ramos, Rodrigues da Silva e Miranda (2004), Manzato, Baria e Rodrigues da Silva (2007), Rodrigues da Silva, Pereira e Manzato (2011), entre outras citadas a seguir.

Santos, Manzato e Rodrigues da Silva (2014) procuram diferenciar, por meio dos valores de densidade demográfica, áreas urbanas e áreas rurais para a delimitação de regiões efetivamente urbanizadas. Souza e Manzato (2017) observaram a mesma variável, porém aplicada em setores censitários, obtendo resultados satisfatórios ao definirem as regiões urbanizadas do estado de São Paulo, Brasil.

Ainda, buscando investigar dados populacionais sob uma perspectiva espacial, Liu *et al.* (2020) fazem uso de informações provenientes de telefones celulares para analisar a densidade populacional de regiões geográficas. Entretanto, neste e nos demais estudos citados, os quais exploram a variável densidade demográfica como indicador de concentração populacional, encontra-se o que Jargowsky (2005) chama de falácia ecológica. Este termo se refere ao fato do cálculo da densidade demográfica não contemplar os diferentes padrões de ocupação do solo dentro de um dado espaço. Assim, uma área que tenha regiões de intensa urbanização, mas também outras de baixa atividade demográfica, pode acabar não sendo identificada como RUH ao analisar-se, unicamente, seu valor de densidade populacional. Isto ocorre pelo fato do cálculo da densidade demográfica representar um valor médio do contingente populacional por unidade de área, sendo que a população, via de regra, não está distribuída uniformemente na área que a contém.

Outra observação deve ser feita a respeito de áreas que apresentam diminuição em sua densidade demográfica com o passar do tempo, sendo este um fenômeno incomum nas regiões intensamente urbanizadas, como demonstram Schmidt, Fina e Siedentop (2015) ao estudarem regiões metropolitanas em países europeus. Portanto, é de extrema importância que a variável densidade demográfica seja explorada em conjunto com outros dados relacionados aos fenômenos de concentração populacional urbana, a exemplo das variáveis de transportes.

Nesse sentido, uma consistente linha de pesquisa tem se mostrado promissora em definir RUHs. Na ausência de dados relacionados aos fluxos populacionais, Ramos e Rodrigues da Silva (2003a e 2003b) decidiram iniciar um estudo com dados de densidade demográfica, analisados através da estatística espacial e, mais tarde, pela modelagem

espacial. Manzato e Rodrigues da Silva (2006), por sua vez, incluíram nesses estudos os dados relacionados à oferta de infraestrutura rodoviária, visto que tais informações configuram indicativos de fluxos populacionais. Assim, Manzato e Rodrigues da Silva (2010) exploraram a variável densidade demográfica através da estatística espacial e da modelagem espacial, em conjunto com dados de infraestrutura rodoviária.

Inicialmente observa-se que, para diminuir o tempo de viagem entre duas localidades, assim como o esforço empenhado em percorrê-las, surgiram diferentes meios de transporte. Por esta ser uma tecnologia concebida em função da movimentação de pessoas - e também de bens -, informações demográficas podem ser extraídas e exploradas em múltiplos estudos que envolvam dinâmicas do contingente populacional. Han e Goetz (2019) indicam que, ao longo do último século, as áreas urbanas têm se expandido nos Estados Unidos por se beneficiarem, dentre outros aspectos, do desenvolvimento dos sistemas de transportes. No mesmo aspecto, Rodrigues da Silva, Pereira e Manzato (2011) indicam que esse tipo de infraestrutura é responsável por integrar fisicamente as cidades, possibilitando a troca de bens e serviços, além desta motivar o uso e ocupação do solo, como apontam Lemos, Santos e Portugal (2004 e 2005). Nesse contexto, uma importante afirmação foi feita por Baum-Snow (2010), segundo o qual os sistemas de transportes, além de facilitarem os movimentos interlocais, funcionam como agentes propulsores nos processos de ocupação do território.

Assim, pode-se compreender a concentração populacional observando-se aspectos relacionados os meios de transportes (KRALICH, 2016), tanto públicos quanto particulares, iniciando-se pelos bondes e ferrovias que, no século XX, foram acometidos pela ascensão dos veículos automotores, os quais têm se mostrado mais presentes na contemporaneidade frente crescentes concentrações demográficas e em meio ao padrão de consumo global. Outra constatação acerca deste assunto é obtida, mais recentemente, ao analisar habitações distribuídas ao longo de linhas de metrô em cidades da China, de forma que Yan *et al.* (2020) apontam o fato de jovens habitarem, majoritariamente, a vizinhança destes locais, o que sugere que os meios de transporte configuram um fator importante na escolha do local de residência.

A força com a qual os sistemas de transportes indicam a ocupação espacial permite que seus dados sejam utilizados na definição de RUHs. Desse modo, a oferta de infraestrutura de transportes foi analisada por Manzato e Rodrigues da Silva (2006, 2007 e 2010), Pereira e Rodrigues da Silva (2010), Ajauskas, Manzato e Rodrigues da Silva

(2012 e 2013), Rodrigues da Silva, Pereira e Manzato (2014), entre outros autores que indicaram seu uso na delimitação de espaços urbanizados. Matioli, Oliveira Junior e Manzato (2016) empregaram, mais especificamente, dados da infraestrutura rodoviária para melhorar a delimitação de regiões urbanas altamente ocupadas, visto que quanto mais acentuadas as interações humanas em um espaço geográfico, maior é a demanda por esse tipo de infraestrutura. De modo semelhante, ao simular o aumento na infraestrutura de rodovias, Tomita e Manzato (2017) evidenciaram a inter-relação destas com o fenômeno de concentração populacional, uma vez que os municípios localizados próximos a este sistema de serviços tiveram alteração positiva em sua densidade populacional.

Aprofundando os estudos para além da existência dos sistemas de transportes nos espaços geográficos e sua correlação com os processos de urbanização, Manzato e Rodrigues da Silva (2006) começaram incorporando um indicador de oferta de infraestrutura de transportes, combinado com dados populacionais, para obter a definição de RUHs. Mais recentemente, Dias, Manzato e Rodrigues da Silva (2014) propuseram um novo indicador de oferta de infraestrutura rodoviária, o qual considera não somente a presença, mas também a capacidade destas vias de transporte, visando analisar a sua relação com o processo de metropolização. Para tanto, a extensão das vias e a quantidade de faixas para tráfego são fatores preponderante na composição do referido indicador, não sendo considerados aspectos qualitativos.

Além de dados relacionados à infraestrutura de transportes, informações acerca do fluxo de viagens interlocais são amplamente exploradas, como indicam Cunha (2005) ao afirmarem que migrações intra-regional, inter-regional, pendular e sazonal são cada vez mais reconhecidas. Liu *et al.* (2020), por exemplo, exploram dados das trajetórias de táxis para delimitar as regiões intensamente urbanizadas. Para o mesmo fim, Castello Branco, Pereira e Nadalin (2013) desenvolveram uma metodologia baseada na distribuição espacial da população e nos fluxos de deslocamento. Para Han e Goetz (2019), que se basearam no fluxo de viagens para estudar a hierarquia comercial das regiões urbanas, tais dados são importantes para entender as condições e os processos de crescimento econômico, os quais sabidamente levam ao crescimento e à concentração populacional.

Kralich (2016) analisaram os fluxos de pessoas em Buenos Aires a partir de informações provenientes do transporte público, indicando que dados de migrações cotidianas são favoráveis à definição as RUH, assim como evidenciaram Aguiar, Manzato e Rodrigues da Silva (2017) em seu estudo feito sobre o estado de São Paulo, no Brasil. Em seguida, Aguiar, Manzato e Rodrigues da Silva (2020) exploraram viagens pendulares

em conjunto com valores de população absoluta e densidade demográfica, indicando resultados promissores para a definição de Regiões Urbanas Homogêneas.

2.3 Variáveis Econômicas

Dados econômicos podem ser utilizados para descrever fenômenos de concentração populacional por estarem intimamente relacionados aos aspectos que motivaram a conurbação urbana. Para Findlay e O'Rourke (2007), assim como para Henderson e Venables (2009), os níveis de urbanização estiveram, desde o século XVII, estritamente associados aos níveis de industrialização de uma nação e, conseqüentemente, aos seus respectivos marcos de riquezas. Dessa forma, segundo esses autores, a prosperidade do comércio promove um incremento econômico que, por sua vez, leva ao crescimento da urbanização, sendo este um fenômeno válido também no sentido inverso, onde a diminuição do crescimento econômico leva à diminuição do crescimento populacional urbano. Assim, McCann e Acs (2011) indicam que o processo de industrialização e de urbanização estão completamente relacionados com o crescimento econômico e com o comércio.

Ao estudarem a dinâmica populacional e o desenvolvimento regional na China, He e Mao (2016) mostram que, de fato, o desenvolvimento econômico é capaz de atrair mais populações. Neste mesmo sentido, Ayuda, Collantes e Pinilla (2010) indicam que retornos econômicos crescentes podem estimular ainda mais a aglomeração da população e das atividades econômicas.

O comportamento humano inerente a este fenômeno está associado à busca por qualidade de vida. Assim, pode-se interpretar os movimentos migratórios humanos - em direção aos centros urbanos - sob a perspectiva da teoria de Sen (2001), segundo a qual o aumento nas liberdades individuais implica no desenvolvimento humano. Por liberdades individuais subentende-se o poder de escolha de um indivíduo, o que no cenário capitalista é factível, muitas vezes, através do fator renda, visto que o desenvolvimento econômico de uma nação remete a melhores condições monetárias para aqueles que a compõem, elevando seu poder de escolha.

Dessa forma, o uso de variáveis socioeconômicas evidencia como processos de cunho social se relacionam com as atividades econômicas. Portanto, com olhares voltados à dinâmica de acúmulo de capital, como fez Piketty (2014), pode ser possível entender e, assim, delimitar regiões intensamente urbanizadas. Um exemplo seria a transformação de

solos agrícolas em solos urbanos, que segundo Abrantes *et al.* (2013) foi estimulada pelo governo nas regiões metropolitanas de Lisboa durante anos, mas que agora resulta na diminuição da produção agrícola e põe em risco a sustentabilidade da agricultura na região.

Nesse sentido, uma variável socioeconômica de alta representatividade é o Produto Interno Bruto (PIB). Gao *et al.* (2014) indicam que, desde 1978, a China tem passado por um rápido crescimento urbano, o qual foi acompanhado - até 2004 - pelo crescimento anual de aproximadamente 15,9% na taxa média de seu PIB, permitindo-a alcançar um elevado desenvolvimento econômico. Um outro uso do PIB foi promovido por Qi, Yu e Dong (2013), que exploraram a referida variável por metro quadrado visando indicar a eficiência do uso do solo nos espaços geográficos. Ainda, buscando delimitar RUHs, Souza *et al.* (2019) fizeram uso do PIB de municípios junto ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) destes, o que se mostrou promissor apesar de estudos que argumentam sobre os aspectos não abordados por estes índices (VAN DEN BERGH, 2009; ZORONDO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014), colocando em evidência a relevância e os efeitos do uso destes no tocante ao desenvolvimento humano (SCHNEIDER; KALLIS; MARTINEZ-ALIER, 2010; MARTÍNEZ-ALIER *et al.*, 2010; VAN DEN BERGH, 2011).

Além do Produto Interno Bruto, diversos outros dados econômicos são utilizados nos estudos sobre concentração populacional. Ferguson *et al.* (2007), Royuela, Moreno e Vaya (2010) e Scott (2010) discorrem sobre a relação entre o crescimento populacional e os valores de salário e renda. Lutz (2001) e Portnov (2004) buscam entender a dinâmica de concentração populacional através da quantificação de oportunidades de postos de trabalho. Ferguson *et al.* (2007) e Scott (2010) exploraram também os setores industriais urbanos e suas atividades econômicas. A parcela da população com maiores níveis de educação também foi observada, com o mesmo propósito, por Partridge *et al.* (2007 e 2008), Cheshire e Magrini (2009) e Royuela, Moreno e Vaya (2010). Dessa forma, fica evidente que outras variáveis inerentes ao ambiente urbano e relacionadas ao desenvolvimento econômico podem ser exploradas, o que não as confere facilidade de obtenção. Por esse motivo, o PIB configura o dado econômico mais amplamente disponível para análises populacionais.

Por fim, os investimentos em infraestrutura são os principais fatores propulsores do desenvolvimento econômico em uma região, especialmente quando voltados aos setores de telecomunicações, energia e, principalmente, de transportes, como indicam Bertolussi e Ellery Junior (2012), Suprani (2012), Castro (2014) e Campos Neto (2016). Esse fato

corroborar o objetivo deste estudo ao correlacionar as variáveis populacionais e socioeconômicas com aquelas indicadoras de fluxo populacional.

2.4 Considerações Finais

Um conjunto de dados pode oferecer a perspectiva simplória de seus aspectos quantitativos, mas também apresentar a dimensão espacial de sua ocorrência. A exemplo, o valor bruto do contingente populacional de uma cidade pode ser utilizado para o cálculo da energia elétrica necessária para suprir sua demanda, mas somente o conhecimento dos espaços ocupados por essa população tornará possível projetar esta infraestrutura e garantir energia a todos. Portanto, analisar a forma como os dados quantitativos estão distribuídos sobre um território é de extrema importância para o planejamento de uma cidade, sobretudo em suas regiões urbanizadas.

A ciência denominada como geoprocessamento é responsável por permitir o estudo da distribuição espacial de dados relativos a uma determinada variável. Para tanto, tais informações são acompanhadas por coordenadas geográficas, as quais possibilitam sua representação espacial e, ao comporem um banco de dados, viabilizam análises complexas por ferramentas de SIG (Sistemas de Informação Geográfica).

Algumas técnicas de análise de dados foram desenvolvidas para auxiliarem nos estudos que fazem uso de informações distribuídas espacialmente, a exemplo da estatística espacial, a qual se resume à aplicação de conceitos estatísticos sob a perspectiva espaço-temporal. Assim, com o apoio da tecnologia da informação, a referida técnica permite representar visualmente o fenômeno a ser estudado e oportuniza sua análise.

Nesse sentido, para Massabki *et al.* (2017) a utilização de geotecnologias, junto a técnicas de análise espacial, auxilia no monitoramento da expansão urbana e pode respaldar as decisões tomadas por agentes de gestão. Outro uso para as técnicas de análise espacial pode ser observado em estudos que dizem respeito à concentração populacional nas áreas urbanizadas, o que permitiu a Camagni, Capello e Caragliu (2015) constatarem o fato de pequenas cidades adquirirem maiores retornos econômicos quando localizadas próximas às grandes metrópoles. De maneira análoga, Sohn (2012) e Burger *et al.* (2015) expuseram que as cidades maiores estimulam a aglomeração populacional nas cidades menores, em particular quando ofertam acessibilidade internacional, simplesmente por sua localização espacial.

Atualmente, o uso de técnicas de análise espacial também tem sido promovido com o objetivo de delimitar regiões intensamente urbanizadas. À vista disso, Ajauskas, Manzato e Rodrigues da Silva (2012 e 2013) e Matioli, Oliveira Junior e Manzato (2016) empregaram a modelagem espacial nesta tarefa, enquanto Qi, Yu e Dong (2013) utilizaram a técnica ESDA. Ainda, Caneparo e Ricobom (2014) e Osman, Divigalpitiya e Arima (2015) utilizaram Autômatos Celulares (CA, do inglês: Cellular Automata) para compreender os padrões de comportamento urbano regional, enquanto Gao *et al.* (2014) fizeram uso da técnica conhecida como Redes Neurais Artificiais.

Dentre as técnicas citadas, a Análise Exploratória de Dados Espaciais (ESDA) representa um modelo extremamente efetivo para definir Regiões Urbanas Homogêneas, como indicam Aguiar, Manzato e Rodrigues da Silva (2020). Por esse motivo, a versão bivariada dessa técnica será descrita na seção “Materiais e Método” da presente obra e, em seguida, aplicada aos dados tradicionalmente utilizados na definição de RUHs – populacionais e de transportes – frente à inclusão de variáveis econômicas, o que configura a principal contribuição deste estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODO

Este trabalho é fundamentado na estatística espacial aplicada na análise exploratória de dados espaciais (ESDA, do inglês *Exploratory Spatial Data Analysis*). Mais especificamente, estudou-se a análise espacial multivariada como uma nova ferramenta frente à tradicional análise univariada, uma vez observada a complexidade dos fenômenos que regem a ocupação do espaço urbano, os quais não dependem unicamente de variáveis isoladas. Dessa forma, o texto a seguir explicita a estratégia de análise citada e o estudo de caso que evidencia sua aplicação.

3.1 Técnicas Exploradas

A técnica ESDA é utilizada para explicitar a dependência espacial entre áreas através da correlação espacial de dados. Assim, de acordo com Anselin (1995, 1998), é possível gerar uma medida de similaridade entre as zonas analisadas frente uma determinada variável. Esta técnica pode ser explorada modificando-se a quantidade de atributos de entrada, de forma que seja classificada como univariada ou multivariada.

3.1.1 ESDA Univariada

Na técnica ESDA univariada são atribuídos dois parâmetros para cada área. O primeiro, Z , é função da diferença entre o valor de uma determinada variável em uma área e a média global desta. O segundo, W_z , é função da diferença entre o valor médio da variável nas zonas adjacentes (aquelas que fazem divisa com a área) e a média global dessa variável. Com esses parâmetros é possível determinar o índice de Moran (I), o qual fornece

uma medida geral da associação espacial existente em um conjunto de dados, onde cada valor representa uma área. Este índice pode ser calculado matricialmente como dado pela Equação (1), em que o expoente t define o vetor transposto deste conjunto de dados.

$$I = \frac{Z^t \cdot W_z}{Z^t \cdot Z} \quad (1)$$

onde:

I = Índice de Moran;

Z = vetor com a diferença entre cada variável e a média global desta;

Z^t = vetor Z transposto;

W_z = vetor com a diferença entre a média da variável nas zonas adjacentes e sua média global;

Para valores normalizados, o índice de Moran varia entre -1 e +1 e é interpretado da seguinte forma: valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores de cada área e seus vizinhos; valores positivos indicam que o valor do atributo em uma área tende a ser semelhante aos valores de seus vizinhos, enquanto valores negativos indicam que o valor da variável em uma área tende a ser diferente dos valores de seus vizinhos. Descata-se que o termo “vizinhos” sempre se referirá àqueles limítrofes, ou seja, vizinhos imediatos, os quais fazem divisa com a região em questão.

Outra forma de interpretação e apresentação de dados é o gráfico de espalhamento de Moran: um plano cartesiano composto pelas retas Z (abscissa) e W_z (ordenada), o qual configura quatro quadrantes que permitem classificar os resultados da seguinte maneira:

- Q1 (ou HH, de *High-High*): quadrante onde são representadas as áreas nas quais o atributo (variável) possui valor superior à média global e o valor médio desse atributo nas áreas adjacentes também se encontra superior à média global;
- Q2 (ou LL, de *Low-Low*): nesse quadrante, ao contrário do Q1, são representadas as áreas nas quais o atributo possui valor inferior à média global, assim como o valor médio desse atributo nas áreas adjacentes, que também é inferior à média global;

- Q3 (ou LH, de *Low-High*): aqui se encontram as áreas nas quais o atributo possui valor inferior à média global, entretanto o valor médio desse atributo nas áreas adjacentes é superior à média global;
- Q4 (ou HL, de *High-Low*): por fim, nesse quadrante são representadas as áreas nas quais o atributo possui valor superior à média global, mas que nas áreas adjacentes seu valor médio é inferior à média global;

Os dados resultantes do gráfico de espalhamento de Moran ainda podem ser representados em mapas temáticos, denominados *Box Maps*, em que as áreas são classificadas em um dos quadrantes Q1, Q2, Q3 ou Q4 e visualizadas sobre o território, designando-se uma cor para cada quadrante.

Um exemplo das representações visuais descritas acima pode ser observado na Figura 1, onde ao lado esquerdo encontra-se o gráfico de espalhamento de Moran, cujos pontos representam as diferentes áreas contidas no mapa ao lado direito, coloridas de acordo com o quadrante no qual foram classificadas por seus parâmetros Z e W_z .

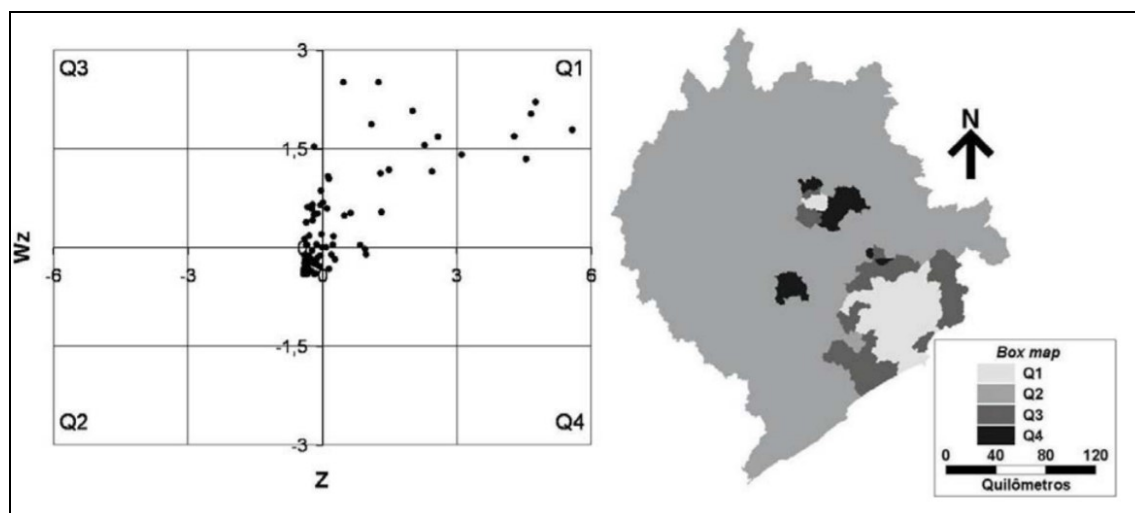


Figura 1 - Exemplo de gráfico e mapa de espalhamento de Moran (Manzato, 2007)

3.1.2 ESDA Multivariada

A técnica ESDA multivariada, desenvolvida por Anselin, Syabri e Smirnov (2002), explora a autocorrelação espacial multivariada de dados, ou seja, exprime o grau de associação entre os valores de uma variável (Z_k) observados em uma determinada área i

(z_k^i) e os valores atribuídos a uma segunda variável (z_l) presente em áreas vizinhas, observando-se a diferença espacial para esta, isto é, $W_{z_l}^i$. A relação entre as variáveis é estabelecida frente um coeficiente multivariado de autocorrelação espacial, definido de acordo com a Equação (2).

$$m_{kl} = Z_k^t \cdot W^S \cdot Z_l \quad (2)$$

onde:

$$Z_k = \frac{[x_k - \bar{x}_k]}{\sigma_k} \quad e \quad Z_l = \frac{[x_l - \bar{x}_l]}{\sigma_l}$$

onde:

- α_{kl} = coeficiente multivariado de autocorrelação espacial;
- Z_k = vetor de desvios para a variável k avaliada nas áreas i;
- Z_k^t = vetor Z_k transposto;
- Z_l = vetor de desvios para a variável l analisada em áreas adjacentes à área i;
- $W_{z_l}^i$ = matriz de pesos espaciais que identifica o conjunto de vizinhos de cada área i;
- x_k = valor da variável k em uma área i;
- \bar{x}_k = média global da variável k;
- σ_k = desvio padrão da coleção de dados da variável k;
- \bar{x}_l = valor da média da variável l na vizinhança de uma área i;
- \bar{x}_l = média global da variável l;
- σ_l = desvio padrão da coleção de dados da variável l;

As variáveis z_k e z_l são padronizadas, de modo que resulta em média igual a zero e desvio padrão igual a 1. O vetor Z_k é constituído pela diferença entre os valores da variável z_k nas áreas observadas e a média geral, ou seja, é o vetor de desvios para a variável avaliada nas áreas observadas. Assim como o vetor Z_l , o qual é composto pela diferença

entre os valores médios da variável z_l nas áreas vizinhas às observadas e a média global desta, ou seja, é o vetor de desvios para a variável analisada em áreas adjacentes. Já W^s , por sua vez, é uma matriz de pesos espaciais que identifica o conjunto de vizinhos de cada área, atribuindo valores diferentes de zero aos vizinhos e zero às outras áreas, além de atribuir o valor zero à diagonal principal, uma vez que as áreas não são consideradas adjacentes a si mesmas.

