

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**DINÂMICAS TERRITORIAIS E MÉTRICAS ESPACIAIS**  
**AVALIAÇÃO DE EXPANSÃO URBANA EM CIDADE DE PORTE MÉDIO**

**IVAN DAMASCO MENZORI**

SÃO CARLOS

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**TERRITORIAL DYNAMICS AND SPATIAL METRICS**  
**URBAN EXPANSION EVALUATION IN A MEDIUM-SIZED CITY**

**IVAN DAMASCO MENZORI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Márcia Gonçalves

São Carlos

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Ivan Damasco Menzori, realizada em 07/10/2021.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves (UFSCar)

Profa. Dra. Renata Bovo Peres (UFSCar)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira (UFSCar)

Prof. Dr. Roberto Braga (UNESP)

Prof. Dr. Antonio Carlos Henriques Marques (UNIP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

## **AGRADECIMENTOS**

À orientadora, pelos conhecimentos compartilhados, e aos membros da banca avaliadora, pelas enriquecedoras contribuições.

Aos familiares, amigos e colegas da UFSCar, pelo apoio, incentivo e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

E à todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste estudo.



"Ver bem não é ver tudo: é ver o que os outros não veem"

José Américo de Almeida

## RESUMO

MENZORI, I. D. **DINÂMICAS TERRITORIAIS E MÉTRICAS ESPACIAIS: AVALIAÇÃO DE EXPANSÃO URBANA EM CIDADE DE PORTE MÉDIO**. 2021. 258 p. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

O rápido crescimento populacional urbano foi acompanhado por intensos processos de expansão das áreas urbanas, especialmente nas cidades de países em desenvolvimento. O enfrentamento dos desafios emergentes desses processos motivou diversos processos e atos regulatórios concernentes ao desenvolvimento urbano mais sustentável em que, especificamente no Brasil, a base jurídica e filosófica de ordenamento territorial mostra-se amplamente relacionada à efetivação da função social da propriedade no âmbito local das cidades, por intermédio de planos diretores. Como instrumento de gestão ambiental urbana em regra presente nos planos diretores, o zoneamento permite a definição das funções da cidade por meio de zonas (ou áreas) especiais de proteção ambiental (com ocupação restrita ou mediante determinadas condições), de uso e ocupação residencial, mista, comercial e industrial, bem como seus graus de adensamento e tipologias de parcelamento permitidas. Todavia, mesmo com a previsão de zonas de preservação e recuperação ambiental, assim como demais aspectos relacionados às condicionantes do meio físico que possam ser impactadas pela urbanização extensiva, os planos diretores parecem ineficazes nesses aspectos quando abordados pelas autoridades locais. Via de regra, a urbanização periférica e extensiva está relacionada, dentre outros fatores, a políticas urbanas que privilegiam o crescimento econômico no âmbito local, em detrimento da regulação da expansão urbana. Nesse contexto, ainda são escassas as análises de implementação de planos diretores, seus resultados físico-territoriais e sua relação com a gestão territorial. Neste estudo, é avaliado o papel da gestão territorial nas práticas de implementação de planos diretores, assim como são explorados os resultados geométrico-espaciais do crescimento urbano em uma cidade média do interior paulista (Araraquara-SP), de maneira analítica e com abordagens empíricas quantitativas. Objetiva-se identificar eventuais discrepâncias e padrões (diferentes do aleatório) nos resultados geométrico-espaciais do crescimento urbano, de acordo com diferentes períodos de gestão territorial, assumindo que essa capacidade de gestão afeta a distribuição espacial do crescimento urbano e a regulação da expansão urbana. Os resultados evidenciam padrões díspares de crescimento urbano associados à distintas gestões político-administrativas, mesmo quando da implementação de um mesmo plano diretor, sugerindo que esses resultados podem ter sido moldados a partir tanto da aplicação quanto da abstenção do marco regulatório de planejamento, com diferentes graus de permissividade para com processos de urbanização periférica e extensiva, em detrimento de porções do território com extrema criticidade ambiental e dos preceitos do desenvolvimento urbano mais sustentável.

**Palavras-chave:** Expansão urbana; Implementação de planos diretores; Estratégias de contenção urbana; Análises geoespaciais; Métricas espaciais.