O Índice de Moran da análise multivariada pode ser obtido a partir de Equação (3), a qual faz uso dos elementos básicos mencionados, onde o expoente t indica vetor transposto.

$$I_{kl} = \frac{z_k^t \cdot W \cdot z_l}{z_k^t \cdot z_k} \quad (3)$$

onde:

I_{kl} = Índice de Moran multivariado

z_k = valor da variável k em uma área i ;

z_k^t = valor transposto de z_k ;

W = matriz de pesos espaciais que identifica o conjunto de vizinhos de cada área i ;

z_l = valor da média da variável l na vizinhança de uma área i ;

Considerando n o número de áreas observadas, temos que a soma dos quadrados contidos no denominador da Equação (3) é igual a n , uma vez que as variáveis z são padronizadas. Assim, obtém-se o índice de Moran multivariado pela Equação (4).

$$I_{kl} = \frac{z_k^t \cdot W \cdot z_l}{n} \quad (4)$$

onde:

I_{kl} = Índice de Moran multivariado;

z_k^t = valor transposto de z_k ;

W = matriz de pesos espaciais que identifica o conjunto de vizinhos de cada área i ;

z_l = valor da média da variável l na vizinhança de uma área i ;

n = número de áreas observadas;

Na técnica ESDA multivariada também é possível avaliar os resultados a partir do gráfico de dispersão de Moran e de *Box Maps*, de forma análoga à análise univariada. No quadrante HH, o valor da variável z_k é maior que a sua média geral e a média de seus vizinhos para a variável z_l também é superior à sua respectiva média geral. No quadrante LL, o valor da variável z_k é menor que a sua média geral e a média de seus vizinhos para a variável z_l também está abaixo da sua média geral. Assim, visualiza-se uma autocorrelação espacial positiva para as observações classificadas nestes dois quadrantes (Q1 e Q2, respectivamente). No quadrante LH, o valor da variável z_k é menor que a sua média geral e a média da variável z_l em regiões adjacentes é maior que a sua média geral. Finalmente, no quadrante HL, o valor da variável z_k é maior que a sua média geral e o valor médio de seus vizinhos para a variável z_l é menor que a sua média geral. Entende-se, portanto, que a autocorrelação espacial entre as observações classificadas nesses dois quadrantes é negativa (Q3 e Q4, respectivamente).

3.2 Estudo de Caso

Localizado no Brasil, o espaço geográfico escolhido para o estudo de caso foi o estado de São Paulo, segmentado em sua menor unidade autônoma perante a Constituição Federal: os municípios. Optou-se por selecionar a referida área por esta conter, aproximadamente, dez por cento de todo contingente populacional brasileiro, configurando uma região intensamente urbanizada.

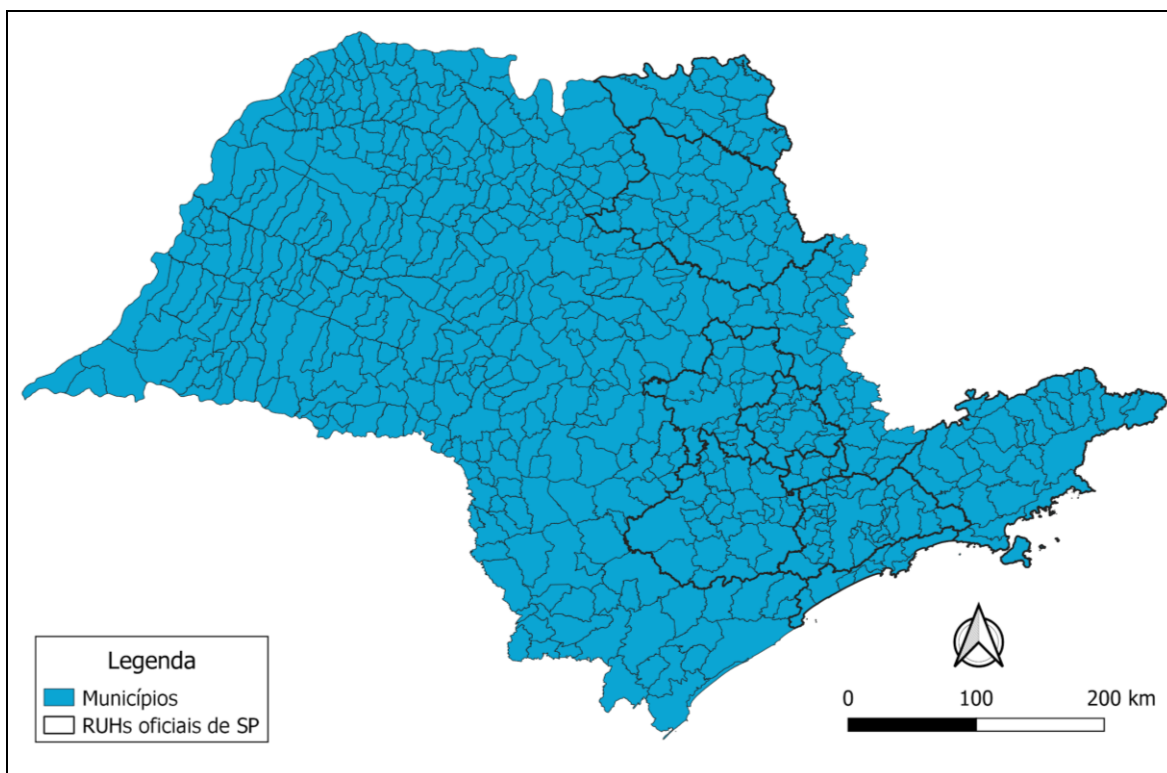


Figura 2 - Mapa do estado de São Paulo com a delimitação político-administrativa de seus municípios e a delimitação oficial das Regiões Urbanas Homogêneas

Para tanto, foram explorados dados que dizem respeito à população, à situação econômica e à infraestrutura rodoviária de cada um dos 645 municípios do estado de São Paulo, através de oito variáveis, a saber:

- População Absoluta Municipal;
- Densidade Demográfica Municipal;
- PIBm (Produto Interno Bruto municipal) per capita;
- PIBm Agrícola per capita;
- PIBm Industrial per capita;
- Viagens Pendulares de Entrada;
- Viagens Pendulares de Saída;
- Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

Os dados referentes à população e à situação econômica municipal - as cinco primeiras variáveis listadas acima - foram obtidos junto à base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual realiza o censo demográfico a cada dez anos no país e também publica informações econômicas dos municípios anualmente. Os dados referentes às viagens pendulares que ocorrem nos municípios, tanto as de saída quanto as de entrada, foram disponibilizados pelo instituto nacional Observatório das Metrópoles. O indicador de oferta de infraestrutura rodoviária, considerando-se a capacidade das vias, foi adquirido pelo trabalho desenvolvido por Dias, Manzato e Rodrigues da Silva (2014). As oito variáveis exploradas neste estudo são de domínio público, ou seja, podem ser acessadas por todos aqueles que desejarem.

Na prática, todos os dados foram organizados de forma tabular para serem processados pelo software de análise espacial de dados. Vale destacar que os conteúdos de todas as variáveis são referentes ao ano de 2010, pois neste ano ocorreu o último censo nacional realizado pelo IBGE até a publicação do presente estudo, uma vez que a obtenção dos dados nacionais é feita a cada dez anos pelo governo federal e no ano de 2020 foi inviabilizada pela incidência da pandemia causada pelo Coronavírus. Destaca-se, também, que a variável PIBm Agrícola Per Capita representa o potencial não urbano do espaço que a contém, por este motivo seus valores foram matematicamente invertidos, tornando-os diretamente proporcionais às demais variáveis utilizadas neste estudo.

Inicialmente, visando compreender a correlação entre os dados numéricos explorados neste estudo, as variáveis supracitadas foram observadas frente a análise exploratória de dados - não espacial -, conforme indicado por Tukey (1977) e através do uso do software RStudio. Em seguida foi realizada a análise exploratória espacial das variáveis de forma independente, ou seja, a técnica ESDA univariada foi aplicada em cada conjunto de dados separadamente. Logo após, as variáveis foram exploradas aos pares pela técnica ESDA multivariada, sendo posteriormente permutadas em relação à alocação inicial de z_k e z_l , conforme o seguinte exemplo: na primeira iteração a variável z_k é associada à população absoluta municipal e a variável z_l à densidade demográfica municipal. Na segunda iteração permutam-se as variáveis, de modo que a variável z_k passe a ser a densidade demográfica municipal e z_l a população absoluta municipal. Procede-se dessa maneira visando analisar o resultado obtido com a configuração inicial e compará-lo

com sua respectiva permuta, de forma a selecionar a melhor alocação de variáveis em relação a z_k e z_l , buscando atender de forma adequada a motivação inicial deste estudo. Assim, conforme exemplo acima, foram executadas todas as possíveis combinações e, por serem oito as variáveis exploradas, obteve-se 56 combinações.

As análises exploratórias univariadas e multivariadas, tanto na forma inicial quanto na permutada, foram visualizadas através da construção de *Box Maps*, de maneira a permitir sua comparação com a delimitação oficial das Regiões Urbanas Homogêneas do estado de São Paulo para o ano de 2010, o que tornou possível indicar a eficácia de cada análise promovida.

Por fim, a metodologia supracitada foi aplicada através de funções pré-existentes no *software* QGIS, conforme passos descritos e frente a inserção de dados relativos às variáveis de interesse.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, o rol de variáveis deste estudo resultaram, frente a análise exploratória de dados numéricos, em matrizes gráficas que exprimem uma elevada correlação entre seus conteúdos, visto que frequentemente apresentam valores de “R” positivos e, muitas vezes, superiores a 0,5. Tais valores indicam uma forte correlação entre o conjunto de dados utilizados neste estudo, demonstrando que apresentam o potencial de representar, conjuntamente, o mesmo fenômeno (a saber: a concentração populacional). Tais representações gráficas podem ser consultadas a seguir, na Figura 3.

Nesse sentido e a partir da análise da Figura 3, observa-se que as variáveis “População Absoluta Municipal” e “Viagens Pendulares de Entrada” apresentam correlação extremamente alta: 0,99. Tal fato indica uma redundância de variáveis, ou seja, o conjunto de dados que diz respeito à População Absoluta Municipal pode ser substituído pela coleção de valores referentes às Viagens Pendulares de Entrada em cada município – e vice-versa – sem que a análise estatística dos dados fique prejudicada. Por esse motivo, a variável População Absoluta Municipal não será utilizada nos passos seguintes. Optou-se por suprimir este conjunto de dados em detrimento das Viagens Pendulares de Entrada, visto que o fenômeno representado pela primeira está implícito nos valores da variável “Densidade Demográfica Municipal”, sendo esta suficiente para representar a dimensão populacional neste estudo.

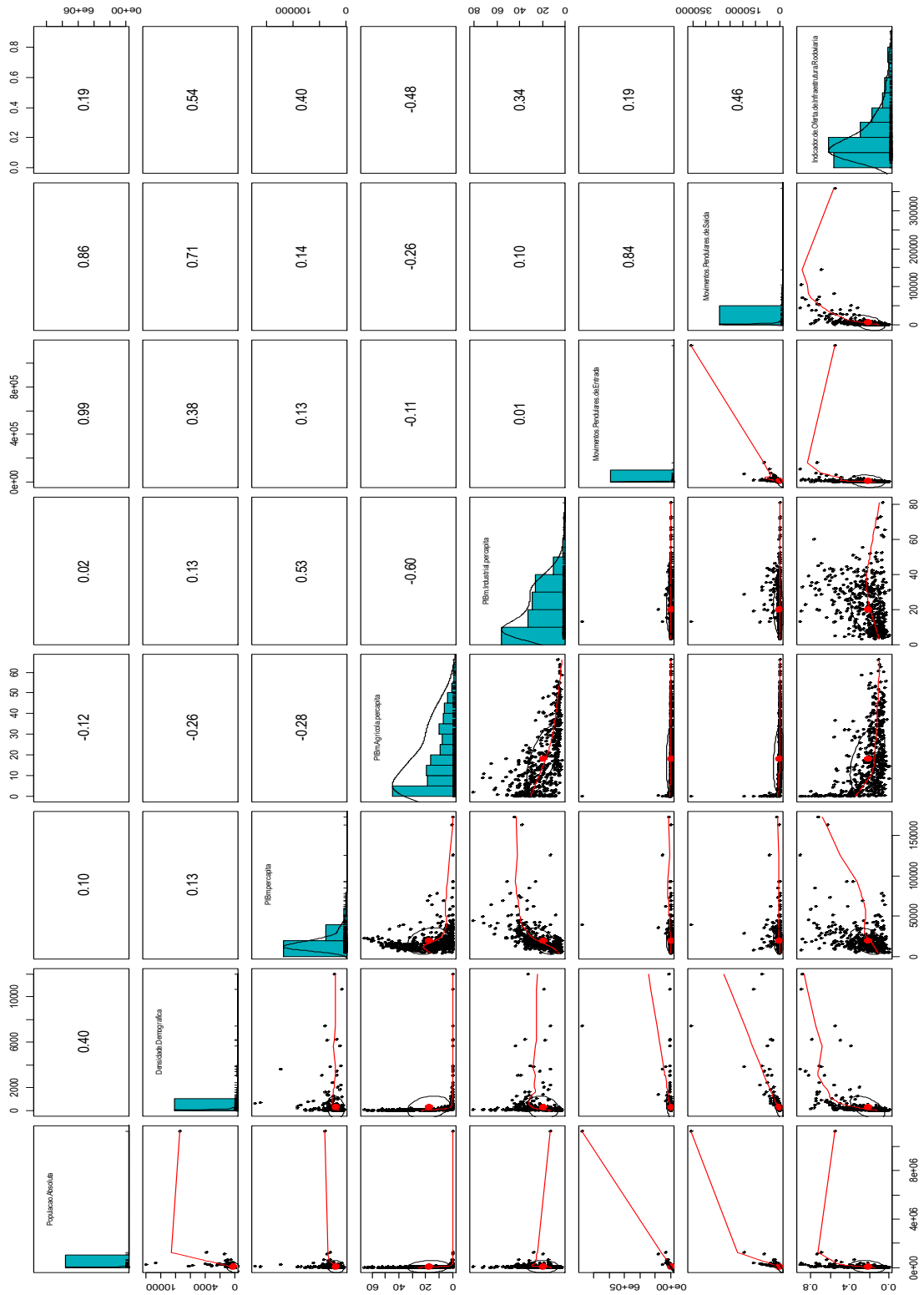


Figura 3 – Matriz gráfica obtida pelo processamento da análise exploratória de dados aplicada ao conjunto de dados numéricos pertencentes às variáveis exploradas no estudo

Em seguida, visando discutir os resultados de maneira objetiva, optou-se por apresentar, nesta seção, apenas os mapas de espalhamento de Moran (*Box Maps*) cujos resultados foram satisfatórios no que tange à motivação deste estudo. Assim, em seguida serão expostas as sete ilustrações referentes à aplicação da técnica ESDA univariada e, dentre as combinações multivariadas, somente aquelas que permitiram otimizar a definição das Regiões Urbanas Homogêneas. Procedeu-se dessa forma tendo em vista que a aplicação da técnica ESDA multivariada resultou em 42 representações gráficas devido à iteração entre as sete variáveis (após a retirada da variável “População Absoluta Municipal”).

Os *Box Maps* referentes às combinações multivariadas que não apresentam relevância na resolução do problema apresentado podem ser consultados ao fim desta obra, em forma de apêndices. Por fim, serão discutidos os motivos que podem ter influenciado, de forma negativa, os resultados das combinações multivariadas, de modo a convergirem para sua não consistência na definição de uma RUH.

4.1 Aplicação da Técnica ESDA Univariada

Cada variável explorada resultou - frente à aplicação da técnica ESDA univariada - em um único mapa de espalhamento de Moran (*Box Map*), representados da Figura 4 à Figura 10.

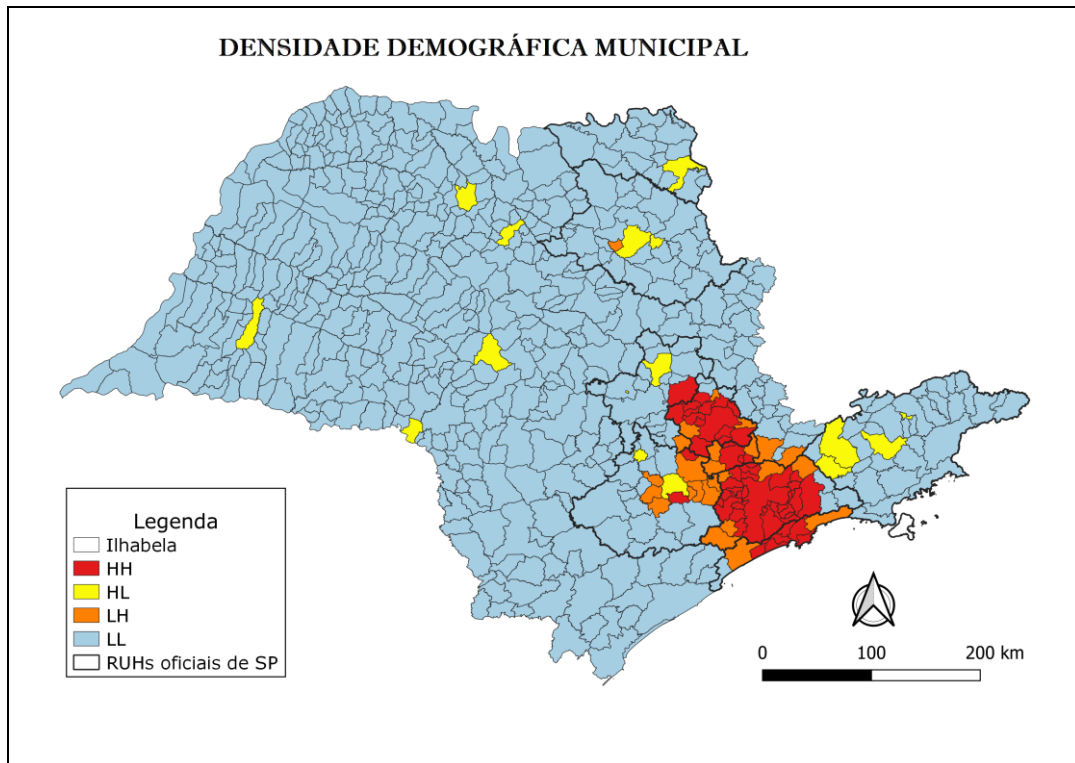


Figura 4 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Densidade Demográfica Municipal

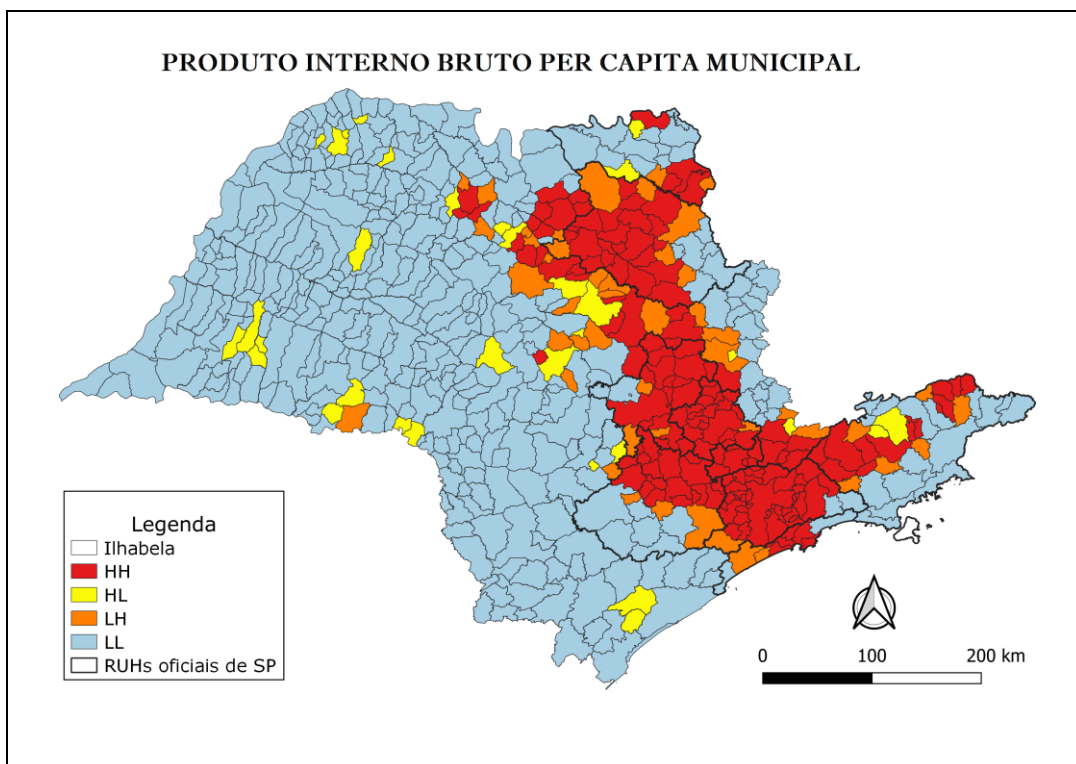


Figura 5 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) per capita

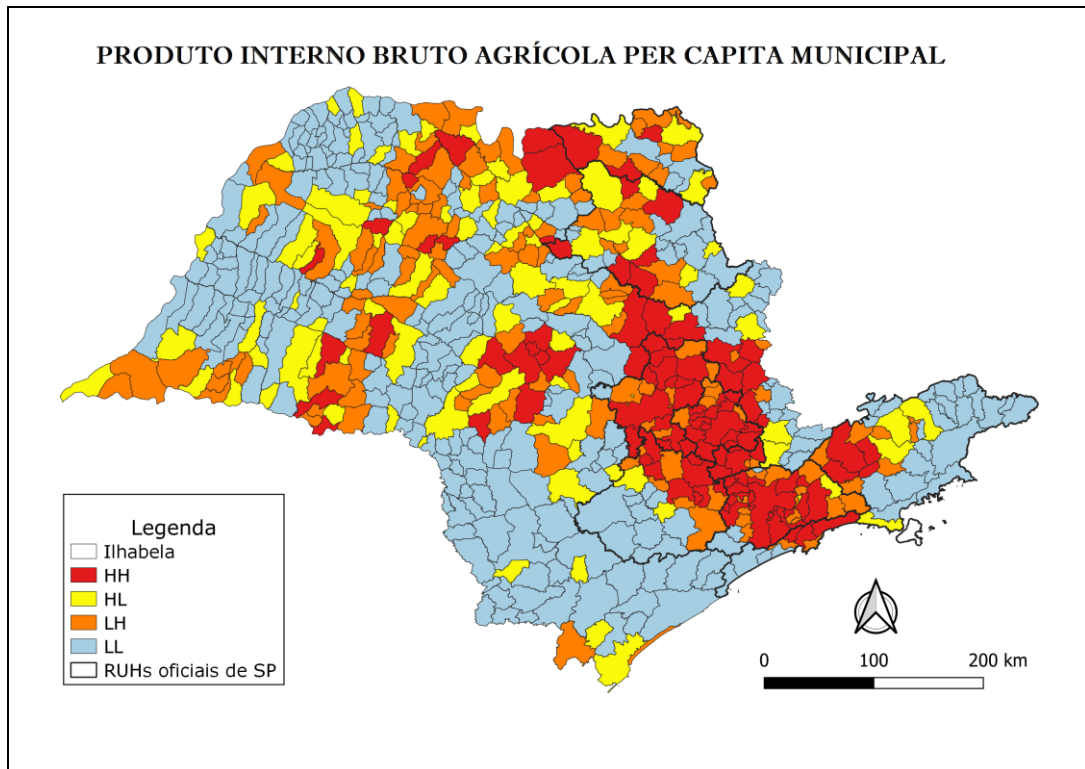


Figura 6 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) Agrícola per capita

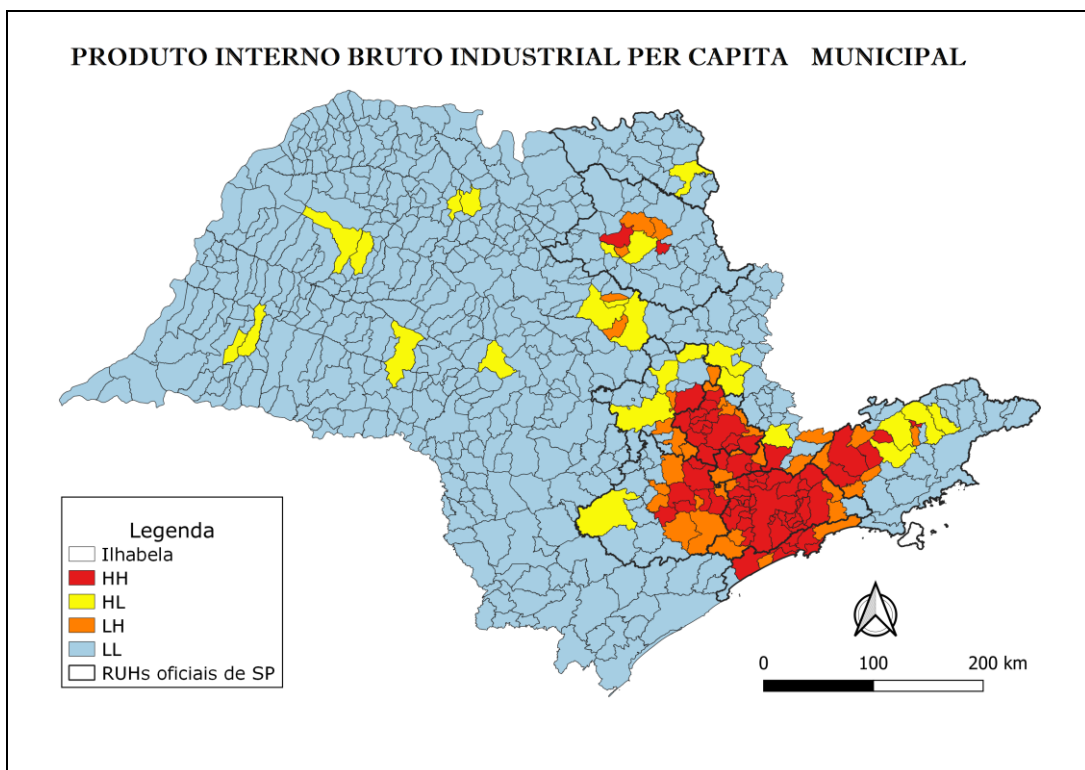


Figura 7 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável PIBm (Produto Interno Bruto municipal) Industrial per capita

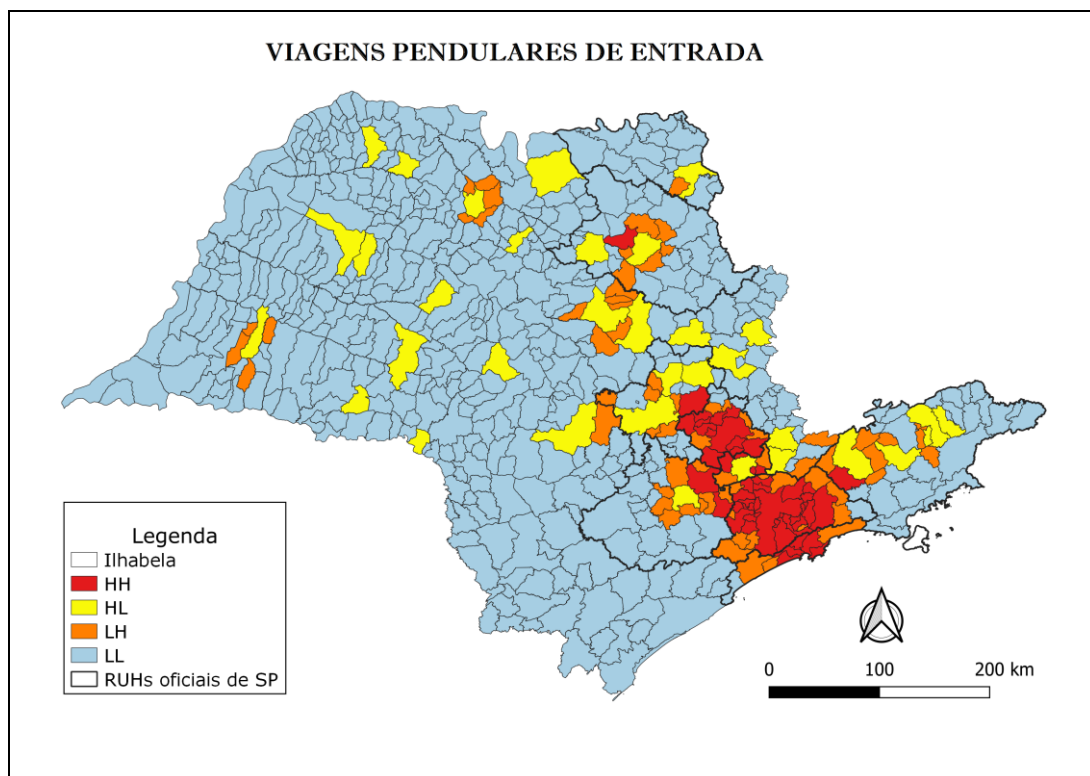


Figura 8 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Viagens Pendulares de Entrada

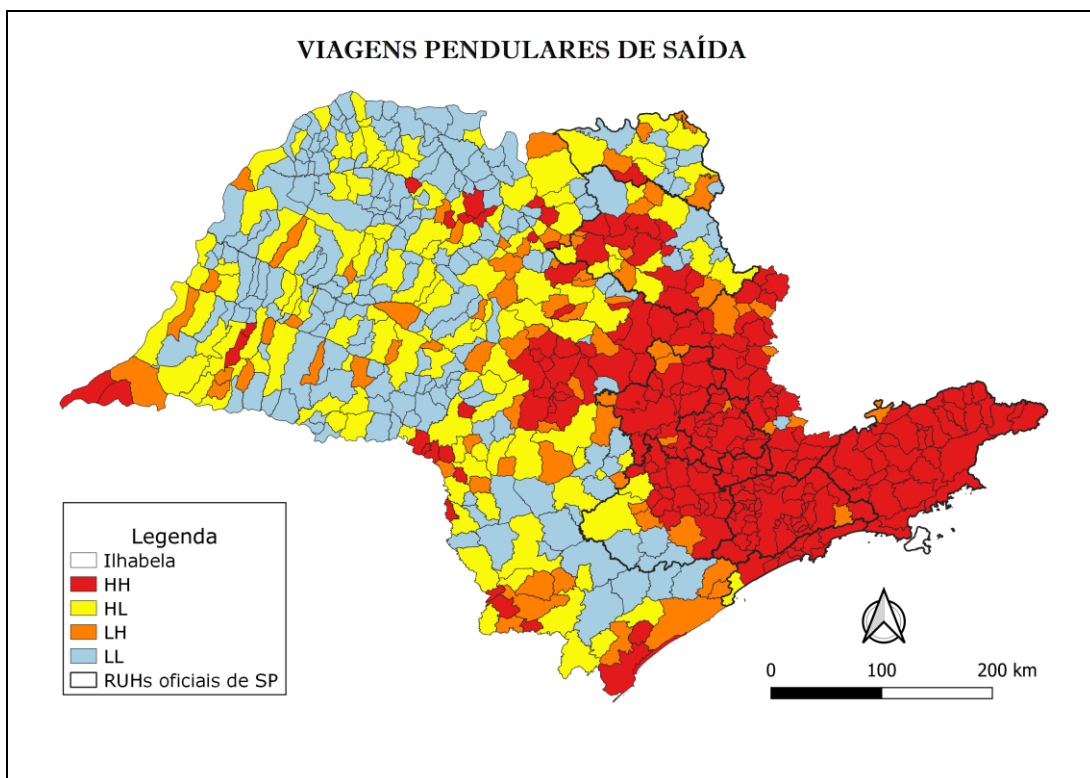


Figura 9 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Viagens Pendulares de Saída

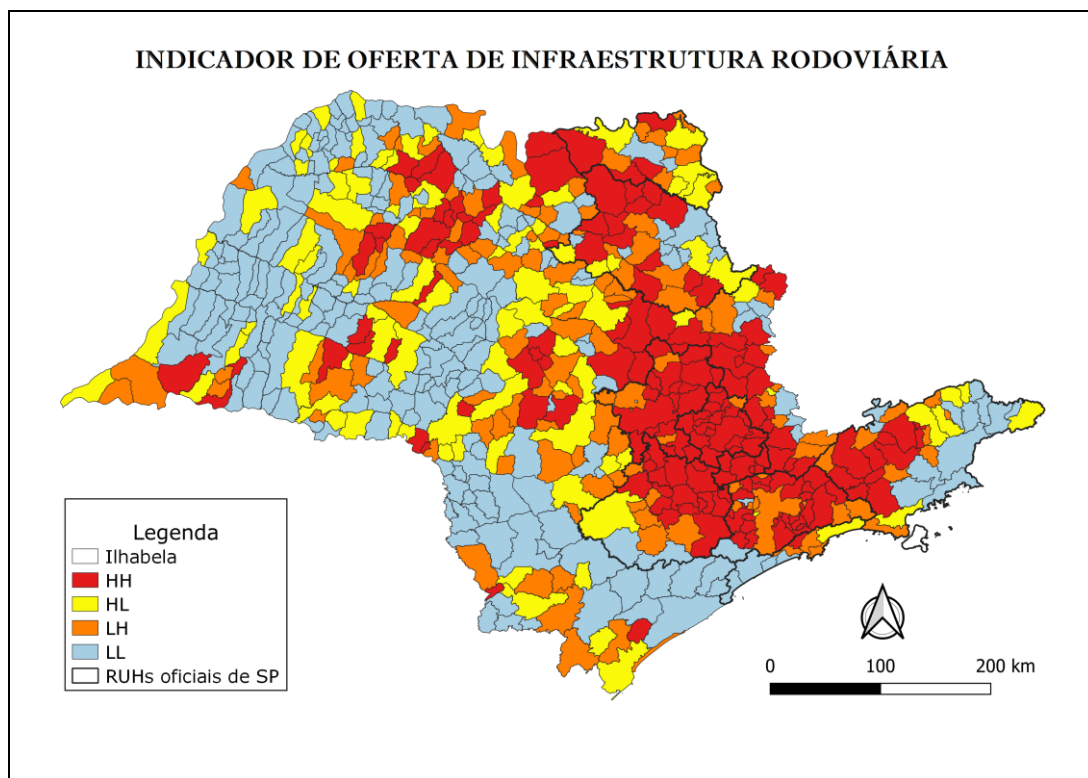


Figura 10 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA univariada a partir da variável Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

Nos mapas da Figura 4 à 10, os tons avermelhados indicam regiões com intensa incidência das respectivas variáveis, com exceção ao que ocorre na Figura 6, onde a cor vermelha indica locais de baixa expressão no PIBm Agrícola per capita frente inversão de valores – descrito na metodologia. Assim, em cada figura pode-se notar a delimitação oficial das RUHs sobreposta ao mapa de espalhamento de Moran, representadas por linhas pretas espessas, as quais servem de referência para a discussão sobre a qualidade dos resultados. Dessa forma, tais representações gráficas indicam que, isoladas, as variáveis demonstram grande êxito em delimitar as Regiões Urbanas Homogêneas constituídas no Estado de São Paulo, por apresentarem, de uma maneira geral, indícios de intensa urbanização na porção nordeste do Estado, conforme indicado pela definição oficial.

Entretanto, observam-se algumas disparidades entre os *Box Maps* univariados. O mapa gerado por dados populacionais (Figura 4) aponta para a formação de regiões intensamente urbanizadas somente nas proximidades da cidade de São Paulo, ignorando aquelas mais distantes como a Região Metropolitana de Ribeirão Preto. Isso pode ter acontecido em decorrência da amplitude característica da variável populacional “Densidade Demográfica”, que evidencia a existência de dados extremos frente os demais,

a exemplo da cidade de São Paulo que, sozinha, comporta pouco mais de 25% da população do estado de São Paulo (de forma que o restante da população deste estado distribui-se nos outros 644 municípios).

Nesse sentido, as variáveis relacionadas ao transporte refletem o efeito da amplitude dos dados populacionais, uma vez que a infraestrutura de transportes condiz com as dimensões da população em seu entorno, de forma a suprir suas necessidades de locomoção. Portanto, observa-se nos *Box Maps* construídos a partir de variáveis de transportes (Figuras 8, 9 e 10) a mesma tendência de possuir maior frequência próximo à cidade de São Paulo. Entretanto, observa-se também nestes mapas a expressiva incidência de tais variáveis no restante do estado, indicando diversos outros focos de viagens pendulares e de oferta de infraestrutura rodoviária, o que caracteriza um refinamento na delimitação de RUHs, motivo pelo qual tais variáveis foram inicialmente incorporadas ao presente estudo.

Em relação às variáveis econômicas, observa-se na Figura 5 que a técnica ESDA univariada aplicada ao PIBm per capita identificou uma área de expressiva atividade econômica, a qual extravasa os limites da região metropolitana de São Paulo ao criar um eixo diagonal norte-leste no estado, o qual condiz mais efetivamente à delimitação oficial das RUHs. A partir desta constatação evidencia-se, mais uma vez, a importância deste estudo ao adicionar variáveis econômicas à definição de Regiões Urbanas Homogêneas, em conjunto às variáveis populacionais e de transportes, como será feito a seguir no item 4.2.

4.2 Aplicação da Técnica ESDA Multivariada

Para julgar, então, se uma combinação entre duas variáveis quaisquer - dentre as oito aplicáveis - é relevante ou não para a definição de uma Região Urbana Homogênea, observou-se dois aspectos: 1) semelhança com a definição das RUHs oficiais e 2) Índice de Moran.

4.2.1 Semelhança com a Definição das RUHs oficiais

Uma vez que as Regiões Urbanas Homogêneas são, em sua essência, zonas geográficas com expressiva densidade demográfica, atreladas às atividades econômicas e à infraestrutura rodoviária de forma diretamente proporcional, demonstra-se a seguinte correlação com a técnica de análise exploratória de dados espaciais: municípios que pertencem a uma RUH apresentam sua variável (seja ela de cunho populacional, econômico ou de infraestrutura rodoviária) com valor superior à sua média global, fato que também é observado no valor médio dessa variável nas áreas adjacentes a esses municípios. Este fenômeno é indicado pela técnica ESDA, que então classifica esses territórios como “Q1” (*high-high*).

A partir dessa analogia, a semelhança entre os resultados obtidos e a definição oficial de RUHs pode ser mencionada frente a contagem de municípios classificados como “Q1” em cada uma das iterações multivariadas. Para tanto, os municípios analisados devem estar contidos nas áreas que formam as Regiões Urbanas Homogêneas oficiais do estado de São Paulo, o que equivale a 270 dentre os 645 territórios municipais. Para facilitar a análise, transformou-se a contagem em porcentagem, conforme explicitado na Tabela 1, onde as combinações multivariadas estão em ordem decrescente em relação ao valor percentual supracitado.

Tabela 1 - Porcentagem de municípios classificados como HH localizados dentro da delimitação oficial de Regiões Urbanas Homogêneas

Variável Z_k	Variável Z_l	Q1(%)
PIBm Agrícola per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	61,11
PIBm Agrícola per capita	PIBm Industrial per capita	59,63
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Agrícola per capita	54,44
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Industrial per capita	52,22
PIBm Industrial per capita	PIBm Agrícola per capita	51,48
PIBm Agrícola per capita	PIBm per capita	49,63
PIBm Industrial per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	49,26
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm per capita	46,30
PIBm Industrial per capita	PIBm per capita	44,44
PIBm Agrícola per capita	Viagens Pendulares de Saída	39,26
PIBm per capita	PIBm Industrial per capita	38,52
PIBm per capita	PIBm Agrícola per capita	38,15
PIBm Agrícola per capita	Viagens Pendulares de Entrada	37,04

Tabela 1 - Porcentagem de municípios classificados como HH localizados dentro da delimitação oficial de Regiões Urbanas Homogêneas – Continuação.

Variável Z_k	Variável Z_l	Q1(%)
PIBm per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	36,67
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Viagens Pendulares de Saída	36,30
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Viagens Pendulares de Entrada	34,81
PIBm Industrial per capita	Viagens Pendulares de Saída	31,85
Viagens Pendulares de Saída	PIBm Agrícola per capita	31,48
Viagens Pendulares de Saída	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	30,74
PIBm Agrícola per capita	Densidade Demográfica Municipal	30,00
PIBm Industrial per capita	Viagens Pendulares de Entrada	29,63
Viagens Pendulares de Saída	PIBm Industrial per capita	29,26
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Densidade Demográfica Municipal	28,52
Viagens Pendulares de Saída	PIBm per capita	26,67
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm Agrícola per capita	25,93
Viagens Pendulares de Entrada	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	25,56
Densidade Demográfica Municipal	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	25,19
Densidade Demográfica Municipal	PIBm Agrícola per capita	25,19
Viagens Pendulares de Saída	Viagens Pendulares de Entrada	25,19
PIBm Industrial per capita	Densidade Demográfica Municipal	24,81
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm Industrial per capita	24,44
Viagens Pendulares de Saída	Densidade Demográfica Municipal	23,70
Densidade Demográfica Municipal	Viagens Pendulares de Saída	23,33
Densidade Demográfica Municipal	PIBm Industrial per capita	22,96
PIBm per capita	Viagens Pendulares de Saída	22,59
Densidade Demográfica Municipal	PIBm per capita	22,22
Densidade Demográfica Municipal	Viagens Pendulares de Entrada	22,22
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm per capita	22,22
PIBm per capita	Viagens Pendulares de Entrada	21,48
Viagens Pendulares de Entrada	Viagens Pendulares de Saída	21,11
Viagens Pendulares de Entrada	Densidade Demográfica Municipal	19,63
PIBm per capita	Densidade Demográfica Municipal	19,26

As cinco combinações que alcançaram os maiores valores percentuais de municípios classificados como “Q1”, dentro das RUHs oficiais, são ilustrados a seguir por *Box Maps*, onde novamente os tons avermelhados indicam elevada expressão da variável explorada.

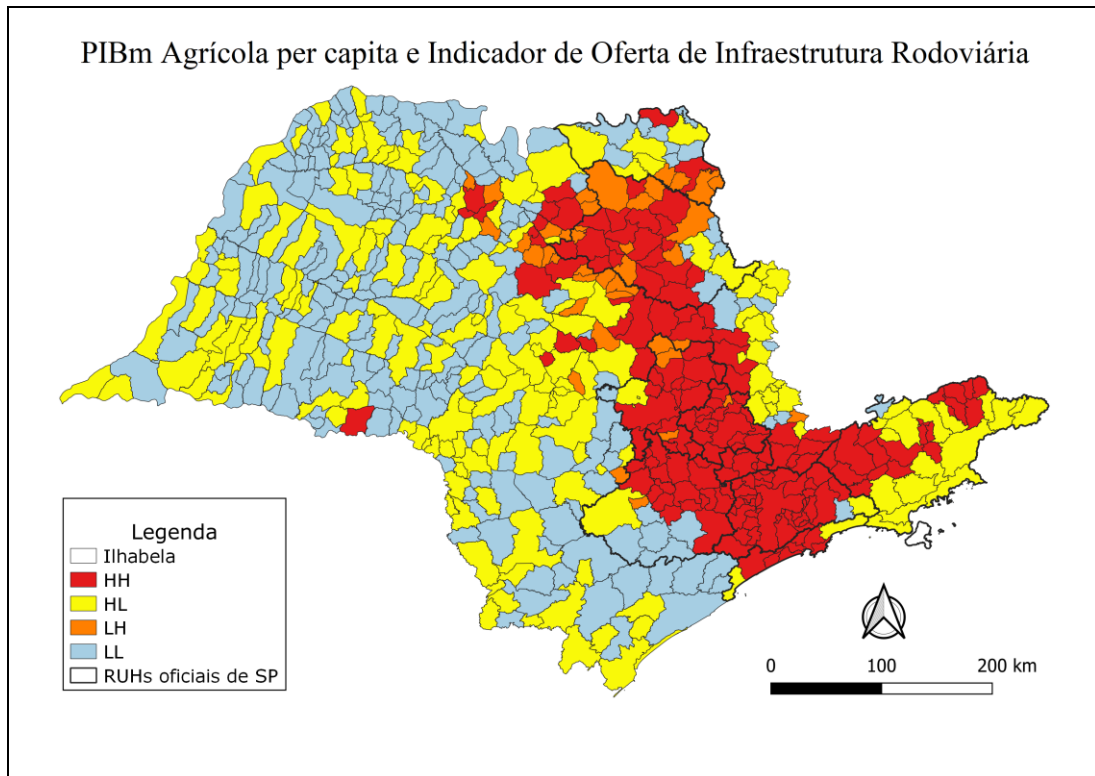


Figura 11 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

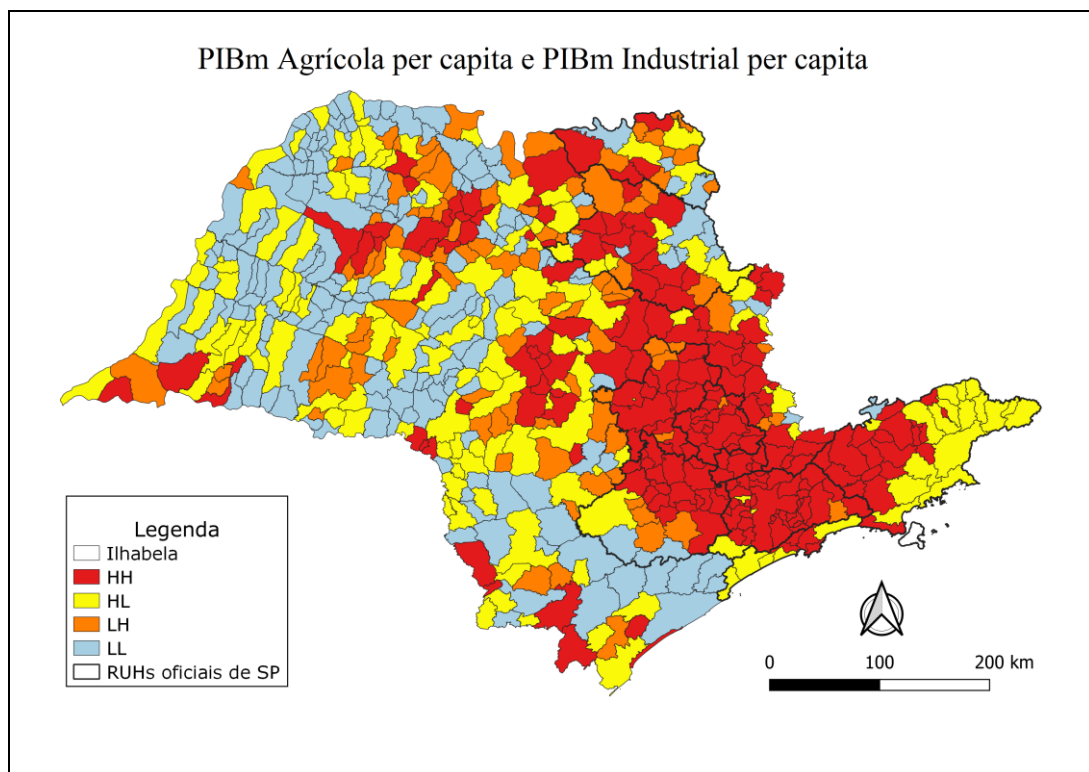


Figura 12 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e PIBm Industrial per capita

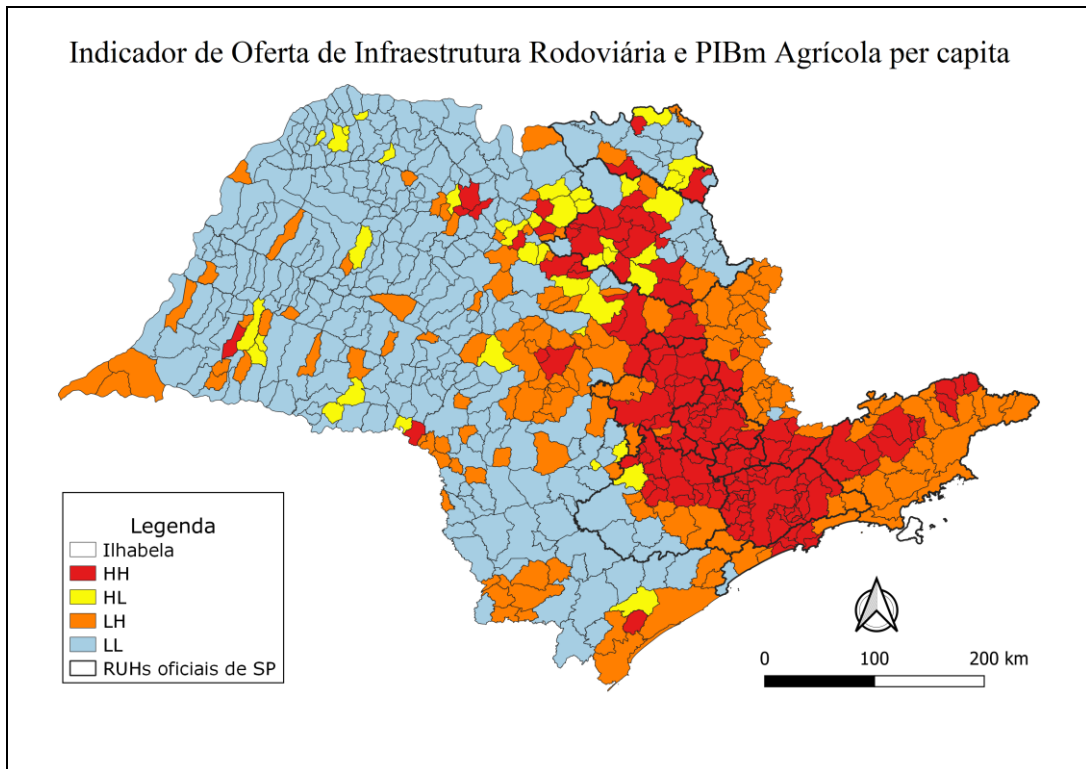


Figura 13 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm Agrícola per capita