## ABSTRACT

MENZORI, I. D. **TERRITORIAL DYNAMICS AND SPATIAL METRICS: URBAN EXPANSION EVALUATION IN A MEDIUM-SIZED CITY**. 2021. 258 p. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

The rapid urban population growth was accompanied by intense expansion processes in urban areas, especially in cities developing countries. The confrontation of the challenges emerging from these processes motivated several processes and regulatory acts concerning a more sustainable urban development in which, specifically in Brazil, the legal and philosophical basis of spatial planning is largely related to the social function of property at the local level of cities, through master plans. As an instrument of urban environmental management, usually present in the master plans, zoning plans allow the definition of a city's functions through special zones (or areas) of environmental protection (with restricted or conditioned land use/cover), of residential, mixed, commercial and industrial uses, as well as their degrees of land parcel and density. However, even when environmental preservation and recovery zones are foreseen, as well as other aspects related to the physical environment that may be impacted by extensive urbanization, master plans seem ineffective in these aspects when addressed by the local authorities. As a rule, peripheral and extensive urbanization is related, among other factors, to public policies that favour economic growth at the local level, to the detriment of regulating urban expansion. In this context, analyses of the implementation of master plans, their physical-territorial results, and their relationship with territorial governance are still scarce. In this study, the role of territorial governance in master plans implementation practices is evaluated, as well as the geospatial results of urban growth in a medium-sized Brazilian city (Araraquara-SP) are explored, in an analytical way with quantitative empirical approaches. The objective is to identify possible discrepancies and patterns (different from randomness) in the geospatial results of urban growth, according to different periods of territorial governance, assuming that governance capacity affects the spatial distribution of urban growth and the regulation of urban expansion. The results show different patterns of urban growth associated with different political-administrative terms in office, even when implementing the same master plan, suggesting that these results may have been shaped by either the application or the abstention of the regulatory planning framework, with different degrees of permissiveness towards peripheral and extensive urbanization processes, to the detriment of extreme environmental criticality areas and the precepts of a more sustainable urban development.

**Keywords:** Urban expansion; Master plans implementation; Urban containment policies; Geospatial analysis; Spatial metrics.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
Justificativa.....	11
Objetivos.....	14
Organização dos Capítulos.....	14
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
CAPÍTULO 1 - MÉTRICAS ESPACIAIS DE COMPACIDADE COMO INDICADORES DE ESPRAIAMENTO URBANO.....	22
1.1 INTRODUÇÃO.....	22
1.2 CONFIGURAÇÕES URBANAS E APLICAÇÕES DE MÉTRICAS ESPACIAIS.....	23
1.2.1 Revisão da literatura sobre métricas espaciais.....	25
1.2.2 Descrição das métricas espaciais e suas aplicações.....	27
1.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
1.3.1 Análises correlacionais e propositivas de métricas espaciais.....	30
1.4 RESULTADOS.....	31
1.4.1 Propostas de Métricas Espaciais de Compacidade.....	36
1.5 CONCLUSÃO.....	44
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISES ESPACIAIS DE CONFIGURAÇÃO URBANA: MEIO SÉCULO DE CRESCIMENTO URBANO EM ARARAQUARA.....	46
2.1 INTRODUÇÃO.....	46
2.2 ARARAQUARA COMO OBJETO DE ESTUDO.....	47
2.2.1 Cenários de crescimento urbano nos últimos 50 anos.....	48
2.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
2.4 RESULTADOS.....	52
2.4.1 Análises correlacionais das taxas CAGR.....	56
2.5 CONCLUSÃO.....	58
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE CONTENÇÃO DO ESPRAIAMENTO URBANO E ANÁLISES ESPAÇO-TEMPORAIS DE CONFORMIDADE NA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE ARARAQUARA.....	60
3.1 INTRODUÇÃO.....	60
3.2 ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
3.2.1 Análises geométrico-espaciais e classificação de tipologias do crescimento urbano.....	63
3.3 RESULTADOS.....	67
3.3.1 Caracterização das diretrizes de ordenamento territorial do Plano Diretor de 2005 ...	67
3.3.2 Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2006 e 2008.....	72

3.3.3	Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2009 e 2013 .....	73
3.3.4	Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2014 e 2016 .....	75
3.3.5	Classificação tipológica e análises geométrico-espaciais do crescimento urbano.....	81
3.3.6	Análises correlacionais das taxas CAGR.....	89
3.4	CONCLUSÃO.....	94

**CAPÍTULO 4 - ANÁLISES ESPACIAIS E QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO URBANO ENTRE 2006 E 2016 EM ARARAQUARA-SP .....**