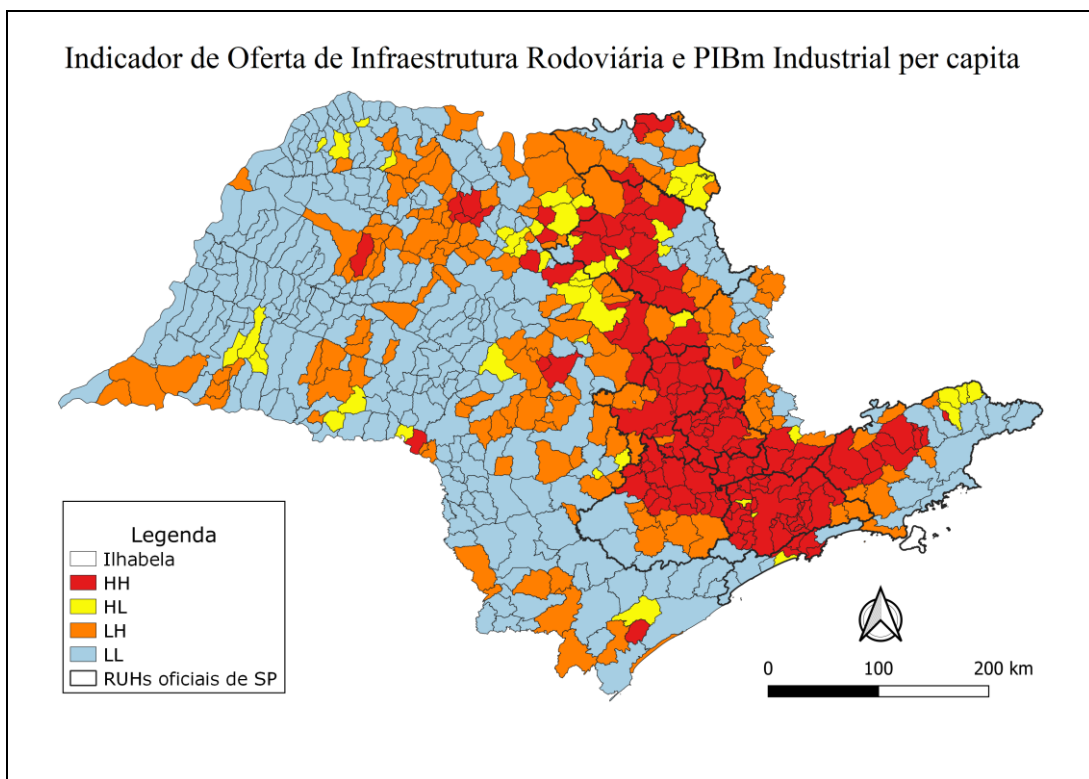


Figura 14 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm Industrial per capita

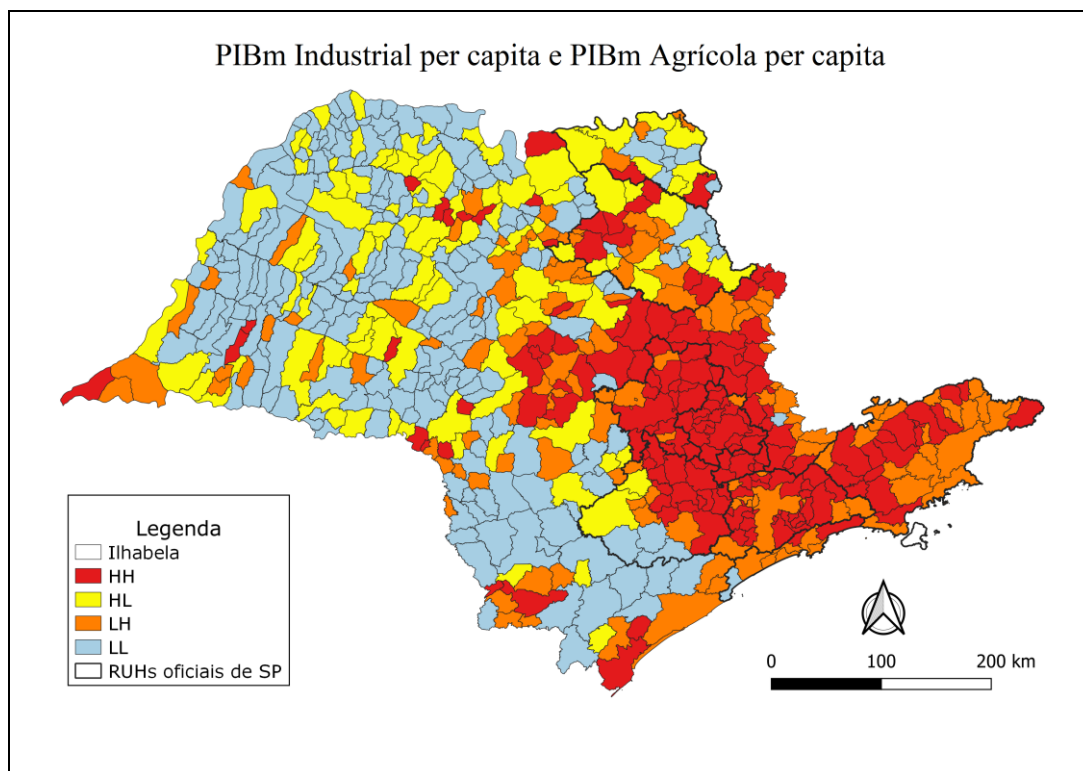


Figura 15 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e PIBm Agrícola per capita

O primeiro ponto a ser observado é que as cinco melhores combinações - as quais contemplam todas as RUHs oficiais - foram formadas a partir de apenas três dentre as oito variáveis estudadas: PIBm Agrícola per capita, PIBm Industrial per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária. Quando comparadas às demais combinações, estas três variáveis permitiram a definição mais tangível das Regiões Urbanas Homogêneas por estarem interligadas entre si, uma vez que municípios majoritariamente industrializados dispõem de pouca atividade agrícola, visto que neles desenvolvem-se atividades inerentes ao espaço urbanizado, no qual há expressivo contingente populacional que, por sua vez, exige maior demanda de meios de transportes.

Nesse sentido, a análise visual dos mapas gerados pelas cinco melhores combinações indica, frente à comparação com a definição oficial de RUHs, que a técnica ESDA bivariada aplicada às variáveis PIBm Agrícola per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária (Figura 11) representou, de maneira mais clara e sem ruídos, a definição de RUHs no estado de São Paulo, delimitando uma extensa área de intensa ocupação populacional. Contudo, a análise visual contempla apenas a distribuição espacial

dos resultados, sem quaisquer dados quantitativos que justifiquem a ocupação de tais regiões.

4.2.2 Avaliação do Índice de Moran

Conforme indicado na literatura inicial, o índice de Moran fornece uma medida geral de associação espacial existente em um conjunto de dados, portanto configura uma ferramenta de comparação na análise dos resultados. A Tabela 2 indica, em ordem decrescente, o valor correspondente ao índice de Moran para cada combinação multivariada, os quais foram obtidos pelo software GeoDa a partir do conjunto de dados pertinentes a cada variável.

Tabela 2 - Valores do Índice de Moran obtidos na aplicação da técnica ESDA multivariada

Variável Z_k	Variável Z_l	Índice de Moran
Densidade Demográfica Municipal	Viagens Pendulares de Saída	0,872
Densidade Demográfica Municipal	Viagens Pendulares de Entrada	0,780
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Viagens Pendulares de Saída	0,630
Viagens Pendulares de Saída	Viagens Pendulares de Entrada	0,553
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Viagens Pendulares de Entrada	0,509
Viagens Pendulares de Saída	Densidade Demográfica Municipal	0,490
Densidade Demográfica Municipal	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,447
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	Densidade Demográfica Municipal	0,427
Viagens Pendulares de Saída	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,416
PIBm Agrícola per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,384
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Agrícola per capita	0,373
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm per capita	0,362
PIBm Agrícola per capita	Viagens Pendulares de Saída	0,353
PIBm per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,339
PIBm per capita	Viagens Pendulares de Saída	0,306
PIBm Industrial per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,300
PIBm Agrícola per capita	Viagens Pendulares de Entrada	0,272
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Industrial per capita	0,271
Viagens Pendulares de Entrada	Viagens Pendulares de Saída	0,264
PIBm per capita	Viagens Pendulares de Entrada	0,244
Densidade Demográfica Municipal	PIBm per capita	0,232
Viagens Pendulares de Saída	PIBm Agrícola per capita	0,229
Densidade Demográfica Municipal	PIBm Agrícola per capita	0,228

Tabela 2 - Valores do Índice de Moran obtidos na aplicação da técnica ESDA multivariada
- Continuação

Variável Z_k	Variável Z_l	Índice de Moran
Viagens Pendulares de Entrada	Densidade Demográfica Municipal	0,227
PIBm Agrícola per capita	Densidade Demográfica Municipal	0,225
Viagens Pendulares de Saída	PIBm per capita	0,214
PIBm Industrial per capita	Viagens Pendulares de Saída	0,213
PIBm per capita	Densidade Demográfica Municipal	0,200
PIBm Industrial per capita	PIBm Agrícola per capita	0,197
Viagens Pendulares de Entrada	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,190
PIBm Agrícola per capita	PIBm Industrial per capita	0,185
PIBm Industrial per capita	PIBm per capita	0,173
PIBm Agrícola per capita	PIBm per capita	0,172
PIBm Industrial per capita	Viagens Pendulares de Entrada	0,157
PIBm per capita	PIBm Agrícola per capita	0,155
PIBm per capita	PIBm Industrial per capita	0,153
PIBm Industrial per capita	Densidade Demográfica Municipal	0,121
Viagens Pendulares de Saída	PIBm Industrial per capita	0,119
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm Agrícola per capita	0,101
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm per capita	0,099
Densidade Demográfica Municipal	PIBm Industrial per capita	0,096
Viagens Pendulares de Entrada	PIBm Industrial per capita	0,054

A seguir são apresentados os mapas de espalhamento de Moran das cinco combinações que apresentaram os maiores índices de Moran, ultrapassando o valor 0,5 e, dessa forma, indicando elevada autocorrelação espacial entre as variáveis que os compõem.

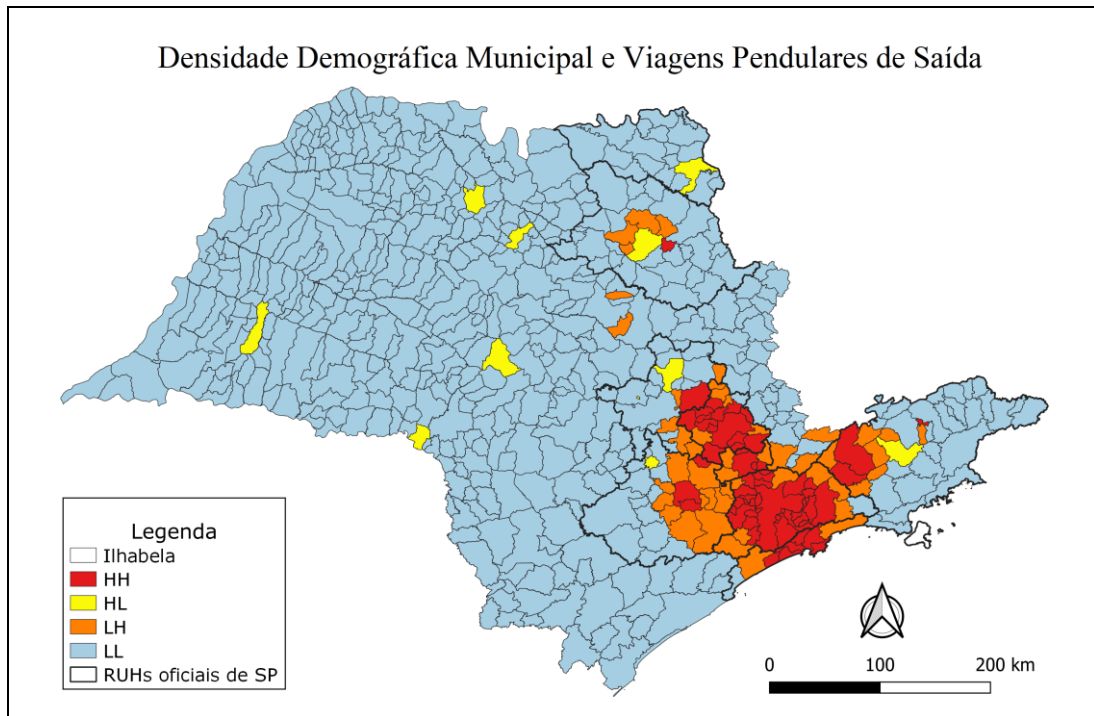


Figura 16 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Saída, obtendo Índice de Moran igual a 0,872

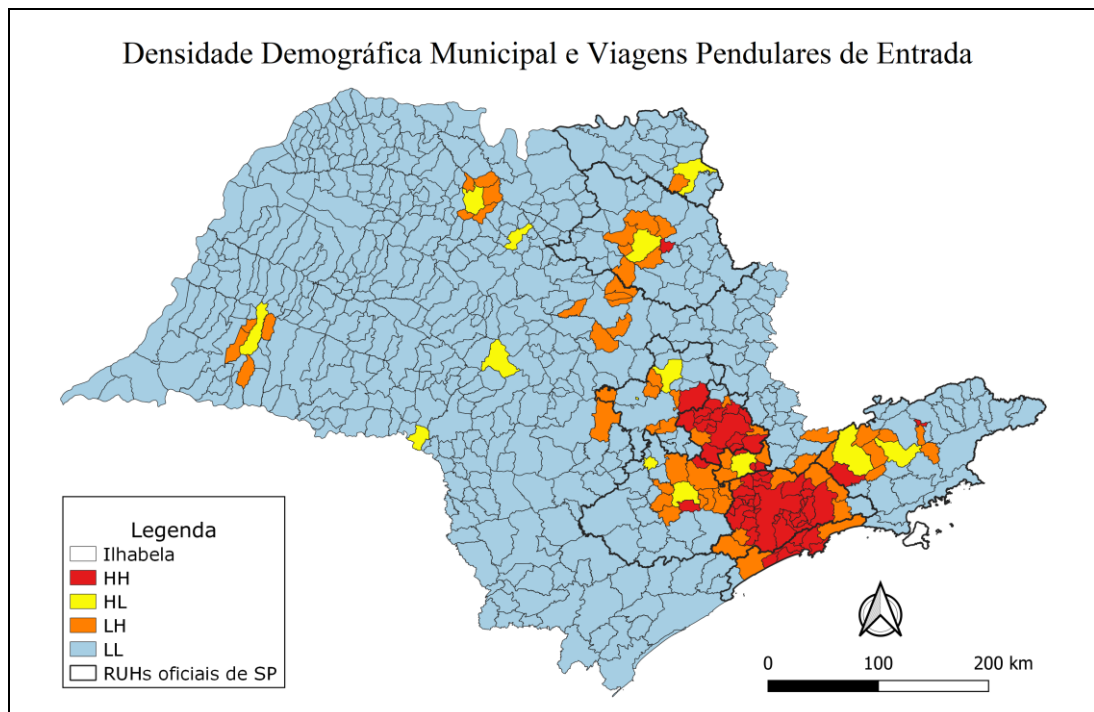


Figura 17 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Entrada, obtendo Índice de Moran igual a 0,780

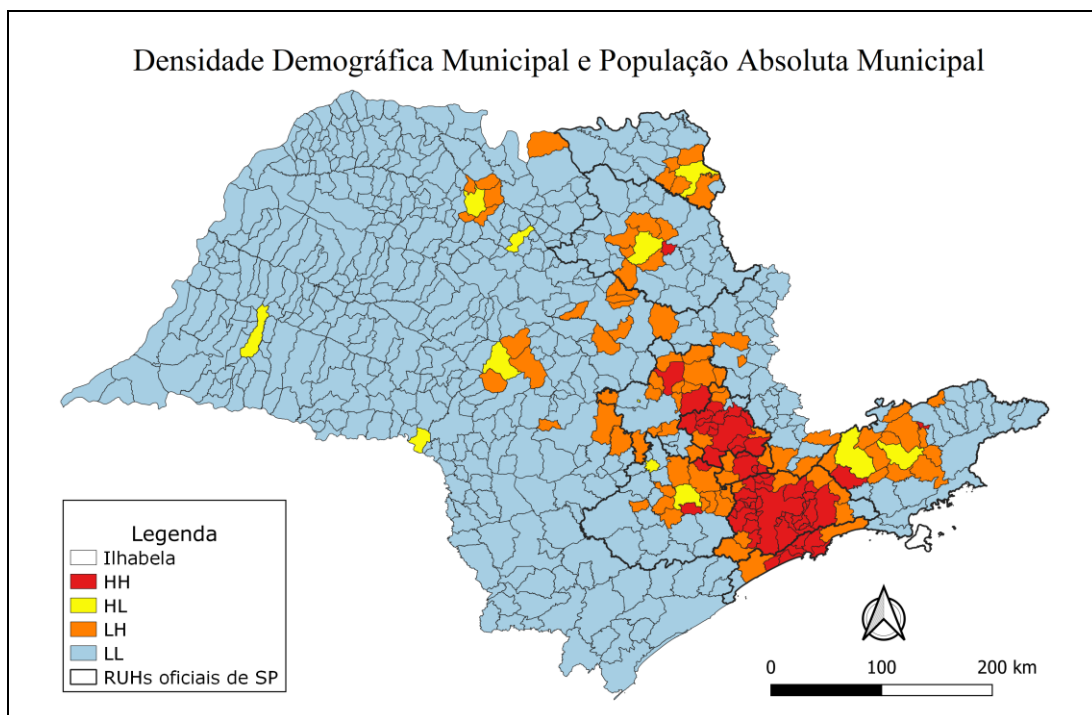


Figura 18 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e População Absoluta Municipal, obtendo Índice de Moran igual a 0,746

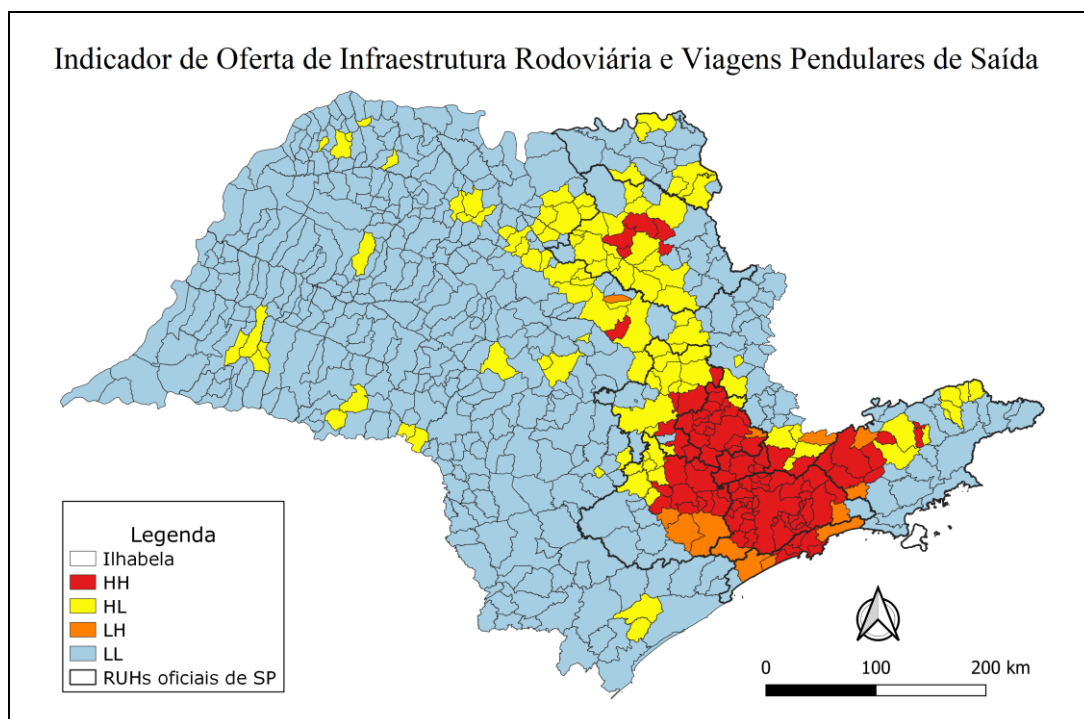


Figura 19 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Saída, obtendo Índice de Moran igual a 0,630

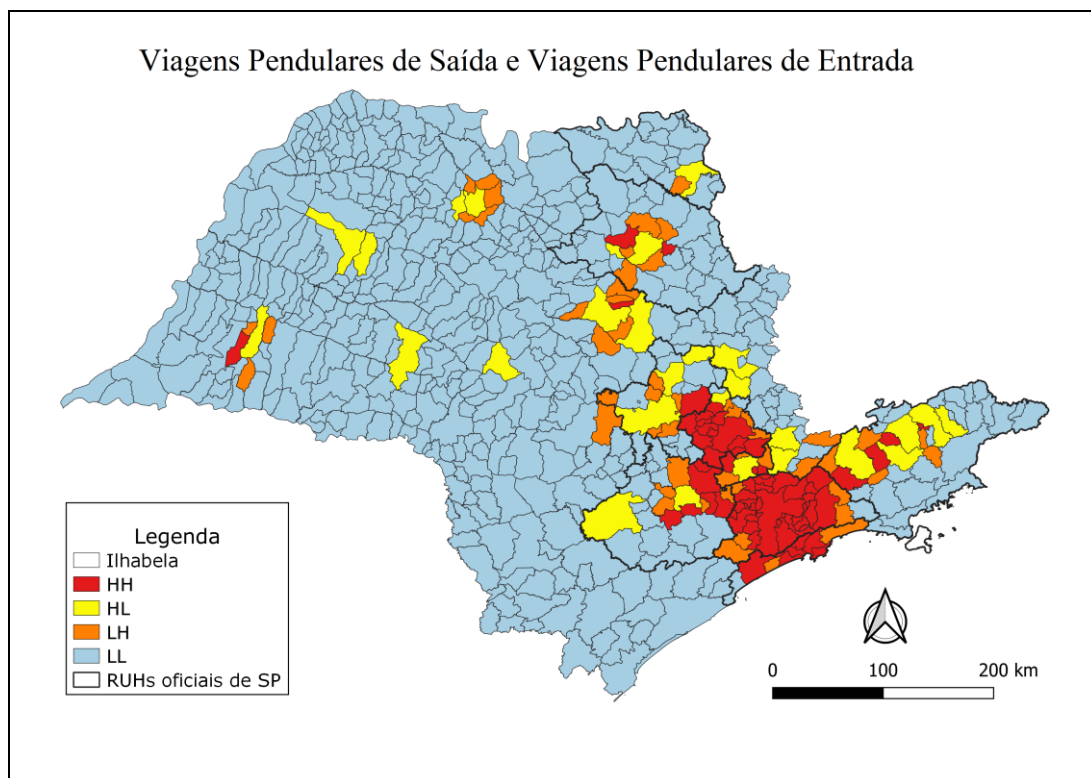


Figura 20 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Viagens Pendulares de Entrada, obtendo Índice de Moran igual a 0,553.

Apesar dos valores de Índice de Moran representarem significativa autocorrelação espacial nas combinações multivariadas, suas representações visuais através de *Box Maps* não definem uma delimitação factual de todas as RUHs do estado, havendo a identificação de conglomerados urbanos somente nas proximidades do município de São Paulo. Esse fato é observado devido às variáveis que integram tais combinações dizerem respeito, majoritariamente, à população – como a densidade demográfica – e ao transporte – como as viagens pendulares –, o que implica na identificação apenas de regiões extremamente urbanizadas, uma vez que tais dados caracterizam grandes discrepâncias em suas proporções quando comparados os 645 municípios do estado de São Paulo.

Dessa forma, os resultados obtidos pela técnica ESDA multivariada, analisados unicamente através do Índice de Moran, não sugerem o refinamento das técnicas de definição de RUHs. Portanto, uma análise conjunta deve, além de considerar aspectos quantitativos como a porcentagem de quadrantes Q1 dentro das RUHs oficiais (Tabela 1) e o Índice de Moran (Tabela 2), levar em consideração também os aspectos qualitativos dos

resultados obtidos, a exemplo da observação do espalhamento dos quadrantes HH (Q1) nos *Box Maps*.

Nesse sentido, as cinco combinações que alcançaram os maiores valores percentuais de municípios classificados como “Q1”(HH) dentro das RUHs oficiais (Tabela 1), podem ser observadas frente seus respectivos valores de Índice de Moran (Tabela 2), o que é ilustrado a seguir na Tabela 3.

Tabela 3 – Combinações bivariadas com os maiores valores percentuais de municípios classificados como “Q1”(HH) dentro das RUHs oficiais e seus valores de Índice de Moran

Variável Z_k	Variável Z_l	Índice de Moran
PIBm Agrícola per capita	Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	0,384
PIBm Agrícola per capita	PIBm Industrial per capita	0,185
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Agrícola per capita	0,373
Indicador de Oferta de Infra. Rodoviária	PIBm Industrial per capita	0,271
PIBm Industrial per capita	PIBm Agrícola per capita	0,197

A seguir, como base comparativa para a discussão dos resultados obtidos, a Tabela 4 ilustra os valores dos Índices de Moran calculados para cada conjunto de dados pertencentes a cada uma das variáveis exploradas neste estudo.

Tabela 4 – Índices de Moran Univariados

Variável	Índice de Moran
Densidade Demográfica Municipal	0,568
Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária	0,733
PIBm per capita	0,245
Viagens Pendulares de Saída	0,668
Viagens Pendulares de Entrada	0,161
PIBm Agrícola per capita	0,313
PIBm Industrial per capita	0,185

Observa-se que algumas combinações bivariadas possuem valor de Índice de Moran superior a diversas variáveis quando exploradas isoladamente. A exemplo, a

combinação entre o Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e o PIBm Agrícola per capita apresenta autocorrelação espacial (Índice de Moran igual a 0,373) maior que os conjuntos de dados das variáveis PIBm per capita, Viagens Pendulares de Entrada e PIBm Industrial per capita. Esta constatação evidencia a importância deste estudo ao promover a análise espacial multivariada de dados populacionais e de transportes em conjunto com dados econômicos, visando a definição de Regiões Urbanas Homogêneas.

Por fim, destaca-se que a combinação bivariada entre o PIBm Agrícola per capita e o Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária (ilustrada através de *Box Map* na Figura 11 e que obteve valor de Índice de Moran igual a 0,384) foi a iteração com maior destaque visual na clara definição das RUHs, como citado no último parágrafo da sessão 4.2.1 deste documento, além de ser a combinação que obteve a maior porcentagem de municípios classificados como Q1 (HH) localizados dentro da delimitação oficial de Regiões Urbanas Homogêneas (Tabela 1). Tal fato ratifica, mais uma vez, a eficácia da inserção de variáveis econômicas na análise multivariada de dados espaciais quando o objetivo é a definição de RUHs.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo foi motivado pelo potencial de a análise espacial multivariada de dados auxiliar na definição de Regiões Urbanas Homogêneas, conforme indicado por Aguiar, Manzato e Rodrigues da Silva (2020), o que se confirmou frente os resultados obtidos. A dificuldade de trabalhar com dados relacionados à população, à economia e ao transporte em países subdesenvolvidos, como o Brasil, também configurou um incentivo à realização deste trabalho ao impulsionar a busca por variáveis de domínio público e que fossem condizentes com o fenômeno da concentração populacional, conforme discutido na Revisão Bibliográfica.

Após observações e discussões sobre os resultados, conclui-se que as variáveis exploradas ao longo deste estudo estão, indubitavelmente, em consonância com os fenômenos de concentração populacional, além de possuírem as seguintes particularidades:

- Variáveis populacionais, quando analisadas espacialmente, conseguem indicar regiões-foco de intensa ocupação populacional, entretanto não são refinadas o suficiente para delimitar regiões urbanas com menores contingentes;
- Variáveis econômicas apresentam elevado potencial na definição de Regiões Urbanas Homogêneas, de forma que quanto mais discretizadas forem as informações comerciais de uma região, mais legítima será a delimitação do espaço urbanizado. Tal conclusão deriva-se da comparação entre os resultados obtidos pelo uso do PIBm total, equiparados com aqueles provenientes das frações agrícola e industrial do PIBm.

- Variáveis relacionadas aos transportes indicam o caráter dinâmico da ocupação territorial urbana e se mostram promissoras em um futuro cada vez mais tecnológico e computacional, que permite a obtenção de tais dados.

Portanto, a junção de diferentes conjuntos de dados – correlacionados entre si – resulta em um refinamento na definição de Regiões Urbanas Homogêneas, a exemplo do que ocorreu neste estudo frente à aplicação da técnica ESDA multivariada, a qual identificou uma maior quantidade de áreas verdadeiramente urbanizadas quando comparadas, por exemplo, aos trabalhos de Souza *et al.* (2019) e de Aguiar, Manzato e Rodrigues da Silva (2020). Conclui-se, assim, que tal fato é resultado da inserção de variáveis socioeconômicas em conjunto a dados populacionais e de transportes, explorados em estudos anteriores.

Mais especificamente, o uso do Produto Interno Bruto municipal per capita, subdividido em suas parcelas referentes à indústria e à agricultura, tiveram elevada autocorrelação espacial com o Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária proposto por Dias, Manzato e Rodrigues da Silva (2014). Esse fato se comprova através dos valores de Índice de Moran presentes na Tabela 2, assim como por meio da análise das porcentagens de municípios classificados como Q1 (HH) localizados dentro da delimitação oficial de Regiões Urbanas Homogêneas (Tabela 1), sendo este um indicador, por definição, de áreas nas quais o atributo (variável) analisado possui valor superior à média global e o valor médio desse atributo (ou de um outro, no caso do ESDA bivariado) nas áreas adjacentes também se encontra superior à média global. Portanto, como as variáveis escolhidas dizem respeito a fenômenos inerentes à concentração populacional, a presença de municípios classificados como Q1 dentro da delimitação oficial de RUHs é um forte indício da assertividade do método explorado neste estudo e, dessa forma, pode ser ampliada em estudos futuros frente a análise conjunta com os municípios classificados como Q3 pela técnica ESDA, uma vez que tal classificação designa regiões que, apesar de conterem uma variável com valor menor que a média global deste atributo, encontra-se em uma região onde a média de seus vizinhos é maior que a média global, indicando que está inserida em uma região de alta concentração populacional.

Dessa forma, sugere-se que estudos futuros acerca da definição de Regiões Urbanas Homogêneas continuem a explorar dados socioeconômicos de domínio público, combinados com variáveis populacionais e de transportes. Indica-se, também, a exploração

de novas divisões territoriais visando a aplicação de técnicas de análise espacial de dados para além dos limites municipais, a exemplo dos setores censitários, que apresentam grande perspectiva de avanço na delimitação de RUHs, conforme demonstrado por Souza e Manzato (2017). Por fim, frente a infinidade de meios pelos quais pode-se analisar os resultados obtidos neste estudo, outras possibilidades de observação de dados são aplicáveis, a exemplo de indicadores locais de associação espacial (LISA), que podem refinar a análise da dependência espacial entre as variáveis de interesse.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, P.; COSTA, E. M.; QUEIRÓS, M.; PADEIRO, M.; MOUSSELIN, G. Lezíria do Tejo: agriculture et étalement urbain aux marges métropolitaines de Lisbonne. *Cah Agric*, v. 22, p. 526-534, 2013.

AGUIAR, L. L.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Patterns of commuting flows for delimitating Functional Urban Regions in the state of São Paulo, Brazil. **Proceedings of the 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM)**, Adelaide, Austrália, 2017.

AGUIAR, L. L.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Combining travel and population data through a bivariate spatial analysis to define Functional Urban Regions, *Journal of Transport Geography*, Elsevier, v. 82, 2020.

AJAUSKAS, R.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. The Definition of Functional Urban Regions: Validation of a Set of Spatial Models with Recent Census Data and Analysis of an Additional Model Specification. **Proceedings of CAMUSS**, the International Symposium on Cellular Automata Modeling for Urban Spatial Systems, Porto, Portugal, p. 91-104, 2012.

AJAUSKAS, R.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Metropolização e infraestrutura de transporte: o caso da aglomeração urbana de Piracicaba. **XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Belém, Brasil, 2013.

ANSELIN, L. Exploratory Spatial Data Analysis in a Geocomputational Environment. In: Longley, P.A.; Brooks, S.M.; McDonnell, R.; Macmillian, W. (eds.), **Geocomputation: A Primer**. Wiley and Sons, New York, p. 77–94, 1998.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, p. 93–115, 1995.

ANSELIN, L.; SYABRI, I.; SMIRNOV, O. Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows. In Anselin, L. and Rey, S., editors, **New Tools for Spatial Data Analysis: Proceedings of the Specialist Meeting**. Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS), University of California, Santa Barbara, 2002.

ARELLANO RÍOS, A. La definición jurídica del fenómeno metropolitano en el ámbito subnacional mexicano. **Opinión Jurídica**, v. 13, n. 26, p. 91–108, 2014a.

ARELLANO RÍOS, A. La coordinación metropolitana en el ámbito subnacional mexicano: un análisis institucional. **Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal (DAAPGE)**, v. 14, n. 23, p. 33–70, 2014b.

ARELLANO RÍOS, A. Metropolitan coordination in Mexico. **Current Urban Studies**, v. 3, p. 11–17, 2015.

AYUDA, M. I.; COLLANTES, F.; PINILLA, V. From locational fundamentals to increasing returns: the spatial concentration of population in Spain, 1787–2000. **Journal of Geographical Systems**, V. 12, P. 25–50, 2010.

BAUM-SNOW, N. Changes in Transportation Infrastructure and Commuting Patterns in US Metropolitan Areas, 1960-2000. **The American Economic Review: Papers & Proceedings**, v. 100, n. 2, p. 378-382, 2010.

BEREITSCHAFT, B.; DEBBAGE, K. Regional variations in urban fragmentation among U.S. Metropolitan and Megapolitan Areas. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 7, n. 2, p. 119–147, 2014.

BERTOLUSSI, G. L; ELLERY JUNIOR, R. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 4, p. 101-132, 2012.

BURGER, M. J.; MEIJERS, E. J.; HOOGERBRUGGE, M. M.; TRESSERRA, J. M. Borrowed size, agglomeration shadows and cultural amenities in North-West Europe. **European Planning Studies**, v. 23, n.6, p. 1090–1109, 2015.

CALHOUN, J. B. Death squared: the explosive growth and demise of a mouse population. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**. v. 66, n. 1, p. 80–88, 1973.

CAMAGNI, R.; CAPELLO, R.; CARAGLIU, A. The rise of second-rank cities: What role for agglomeration economies. **European Planning Studies**, v. 23, n. 6, p. 1069–1089, 2015.

CAMPOS NETO, C. A. S. Reflexões sobre investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil. **Radar**, n. 47, p. 7-21, 2016.

CANEPARO, S. C.; RICOBOM, A. E. A cartografia prospectiva e a geração de mapas preditivos do uso e cobertura da terra – estudo de caso: perímetro urbano de Paranaguá – Paraná – Brasil. **Revista Ra'e Ga**, v. 31, p. 227-259, 2014.

CAO, R.; TU, W.; YANG, C.; LI, Q.; LIU, J.; ZHU, J.; ZHANG, Q.; LI, Q.; QIU, G. Deep learning-based remote and social sensing data fusion for urban region function recognition. **ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.** v. 163, p. 82–97, 2020.

CASTRO, C. C. A. Infraestrutura e desenvolvimento econômico: uma análise dos investimentos para o caso brasileiro. Monografia (graduação). **Universidade de Brasília**, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Economia, 80 p, 2014.

CASTELLO BRANCO, M.L.G.; PEREIRA, R.H.M.; NADALIN, V.G. Rediscutindo a Delimitação das Regiões Metropolitanas no Brasil: Um Exercício a Partir dos Critérios da Década de 1970. Texto para discussão TD. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Rio de Janeiro, 2013.

CHEN, Y.; LIU, X.; LI, X.; LIU, X.; YAO, Y.; HU, G.; XU, X.; PEI, F. Delineating urban functional areas with building-level social media data: A dynamic time warping (DTW)

distance based k-medoids method. **Landscape and Urban Planning**, v. 160, p. 48–60, 2017.

CHESHIRE, P.C.; HAY, D.G. Urban Problems in Western Europe: An Economic Analysis. **Unwin Hyman**, London, 1989.

CHESHIRE, P.C.; MAGRINI, S. Urban Growth Drivers in a Europe of Sticky People and Implicit Boundaries. **Journal of Economic Geography**, v. 9, p. 85–115, 2009.

COMBES, P. P.; OVERMAN, H. G. The spatial distribution of economic activities in the European Union. **Handbook of Regional and Urban Economics. Cities and Geography**, v. 4, n. 64, p. 2845-2909, 2004.

CRAIG, S.G.; KOHLHASE, J.E.; PERDUE, A.W. Empirical Polycentricity: The Complex Relationship Between Employment Centers. **Journal of Regional Science**, v. 56, p. 25-52, 2016.

CUNHA, J. M. P.; MIGLIORANZA, E. Valinhos: um novo padrão de cidade-dormitório? **Novas Metrôpoles Paulistas - População, vulnerabilidade e segregação**. NEPO/UNICAMP. v. 1, p. 539-560, 2006.

CUNHA, J. M. P. Migração e urbanização no Brasil: alguns desafios metodológicos para análise. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 3–20, 2005.

DEEP, S.; SAKLANI, A. Urban Sprawl Modeling using cellular automata, **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, v. 17, p. 179–187, 2014.

DIAS, R. S.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. A capacidade de infraestrutura rodoviária e sua relação com o processo de metropolização. **Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Curitiba, Brasil, 2014.

DROBNE, S. Functional Regions And Areas: Literature Review According To Application Fields. **Geodetski Vestnik**, v. 61, n. 1, p. 35–57, 2017.

FERGUSON, M.; ALI, K.; OLFERT, M. R.; PARTRIDGE, M. Voting with their Feet: Jobs versus Amenities. **Growth and Change**, v. 38, p. 77–110, 2007.

FINDLAY, R.; O'ROURKE, K. Power and Plenty: Trade, War, and the World Economy in the Second Millennium. **Princeton University Press**, Princeton, NJ, 2007.

GAO, Y.; FENG, Z.; WANG, Y.; LIU, J.; LI, S.; ZHU, Y. Clustering urban multifunctional landscapes using the self-organizing feature map neural network model. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 140, n. 2, 2014.

GAO, S.; JANOWICZ, K.; COUCLELIS, H. Extracting urban functional regions from points of interest and human activities on location-based social networks. **Transactions in GIS**, v. 21, n. 3, p. 446–467, 2017.

GIBLIN, M.; RYAN, P. Tight clusters or loose networks? The critical role of inward foreign direct investment in cluster creation. **Regional Studies**, v. 46, n. 2, p. 245–258, 2012.

GILBERT, B. A. Agglomeration, Industrial Districts and Industry Clusters: Trends of the 21st Century Literature. **Foundations and Trends R in Entrepreneurship**, v. 13, n. 1, p. 1–80, 2017.

GUASTELLA, G.; PAREGLIO, S. Urban spatial structure and land use fragmentation: the case of Milan FUA. **Aestimum**, v. 69, p. 153-164, 2017.

HAN, Y.; GOETZ, S. J. Overlapping Labour Market Areas based on Link Communities. **Papers in Regional Science**, v. 98, n.1, p. 539–53, 2019.

HE, C.; MAO, X. (2016). Population dynamics and regional development in China. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, 2016.

HENDERSON, J.V.; VENABLES, A. The Dynamics of City Formation. **Review of Economic Dynamics**, v. 12, p. 233–254, 2009.

HUANG, X.; LU, Q.; ZHANG, L. A Multi-index Learning Approach for Classification of High-Resolution Remotely Sensed Images over Urban Areas. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 90, p. 36-48, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro, 2012.

JARGOWSKY, P. A. Ecological Fallacy. **Encyclopedia of Social Measurement**, v. 1, p. 715-722, 2005.

KAUFFMANN, A. Delineation of city regions based on commuting interrelations: The example of large cities in Germany. **IWH-Diskussionspapiere**, v.4, 2012.

KLAPKA, P; HALAS, M.; TONEV, P. Functional regions: concept and types. **16th International Colloquium on Regional Sciences, Conference Proceedings**. Brno, Masaryk University, p. 94-101, 2013.

KRALICH, S. Urbanización y transporte. Algunos aportes conceptuales. **Revista Transporte Y Territorio**, v. 15, p. 41-67, 2016.

KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. **American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955.

LA BLACHE, P. V. **Princípios de geografia humana**. 2.ed. Lisboa: Cosmos,1954.

LEFEBVRE, H. La production de l'escape. **Madrid: Capitan Swing Libros**, p. 15-32, 1974.

LIU, X.; TIAN, Y.; ZHANG, X.; WAN, Z. Identification of Urban Functional Regions in Chengdu Based on Taxi Trajectory Time Series Data. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 3, 2020.

LEMOS, D. S. C. P. S.; SANTOS, M. P. S.; PORTUGAL, L. S. Análise da Relação entre o Sistema de Transporte e a Exclusão Social na Cidade do Rio de Janeiro. **Revista Engevista**, v. 6, n. 3, p. 36-53, 2004.

LEMOS, D. S. C. P. S.; SANTOS, M. P. S.; PORTUGAL, L. S. Análise das Relações Existentes entre o Uso do Solo e o Sistema de Transportes na Cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Anais eletrônicos do 1o Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável, PLURIS**, São Carlos, Brasil, 2005.

LUTZ, J.M. Determinants of Population Growth in Urban Centres in the Republic of Ireland. **Urban Studies**, v. 38, p. 1329–1340, 2001.

MALTHUS, T. **An essay on the principle of population**. As it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet and other writers. 1. ed. London: J. Johnson in St Paul's Church-yard, 1798.

MANZATO, G.G.; BARIA, I.; RODRIGUES DA SILVA, A.N. A GIS-based comparison of methodologies for the definition of metropolitan areas in a developing country. In: **Proceedings of 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, Iguazu Falls, Brazil, 2007.

MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Incorporando um indicador de oferta de infraestrutura de transportes na definição de regiões metropolitanas. **Anais do XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Brasília, Brasil, v. 1, p. 341- 352, 2006.

MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Uma estrutura conceitual para a definição de regiões urbanas homogêneas. **Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Spatial-Temporal Combination of Variables for Monitoring Changes in Metropolitan Areas, **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. .3, n. 1, p. 25–44, 2010.

MARTÍNEZ-ALIER, J.; PASCUAL, U.; VIVIEN, F.-D.; ZACCAI, E. Sustainable de-growth: mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. **Ecological Economics**, v. 69, n. 9, p. 1741–1747, 2010.

MARX, K.; ENGELS, F. Manifesto comunista. São Paulo, Boitempo, 2010.

MASSABKI, J. A. R.; PEIXOTO, A. S. P.; KAISER, I. M. e MANZATO, G. G. Modelagem dos padrões da expansão urbana da Região Metropolitana de São Paulo baseada em Autômatos Celulares. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, supl. 1, p. 361-371, 2017.

MATIOLLI, J. A. C.; OLIVEIRA JUNIOR, M. A.; MANZATO, G. G. Modelagem espacial para a definição de regiões urbanas homogêneas incorporando recentes dados demográficos e de oferta de infraestrutura rodoviária. **Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

MCCANN, P.; ACS, J. Globalization: Countries, Cities and Multinationals, **Regional Studies**, v. 45, n. 1, p. 17-32, 2011.

MOURA, R.; CARVALHO, I. Estatuto da Metrôpole: onde está a região metropolitana? In: **Observatório das Metrôpoles**, 2012. Disponível em: http://observatoriodasmetrololes.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=455%3A-estatuto-da-metr%C3%B3pole-onde-est%C3%A1-a-regi%C3%A3o-metropolitana%3F&Itemid=165&lang=pt. Acessado em 27, mai, 2020.

NIEMEYER, J.; ROTTENSTEINER, F.; SOERGEL, U. Contextual Classification of Lidar Data and Building Object Detection in Urban Areas. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 152-165, 2014.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Banco de Dados de Movimento Pendular - Municípios Brasileiros**, 2013. Disponível em: http://www.observatoriodasmetrololes.net/index.php?option=com_content&view=article&id=152&Itemid=155&lang=pt. Acessado em 15, mar, 2020.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). **OECD Regions at a Glance 2016**. OECD Publishing, Paris, 2016.

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET. Alternative approaches to defining metropolitan and non-metropolitan areas. **Federal Register**, v. 63, n. 244, 1998.

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET. Standards for Delineating Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas; Notice. **Federal Register**, v. 75, n. 123, 2010.

OLIVEIRA D'ANTONA, A. Do mito malthusiano ao das relações recíprocas – a constituição interdisciplinar do campo de População e Ambiente. **Revista Brasileira De Estudos De População**, v. 34, n. 2, p. 243-270, 2017.

ONU (Organização das Nações Unidas). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/420), Nova Iorque, 2019.

OSMAN, T.; DIVIGALPITIYA, P.; ARIMA, T. Modeling urban growth scenarios in Cairo Metropolitan Region 2035. **Proceedings of International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, CUPUM**, p. 213-218, 2015.

PARTRIDGE, M. D.; BOLLMAN, R. D.; OLFERT, M. R.; ALASIA, A. Riding the Wave of Urban Growth in the Countryside: Spread, Backwash, or Stagnation? **Land Economics**, v. 83, p. 128–152, 2007.

PARTRIDGE, M. D.; RICKMAN, D. S.; ALI, K.; OLFERT, M. R. Lost in Space: Population Growth in the American Hinterlands and Small Cities. **Journal of Economic Geography**, v. 8, p. 727–757, 2008.

PARTRIDGE, M. D.; RICKMAN, D. S.; OLFERT, M. R.; ALI, K. Dwindling U.S. internal migration: Evidence of spatial equilibrium or structural shifts in local labor markets? **Regional Science and Urban Economics**, Elsevier, v. 42, n. 1, p. 375-388, 2012.

PEREIRA, H. T. S.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Comparing spatial analysis methods for the definition of Functional Urban Regions - the case of Bahia, Brazil. In: **Proceedings of 10th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning**, Eindhoven, The Netherlands, 2010.

PIKETTY, T. O Capital no Século XXI. **Editora Intríntrica**, Rio de Janeiro, 2014.

PORTNOV, B. A. Long-term Growth of Small Towns in Israel: Does Location Matter? **Annals of Regional Science**, v. 38, p. 627–653, 2004.

QIAN, Z.; LIU, X.; TAO, F.; ZHOU, T. Identification of Urban Functional Areas by Coupling Satellite Images and Taxi GPS Trajectories. **Remote Sensing**, v. 1, n. 15, 2020.

QI, Y.; YU, Y.; DONG, W. J. Coordination Analysis on Urbanization Level and Land Use Efficiency of Xinjiang Based on ESDA. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 12, p. 1819-1823, 2013.

RAMOS, R. A. R.; RODRIGUES DA SILVA A. N. A Data-driven Approach for the Definition of Metropolitan Regions. **Anais eletrônicos do VIII International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, CUPUM**, Sendai, Japão, 2003a.

RAMOS, R. A. R.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Um Contributo para a Delimitação da Área Metropolitana do Noroeste de Portugal. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 3, p. 61-82, 2003b.

RAMOS, R. A. R.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; MIRANDA, V. P. A Comparison of Two Methods for the Definition of Regional Metropolitan Areas through an Application in the North of Portugal. **Anais eletrônicos do 44th European Congress of the European Regional Science Association**, Porto, Portugal, 2004.

RAMOS, R. A. R.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. A spatial analysis approach for the definition of metropolitan regions - the case of Portugal. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 34, n. 1, p. 171-185, 2007.

RODRIGUES DA SILVA, A. N.; COSTA, M. S.; MACEDO, M. H. Multiple views of sustainable urban mobility: the case of Brazil. **Transport Policy**, v.15, n.6, p.350–360, 2008.

RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PEREIRA, H. T. S.; MANZATO, G. G. Spatial Analysis Methods and Variables Applied for the Definition of Functional Urban Regions - A Comparative Study in Brazil. **Proceedings of the 12th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, Lake Louise, Canadá, 2011.

RODRIGUES DA SILVA, A. N.; PEREIRA, H. T. S.; MANZATO, G. G. Defining Functional Urban Regions in Bahia, Brazil, using roadway coverage and population density variables. **Journal of Transport Geography**, v. 36, p. 79-88, 2014.

ROYUELA, V.; MORENO, R.; VAYA, E. Influence of Quality of Life on Urban Growth: A Case Study of Barcelona, Spain. **Regional Studies**, v. 44, p. 551–567, 2010.

ROYUELA, V. Modelling Quality of Life and Population Growth. The Case of the Barcelona Metropolitan Area. **Spatial Economic Analysis**, v. 6, n. 1, p. 83–109, 2011.

SAHOO, S. N.; PEKKAT, S. Determination of urbanization based on imperviousness. **Urban Design and Planning**, v. 167, n. DP2, p. 49-57, 2014.

SANTOS, S. P.; MANZATO, G. G.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Estratégias para a determinação da densidade populacional visando a definição de regiões urbanas homogêneas por meio de técnicas de análise espacial. **Anais do 6º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**, Lisboa, Portugal, 2014.

SCHNEIDER, F.; KALLIS, G.; MARTINEZ-ALIER, J. Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue. **Journal of Cleaner Production**. v. 18, n.6, p. 511–518, 2010.

SCOTT, A.J. Jobs or Amenities? Destination Choices of Migrant Engineers in the USA. **Papers in Regional Science**, v. 89, p. 43–63, 2010.

SEN, A. Desenvolvimento como liberdade, Cap. 1 e 2. 1 ed. São Paulo: **Companhia das letras**, 2001.

SOHN, J. Does city location determine urban population growth? The case of small and medium cities in Korea. **Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie**, v. 103, p. 276–292, 2012.

SOUZA, V. L. C.; MANZATO, G. G. Comparação de técnicas de análise espacial aplicadas a setores censitários visando a identificação de Regiões Urbanas Homogêneas. **Anais do SINGEURB 2017 - I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana**, São Carlos, 2017.

SOUZA, V. L. C.; TARCHA, L. I.; MARIANO, E. B.; MANZATO, G. G. O uso de dados socioeconômicos para definir Regiões Urbanas Homogêneas. **Anais do SIMPEP 2019 - XXVI Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, 2019.

SCHMIDT, S.; FINA, S.; SIEDENTOP, S. Post-socialist Sprawl: A Cross-Country Comparison. **European Planning Studies**, v. 23, n. 7, p. 1357-1380, 2015.

SUPRANI, R. O investimento em infraestrutura: desenvolvimento, comércio exterior e caso brasileiro. Dissertação (Mestrado). **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 81 p., 2012.

TAUBENLOCK, H.; WURM, M. disP Service. **disP - The Planning Review**, v. 51, n. 3, p. 78–89, 2015.

TOMITA, K. K.; MANZATO, G. G. A influência da oferta de infraestrutura rodoviária nos processos de metropolização. **Anais do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET**, Recife, Brasil, 2017.

TUKEY, J.W. Explory Data Analysis. **Addison-Wesley Publishing Company Reading**, Massachusetts – Menlo Park, California, London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Sydney, 1977.

UNITED NATIONS: The 2014 revision. **Population Division**. Department of Economic Affairs. United Nations Publications, 2014.

VAN DEN BERGH, J.C.J.M. Environment versus growth — A criticism of “degrowth” and a plea for “a-growth”. **Ecological Economics**, v.70, n.1, p. 881–890, 2011.

VAN DEN BERGH, J.C.J.M. The GDP paradox. **Journal of Economic Psychology**, v. 30, p. 117-135, 2009.

VAN DER HEIJDE, P. New Urban Centres In The Netherlands, Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. **Royal Dutch Geographical Society KNAG**, v. 103, n. 3, p. 362-373, 2012.

WEBER, C. Urban agglomeration delimitation using remote sensing data. In J. P. Donnay, M. J. Barnsley & P. A. Longley (Eds.), **Remote sensing and urban analysis**. London: Taylor & Francis, p. 145–159, 2001.

WILLIAMS, A. M.; FOORD, J.; MOONEY, J. Human mobility in functional urban regions: understanding the diversity of mobilities. **International Review of Sociology**, v. 22, n. 2, p. 191-209, 2012.

YAN, Y.; WANG, Y.; DU, Z.; ZHANG, F.; LIU, R.; YE, X. Where Urban Youth Work and Live: A Data-Driven Approach to Identify Urban Functional Areas at a Fine Scale. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.9, n. 1, 2020.

YUAN, N. J.; ZHENG, Y.; XIE, X.; WANG, Y.; ZHENG, K.; XIONG, H. Discovering urban functional zones using latente activity trajectories. **IEEE Transactions. Knowledge and Data Engineering**, v. 27, n. 3, p. 712–725, 2015.

ZORONDO-RODRÍGUEZ, F. Z.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DEMPS, K.; ARIZAMONTOBBIO, P.; GARCIA, C. A.; REYES-GARCÍA, V. What Defines Quality of Life? The Gap Between Public Policies and Locally Defined Indicators Among Residents of Kodagu, Karnataka (India). **Social Indicators Research**, v. 115, n. 1, p. 441-456, 2014.

7 APÊNDICES

7.1 *Box Maps* referentes às combinações multivariadas não selecionadas nos resultados

A seguir são apresentados os *Box Maps* referentes às combinações multivariadas que não apresentam relevância na resolução do problema apresentado nesta obra, mas que podem ter aplicabilidade em outros estudos que envolvam a análise espacial de dados relacionados às variáveis em voga.

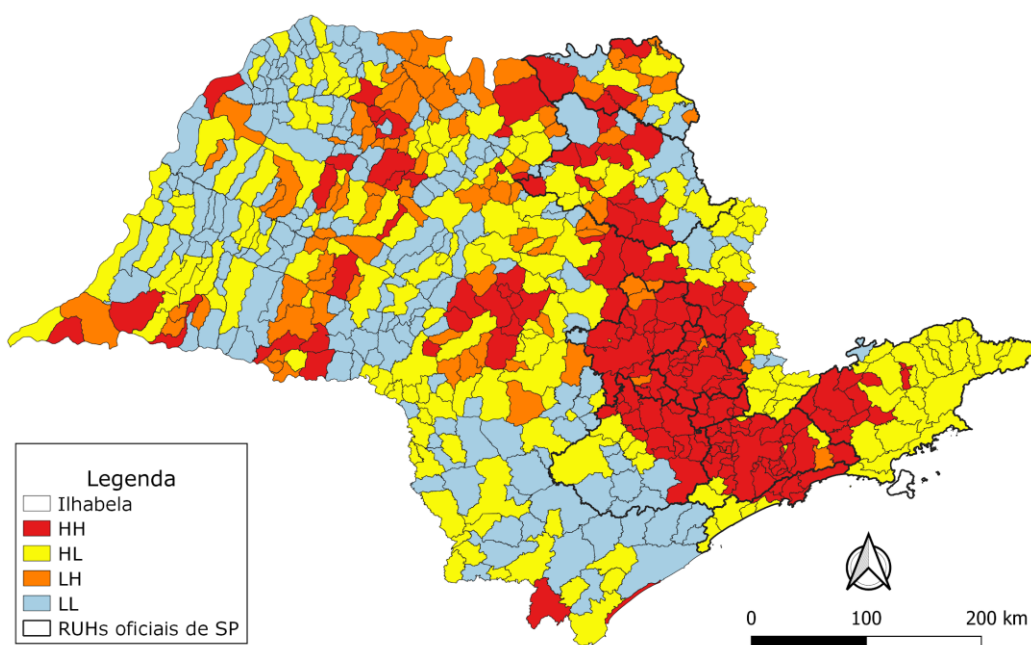


Figura A1 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e PIBm per capita

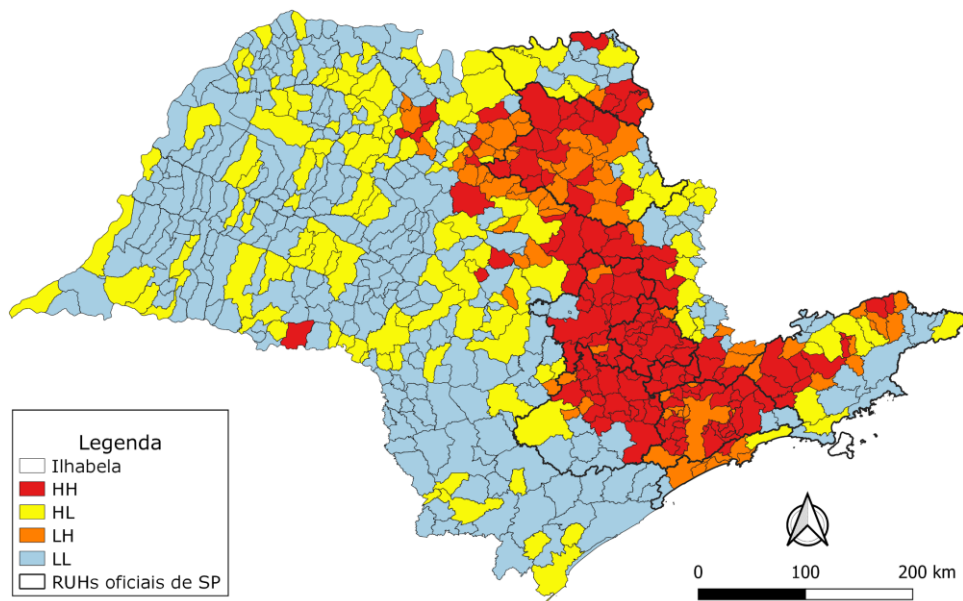


Figura A2 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

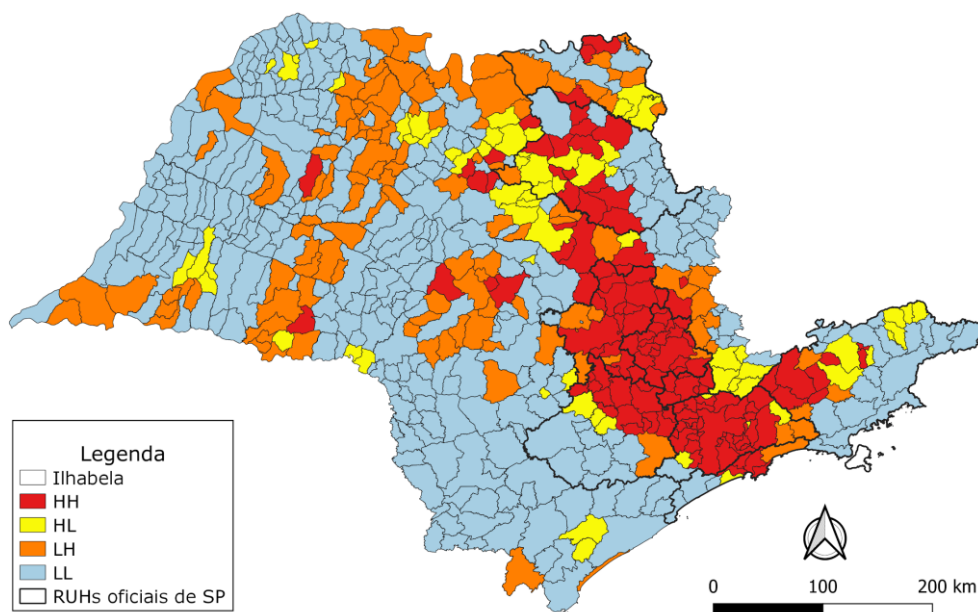


Figura A3 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e PIBm per capita

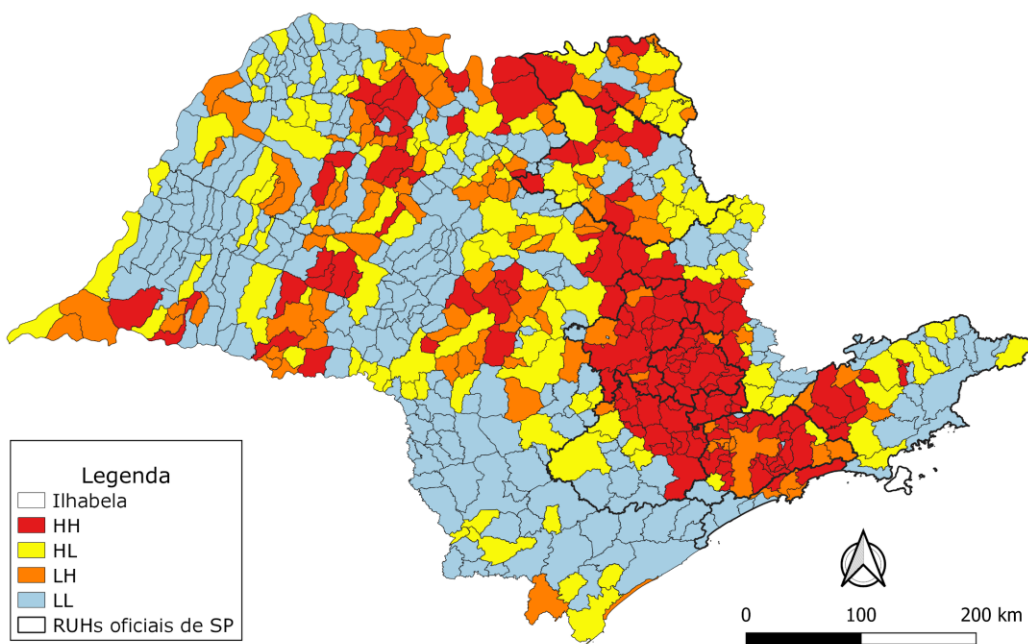


Figura A4 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e PIBm per capita

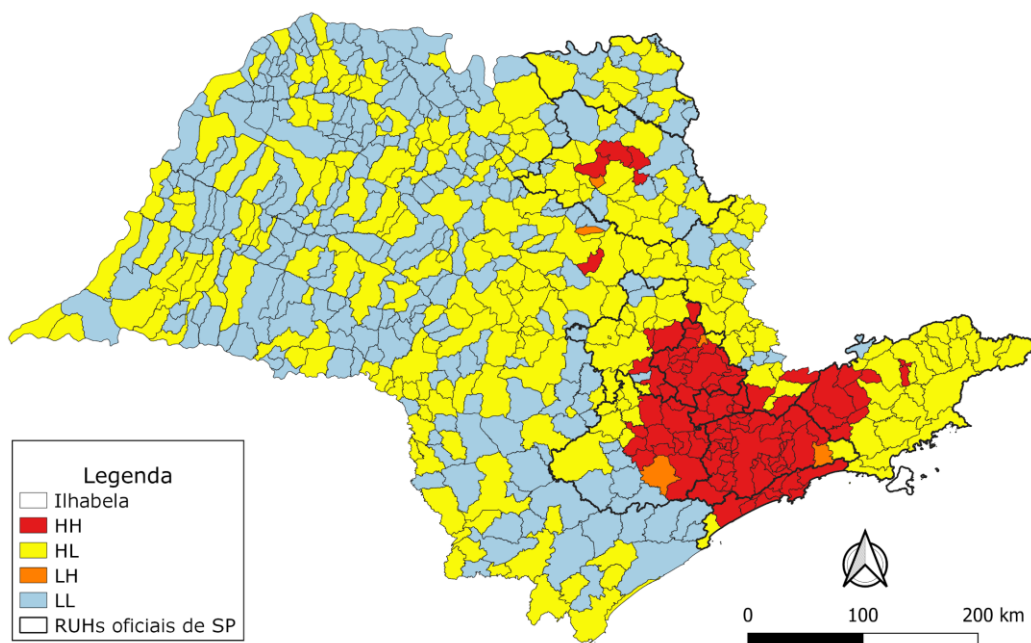


Figura A5 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Viagens Pendulares de Saída

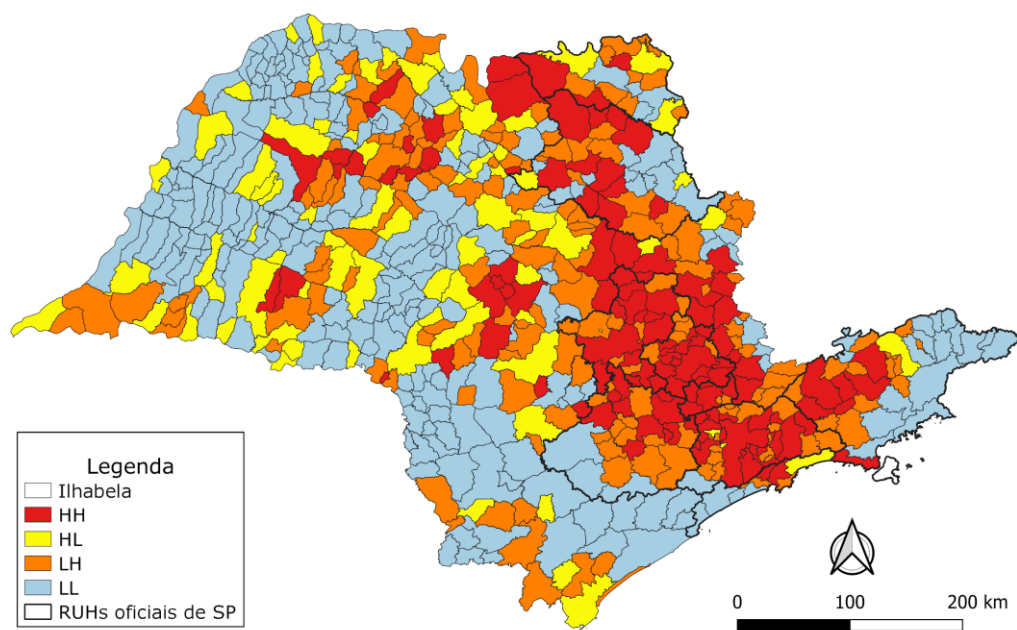


Figura A6 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e PIBm Industrial per capita

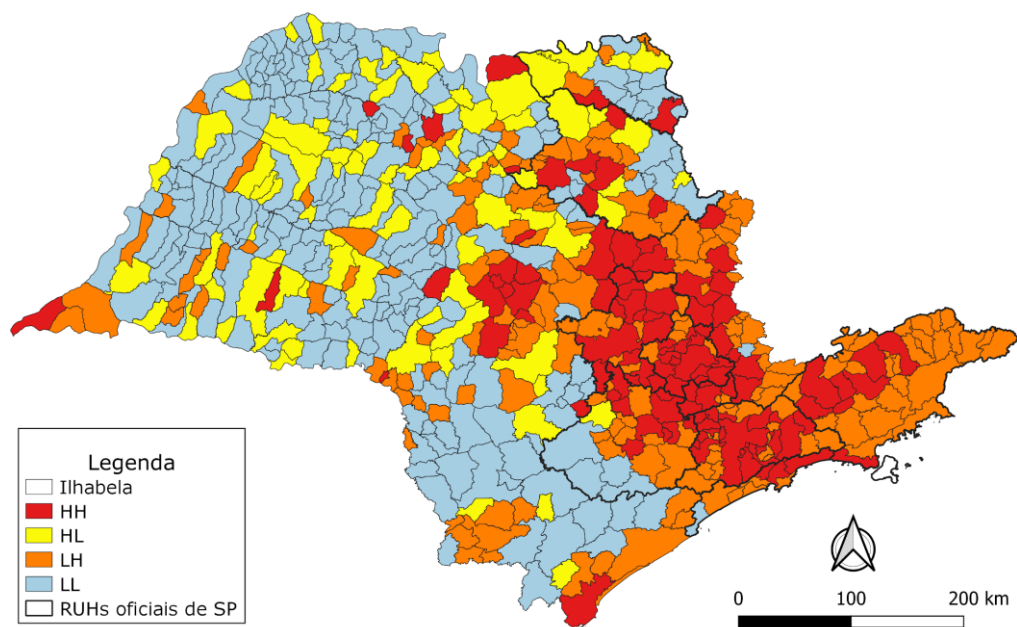


Figura A7 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e PIBm Agrícola per capita

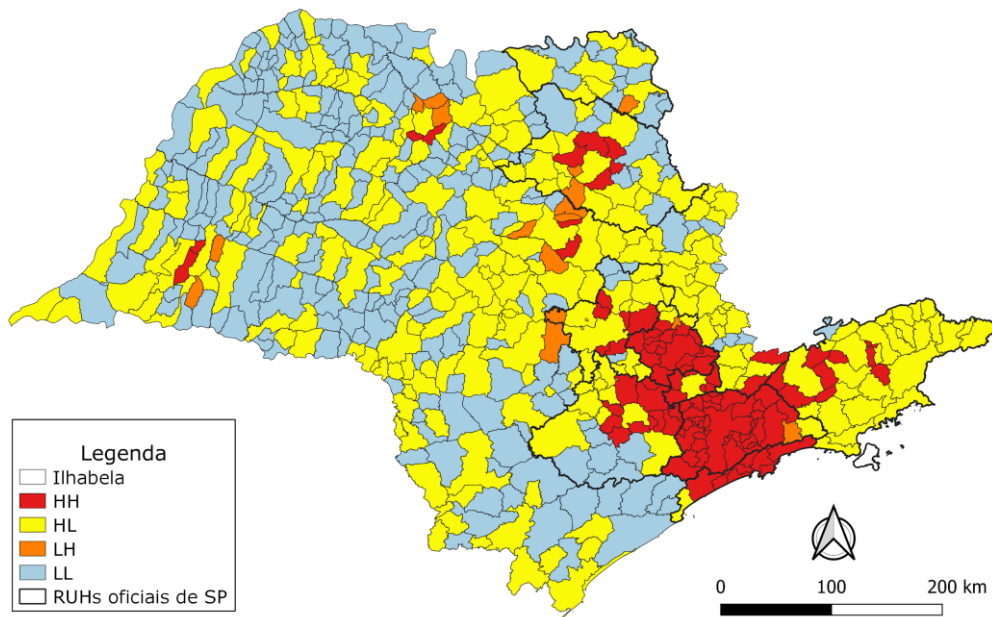


Figura A8 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Viagens Pendulares de Entrada

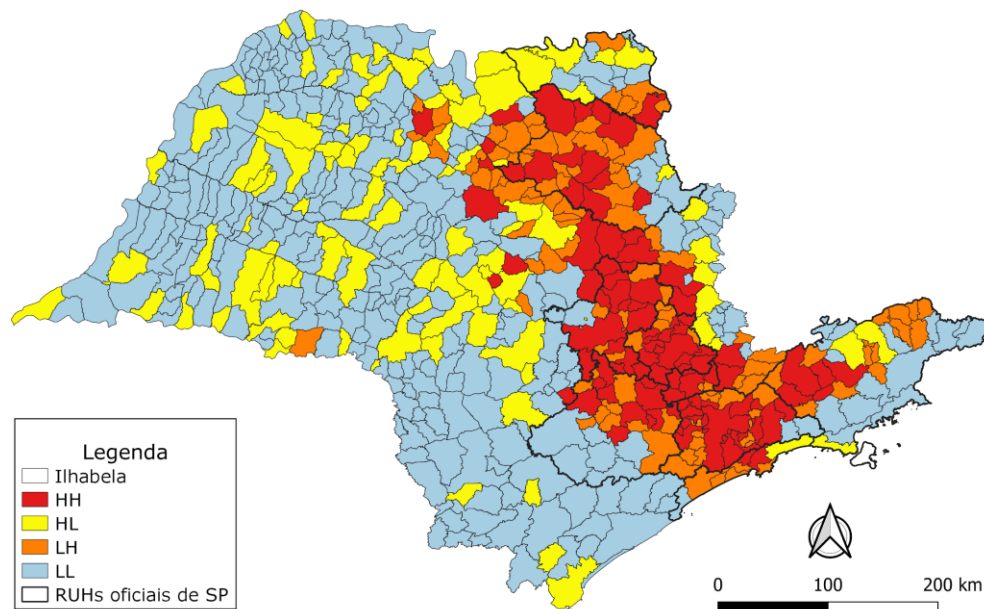


Figura A9 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

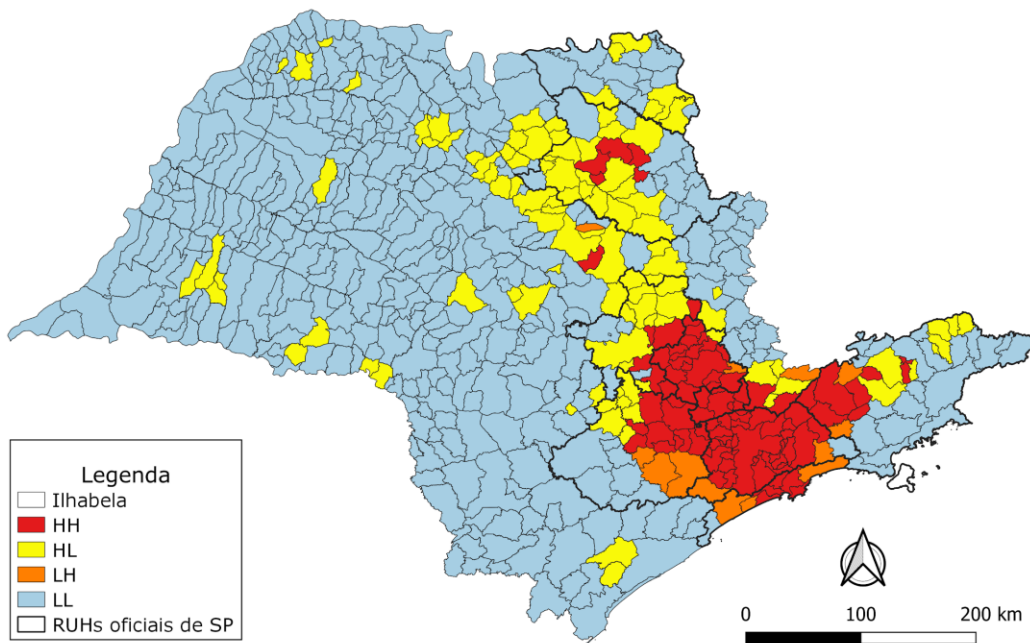


Figura A10 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Saída

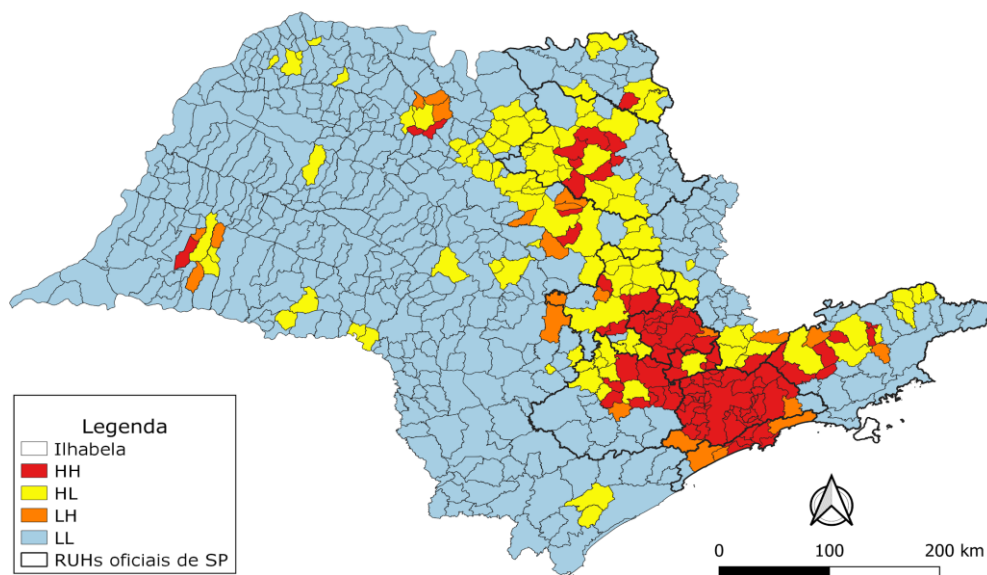


Figura A11 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Viagens Pendulares de Entrada

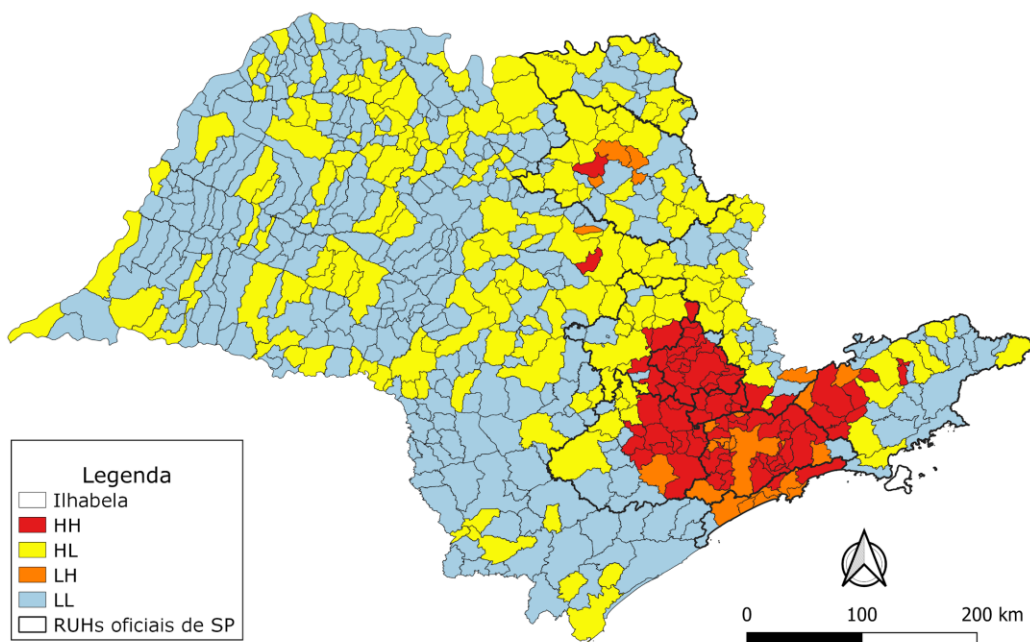


Figura A12 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Viagens Pendulares de Saída

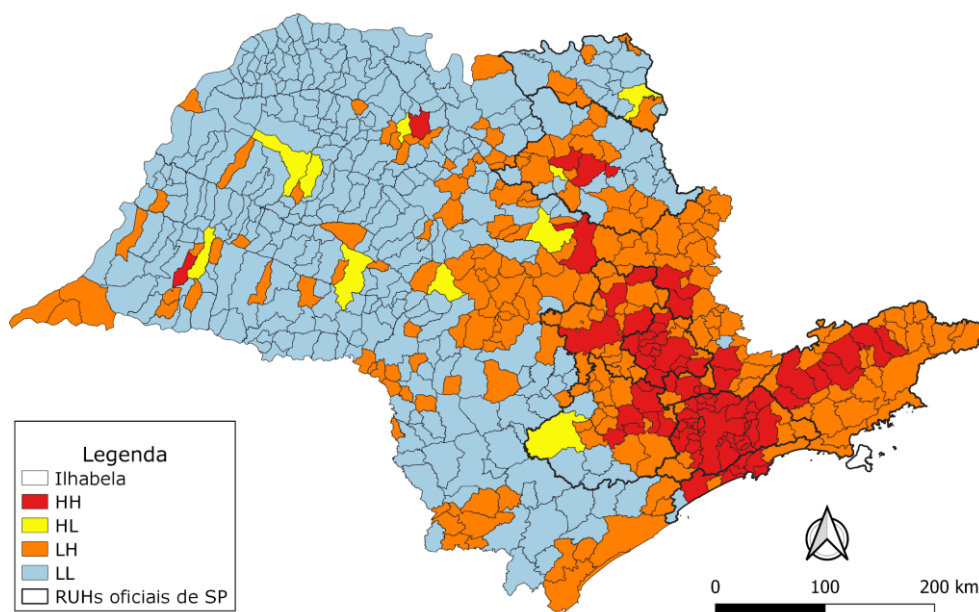


Figura A13 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm Agrícola per capita

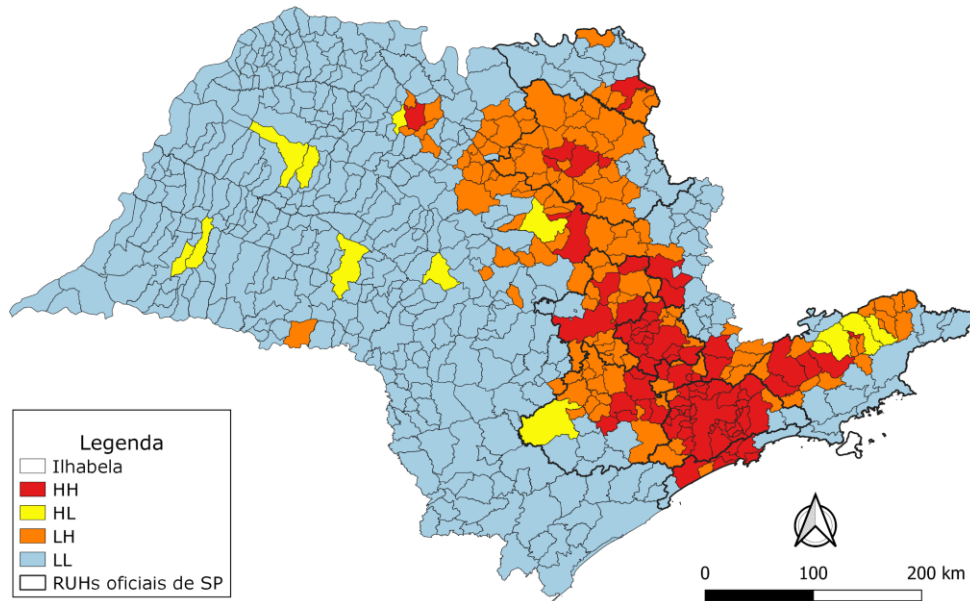


Figura A14 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

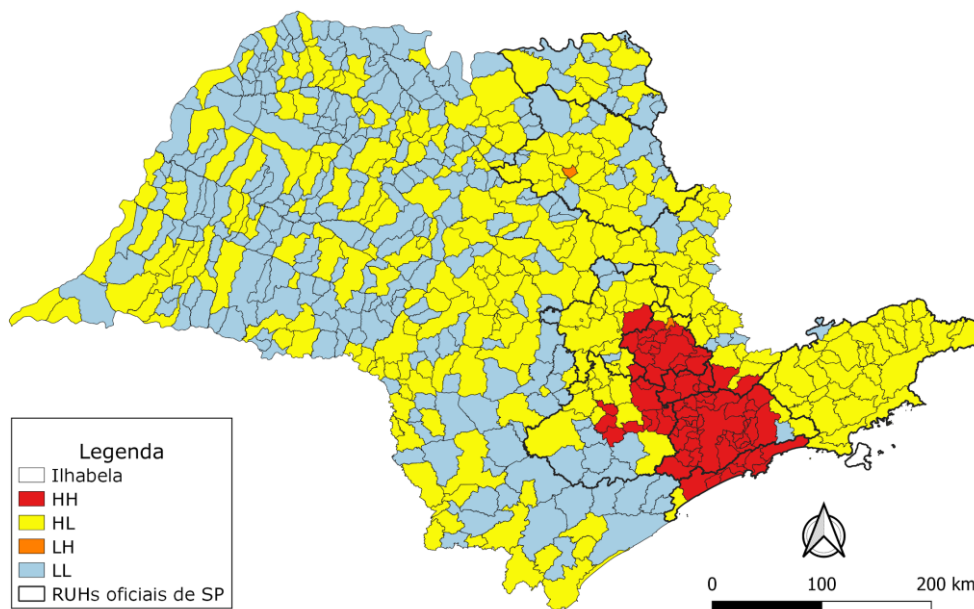


Figura A15 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Agrícola per capita e Densidade Demográfica Municipal

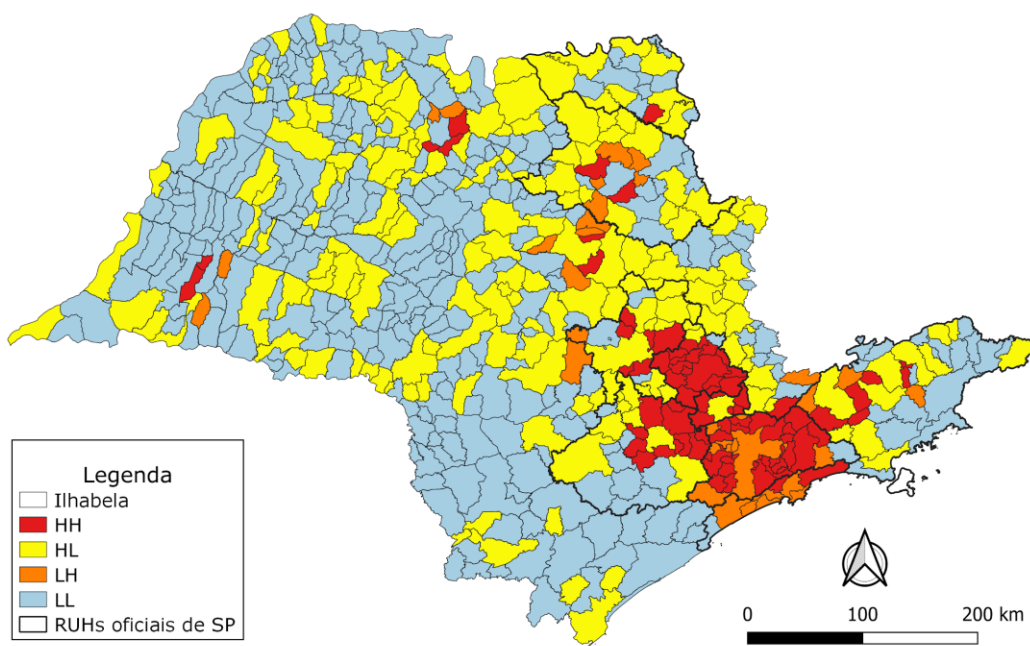


Figura A16 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Viagens Pendulares de Entrada

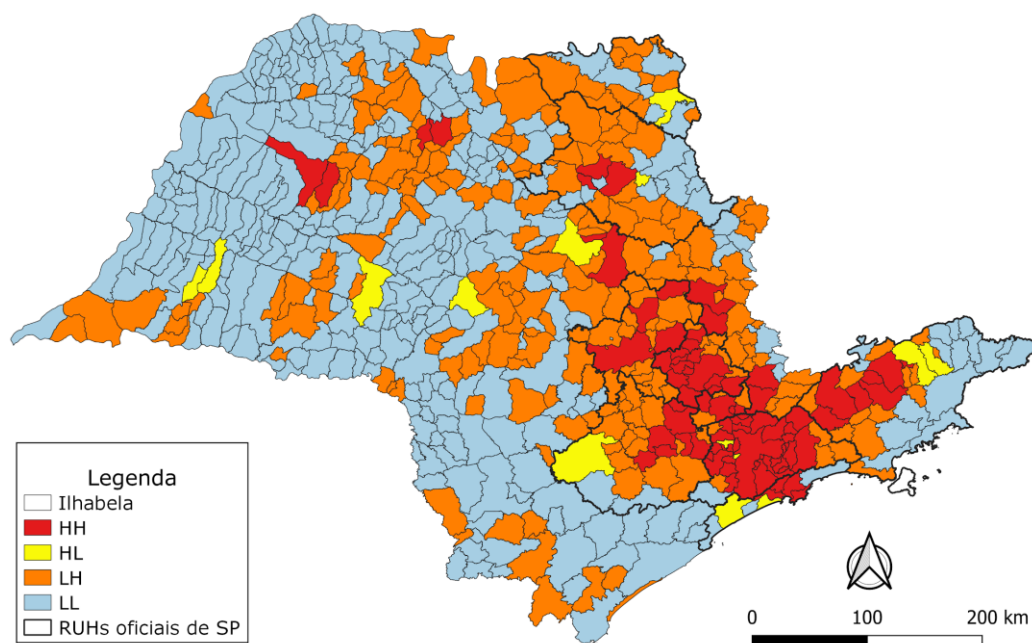


Figura A17 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm Industrial per capita

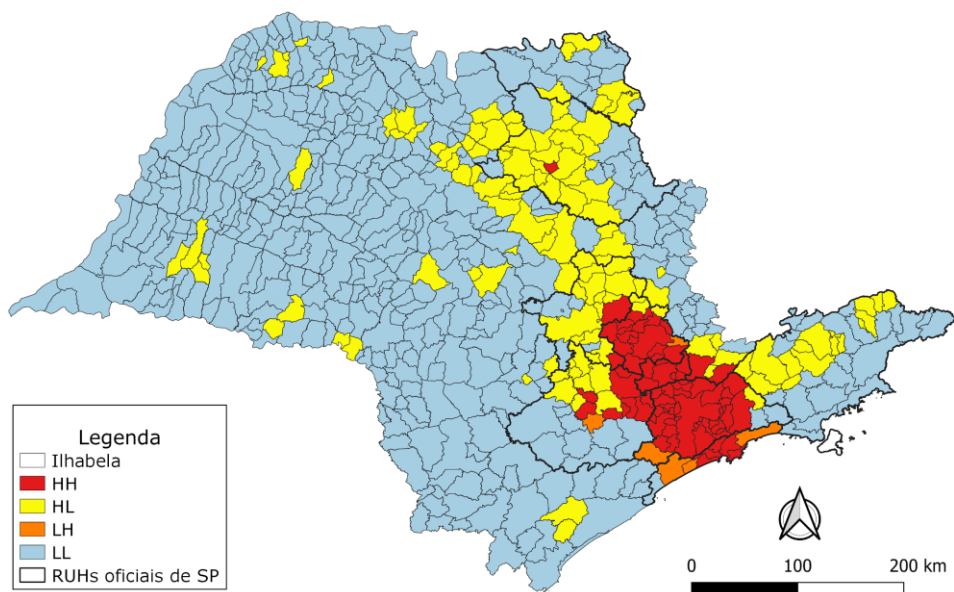


Figura A18 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária e Densidade Demográfica Municipal

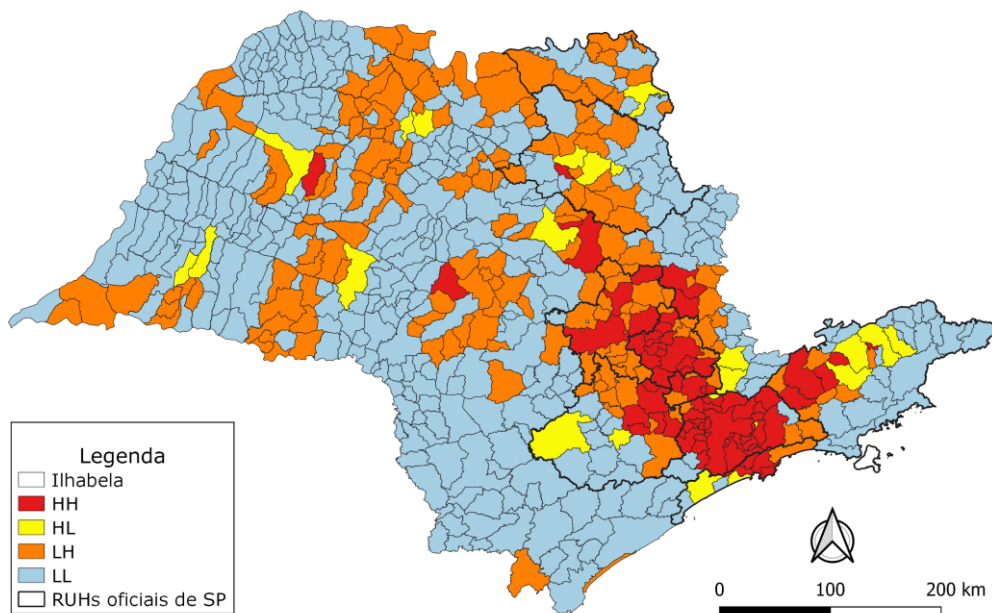


Figura A19 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e PIBm per capita

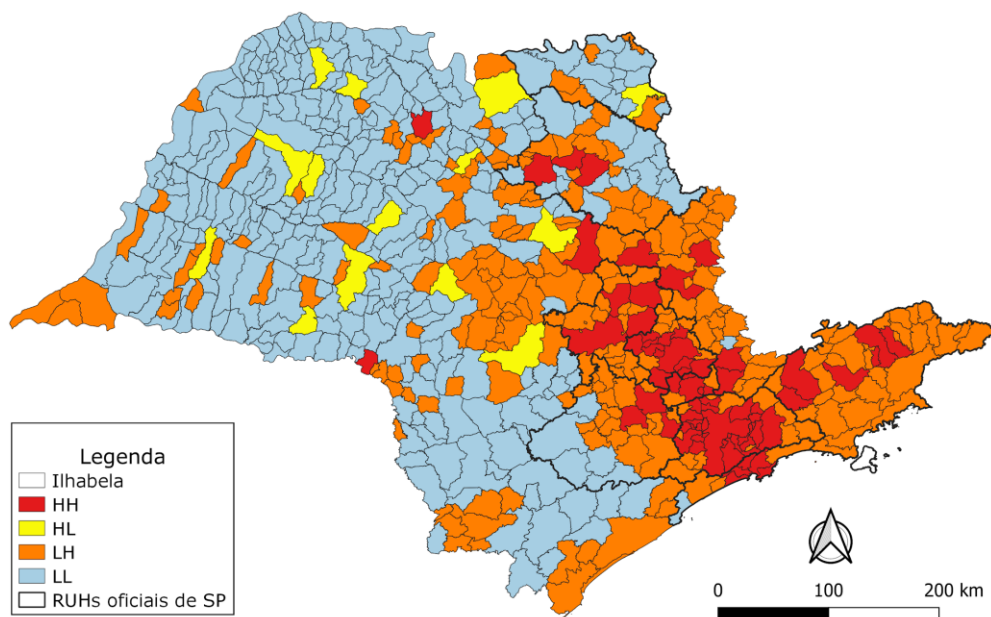


Figura A20 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm Agrícola per capita

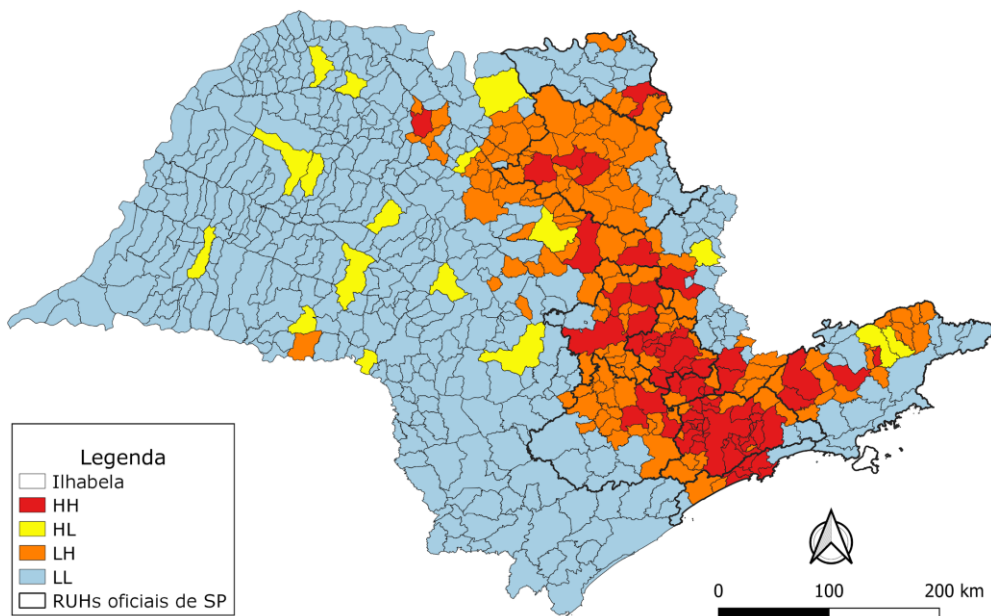


Figura A21 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

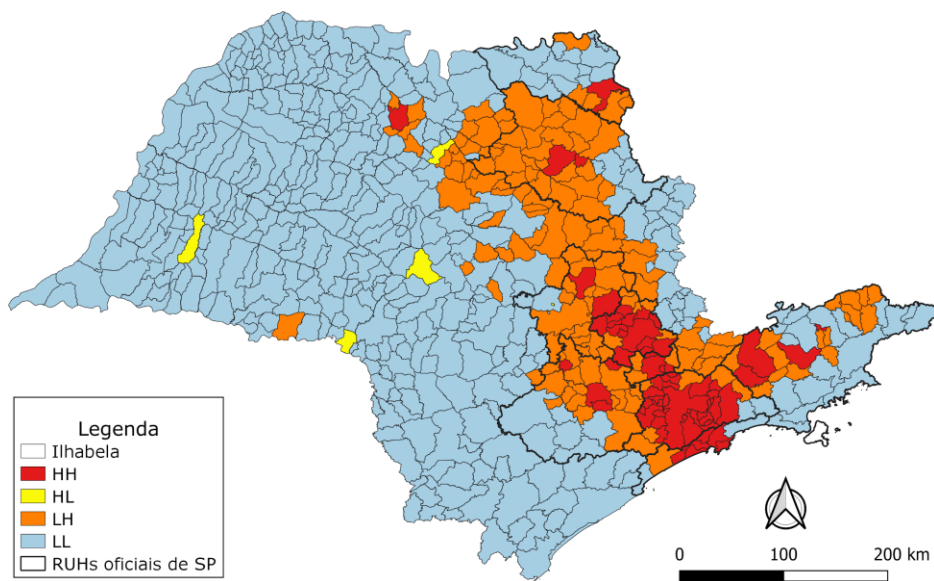


Figura A22 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica e Indicador de Oferta de Infraestrutura Rodoviária

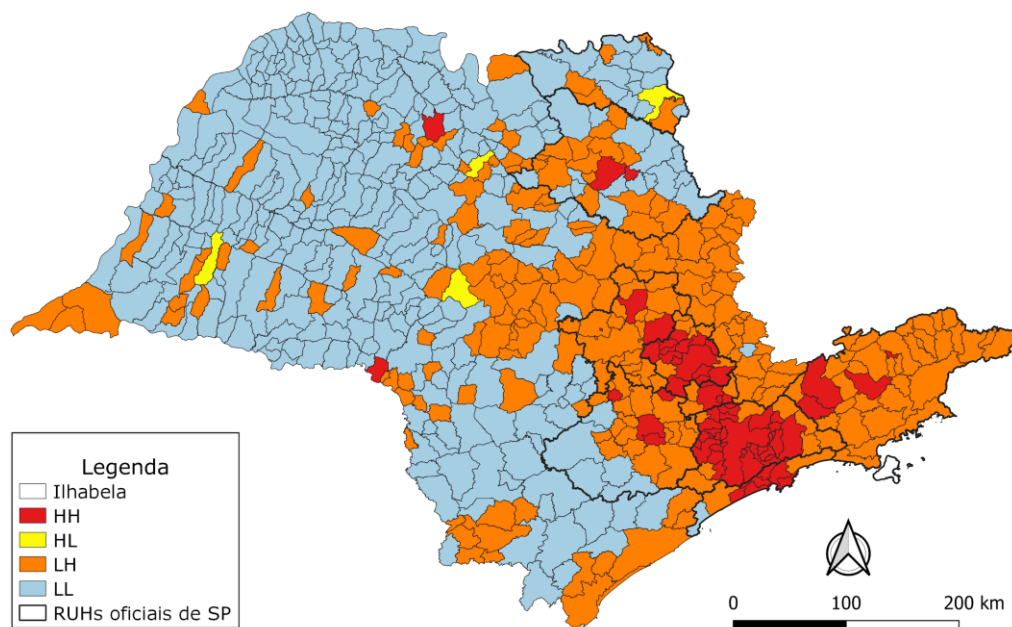


Figura A23 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm Agrícola per capita

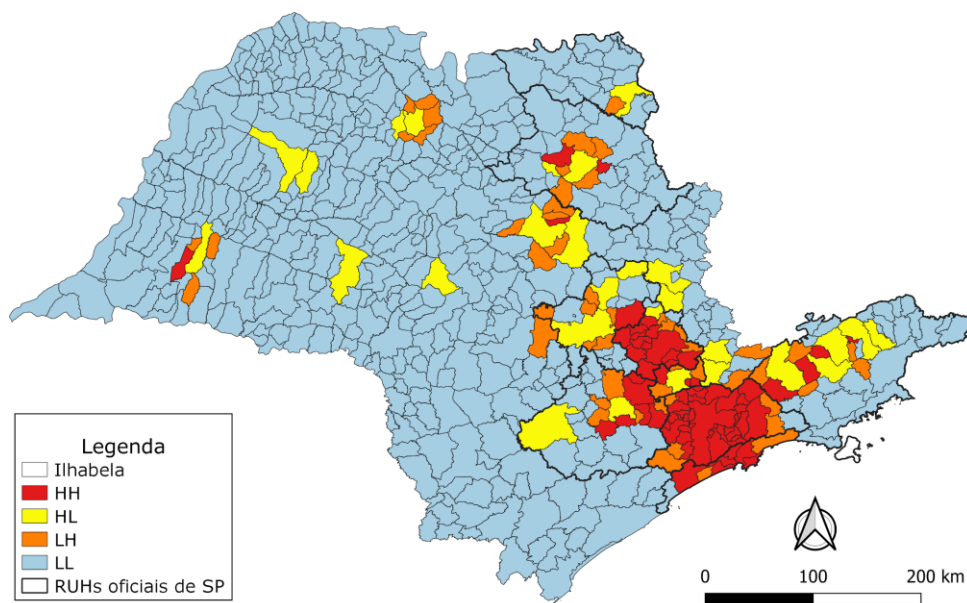


Figura 24 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Viagens Pendulares de Entrada

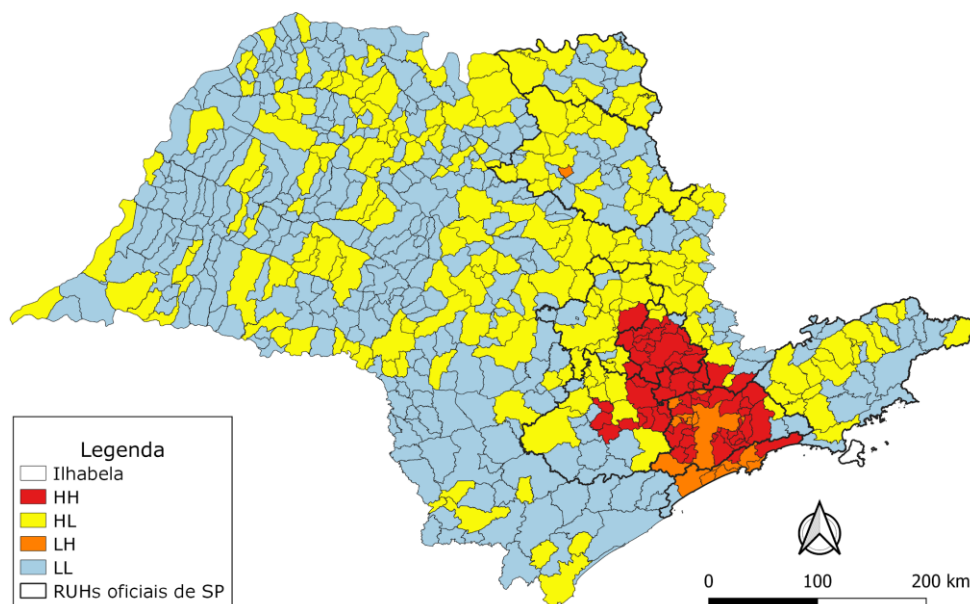


Figura A25 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm Industrial per capita e Densidade Demográfica Municipal

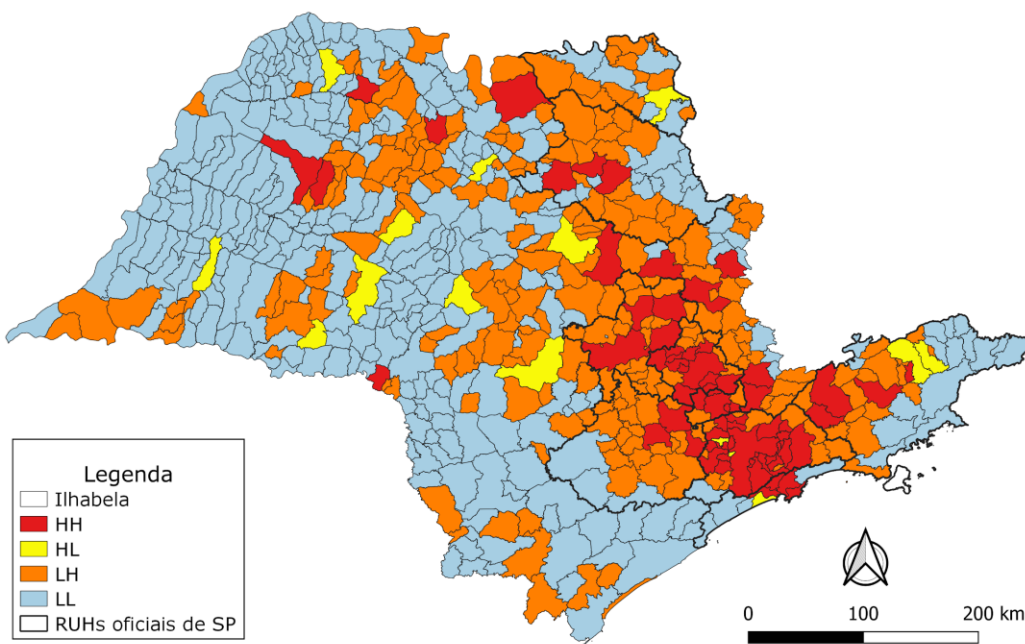


Figura A26 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm Industrial per capita

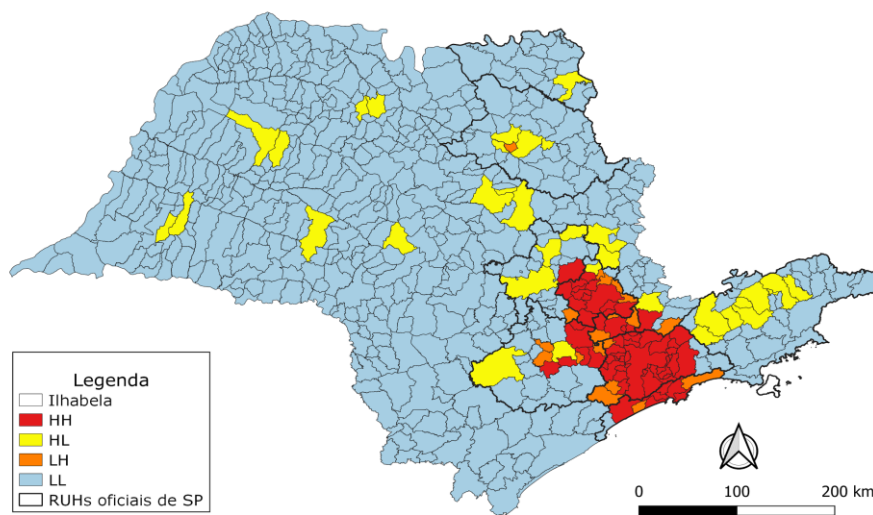


Figura A27 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Saída e Densidade Demográfica Municipal

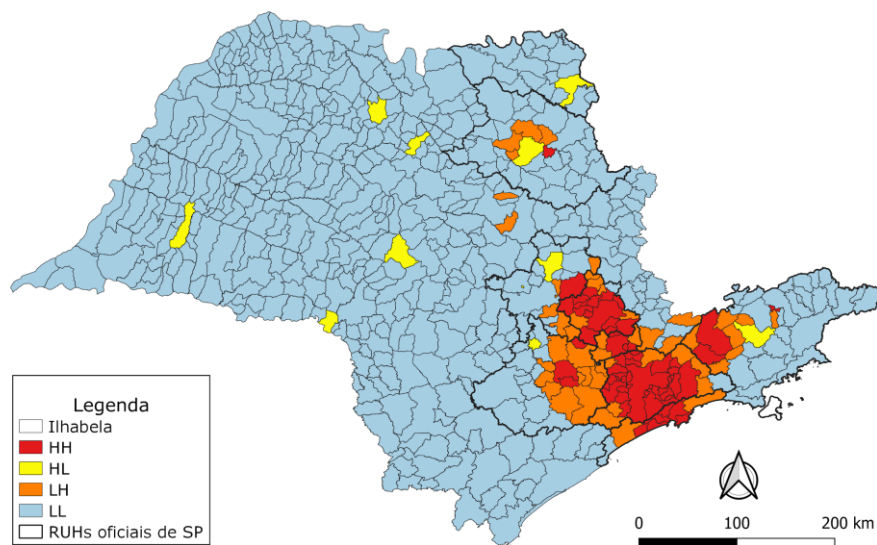


Figura A28 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Saída

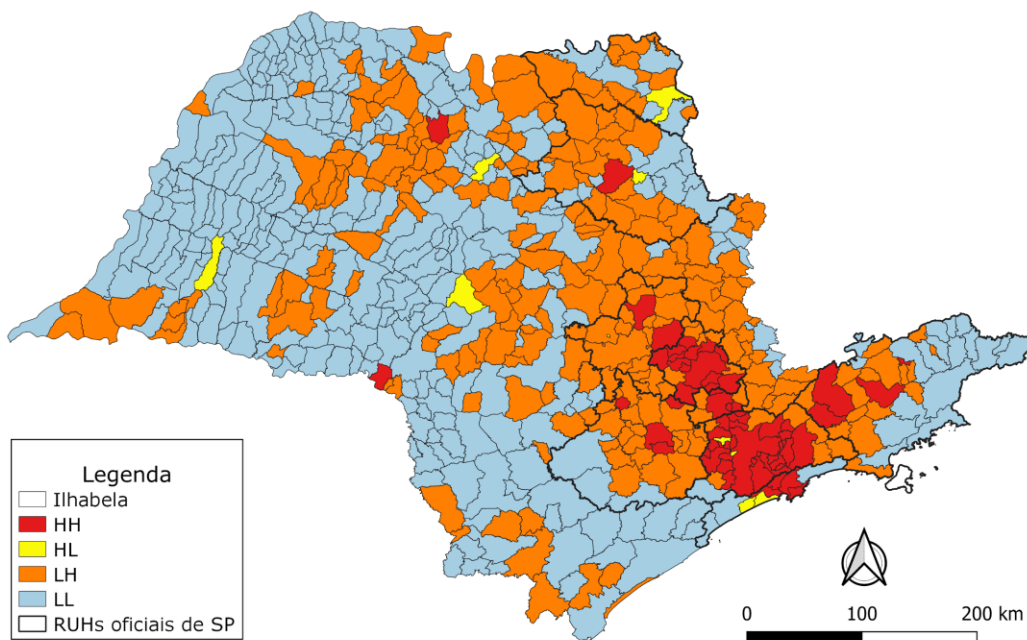


Figura A29 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm Industrial per capita

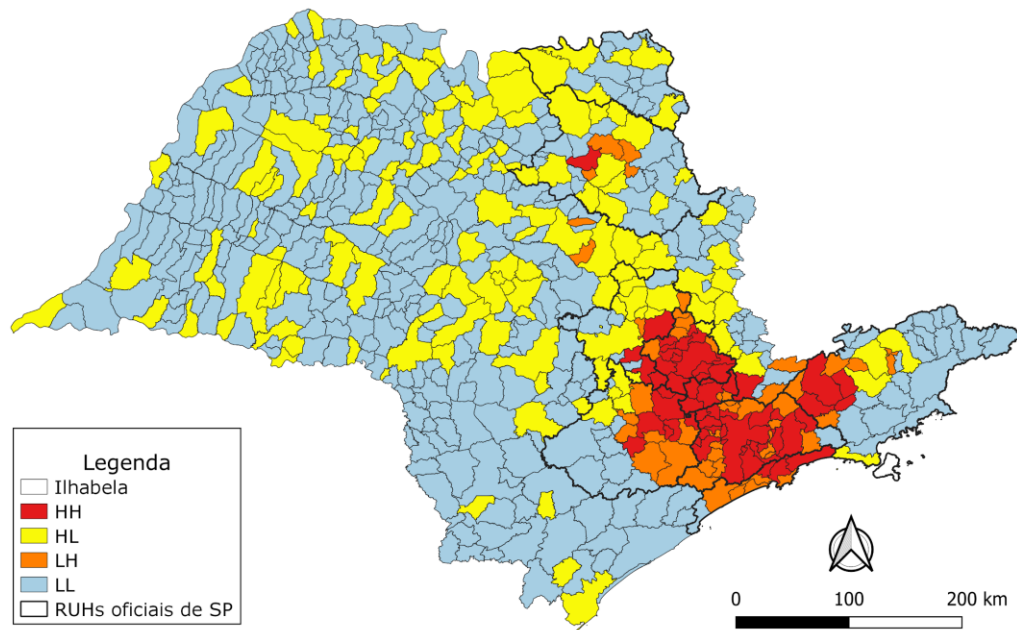


Figura A30 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Viagens Pendulares de Saída

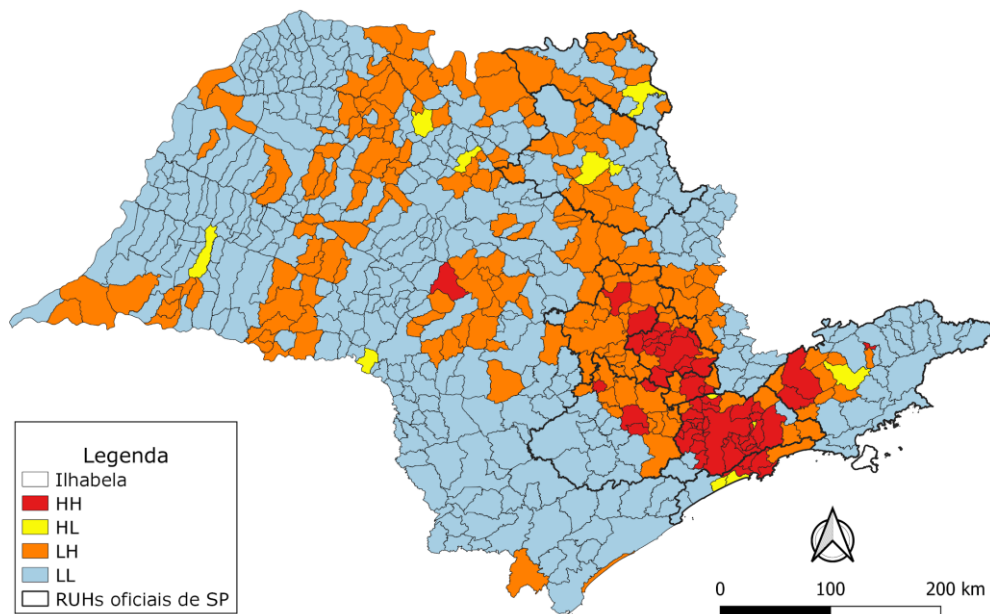


Figura A31 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e PIBm per capita

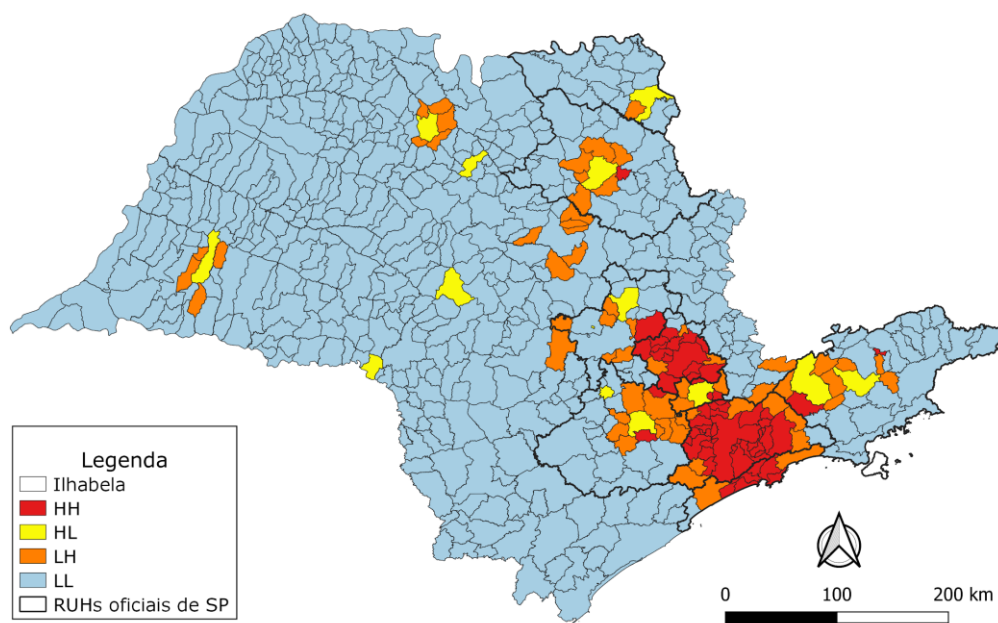


Figura A32 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Densidade Demográfica Municipal e Viagens Pendulares de Entrada

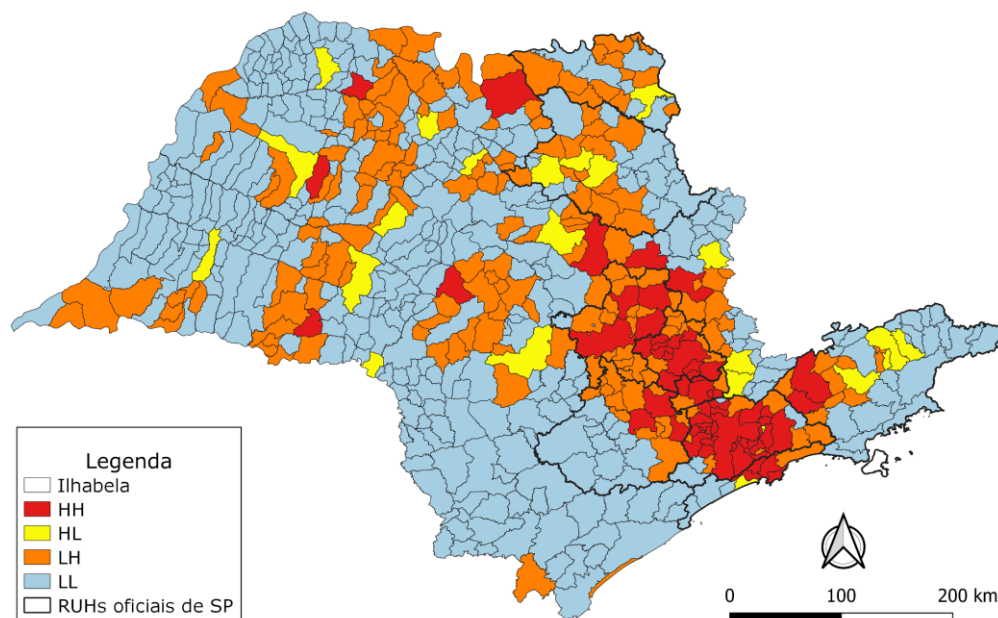


Figura A33 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e PIBm per capita

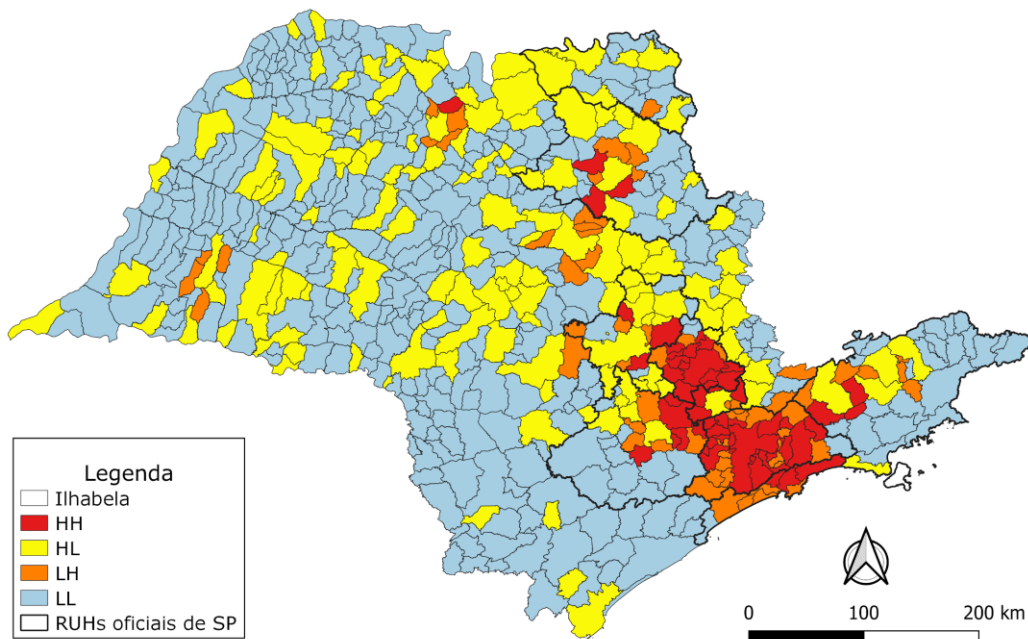


Figura A34 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Viagens Pendulares de Entrada

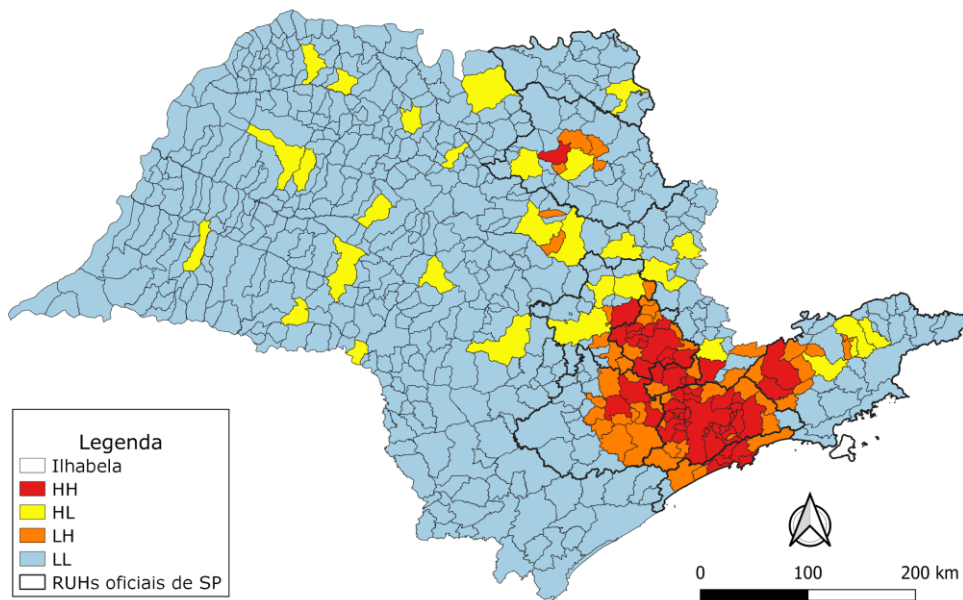


Figura A35 - *Box Map* obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Viagens Pendulares de Saída

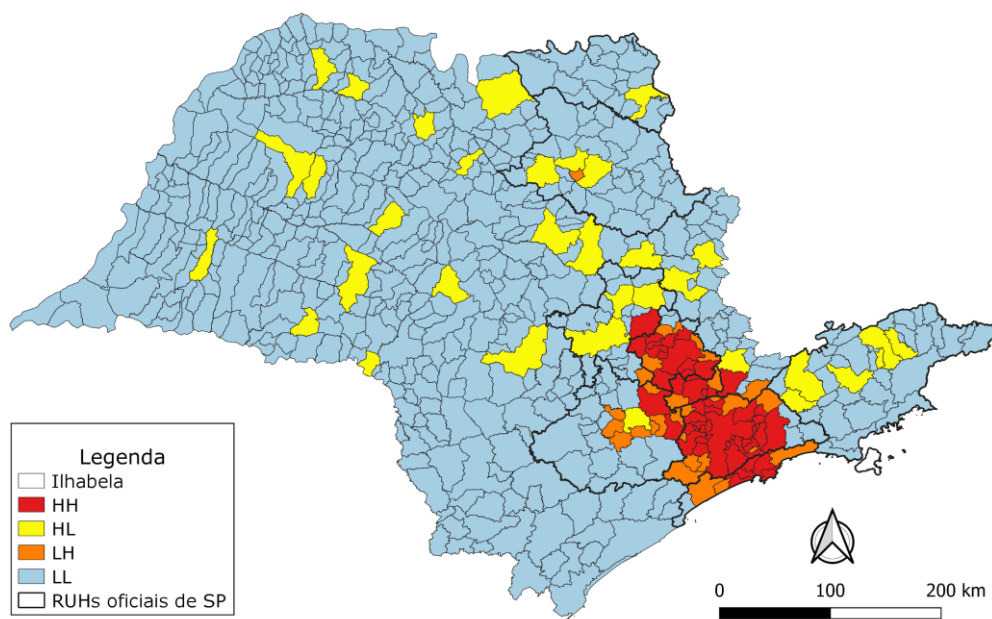


Figura A36 Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis Viagens Pendulares de Entrada e Densidade Demográfica Municipal

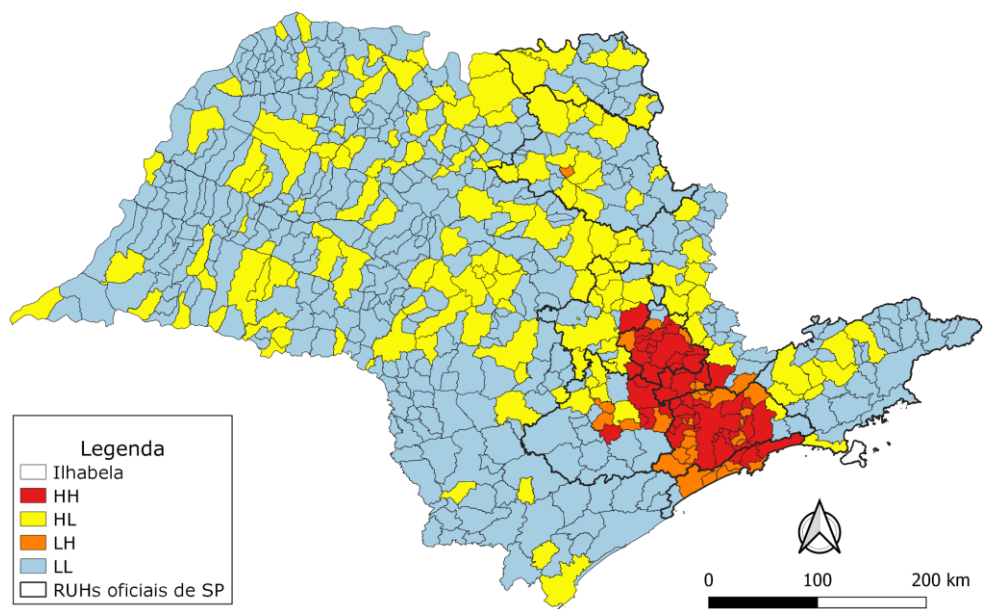


Figura A37 - Box Map obtido com a aplicação da técnica ESDA bivariada a partir das variáveis PIBm per capita e Densidade Demográfica Municipal