4.1	INTRODUÇÃO.....	96
4.2	ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS.....	97
4.2.1	Métodos e pré-processamento dos dados.....	100
4.3	RESULTADOS .....	104
4.3.1	Visão geral dos loteamentos aprovados nos períodos.....	104
4.3.2	Análise de tipologia dos crescimentos urbanos observados .....	107
4.3.3	Índices de Equilíbrio Direcional e Eficiência no Controle da Expansão.....	108
4.3.4	Análises quantitativas dos loteamentos aprovados .....	110
4.3.5	Análises dos vazios urbanos .....	115
4.3.6	Análise da microbacia da região norte.....	118
4.4	CONCLUSÃO.....	122

**CAPÍTULO 5 – ANÁLISES ESPACIAIS E QUANTITATIVAS DO VALOR DA TERRA E PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO POR APRENDIZAGEM SUPERVISIONADA .....**

5.1	INTRODUÇÃO.....	124
5.2	MATERIAIS, MÉTODOS E ÁREA DE ESTUDO.....	125
5.2.1	Área de estudo .....	127
5.3	RESULTADOS .....	128
5.3.1	Análises de valorização do preço da terra e de crescimento urbano.....	132
5.3.2	Análises de distribuição espacial e valorização dos vazios urbanos.....	137
5.3.3	Análise do crescimento urbano e classificação por árvore de decisão .....	139
5.4	CONCLUSÃO.....	148

	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	150
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	162
	REFERÊNCIAS .....	168
	APÊNDICES .....	183

## INTRODUÇÃO

A falta de regulação da expansão urbana está relacionada a diversos impactos ambientais, sociais e operacionais e, nesse sentido, é relevante compreender como a concepção de planos espaciais e sua implementação no âmbito local das cidades respondem a esses desafios, especialmente nas porções do território com fragilidades ambientais explícitas. No Brasil, a expansão física das cidades é regulada com base em políticas urbanas, em que o planejamento do crescimento urbano é atribuído aos planos diretores municipais, tidos como principal instrumento da política urbana, cuja obrigatoriedade em cidades com população superior a 20 mil habitantes foi instituída pela Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade).

Neste estudo, avaliam-se quantitativamente a conformidade e as características do crescimento físico-territorial em relação às concepções dos planos vigentes durante pouco mais de uma década, a partir do primeiro Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) pós-Estatuto da Cidade (PDPDA de 2005), com distinção entre os períodos notáveis de implementação dos planos espaciais por parte de diferentes gestões político-administrativas municipais (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021a). Para tanto, são aplicadas diversas métricas e índices espaciais de modo a identificar e classificar os padrões espaciais de crescimento físico porventura associados a diferentes posturas de gestão territorial, com enfoque na noção de “*Territorial Governance*”. Concerne destacar que, neste estudo, o conceito de *Territorial Governance* foi interpretado como as práticas de implementação de planos espaciais, no decorrer de diferentes períodos de administração municipal, e foi expresso pelo termo “Gestão Territorial”.

Isso porque uma tradução literal<sup>1</sup> de “governança” poderia remeter à noção mais ampla de Governança Multinível ou Governança Urbana (ONU, 2015a), que não é objeto de estudo neste trabalho, pelo contrário, a abordagem está voltada para o conceito de *Territorial Governance*, que “[...] acrescenta uma dimensão adicional na governança multinível” (BÖHME *et al.*, 2015, p. 16, tradução própria), e está focada na forma pela qual planos espaciais são implementados (HERSPERGER *et al.*, 2018), com “avaliação dos impactos e do desenvolvimento de visões territoriais” (BÖHME *et al.*, 2015, p. 16, tradução própria). Assim, “*territorial governance* é diferente de governança e, em suma, seu objeto é o território, um objeto complexo *per se*, e seu

---

<sup>1</sup> Sendo um conceito internacional, uma tradução literal para “Governança Territorial”, neste caso, poderia agregar uma conotação discrepante da abordagem realizada, deste modo, o termo “Gestão Territorial” foi preterido. Esse tipo de ambiguidade também é observado em outros conceitos internacionais, à exemplo do LID, “*Low Impact Development*”, em que a tradução literal da palavra “Desenvolvimento” atribui uma conotação que excede o próprio conceito, e muitas vezes é substituída por “Empreendimento” ou “Urbanização de Baixo Impacto”.

objetivo é regular, governar e gerir as dinâmicas territoriais [...]” (DAVOUDI *et al.*, 2008, p. 50, tradução própria). E de acordo com a análise bibliométrica de Espinal, Molano e Giraldo (2020, p. 14, tradução própria), embora a noção de *Territorial Governance* tenha recebido “[...] diferentes definições em todo o espectro acadêmico [...] [o] interesse mais significativo girou em torno de como a governança territorial está relacionada ao desenvolvimento do território e à política territorial”.

Isso posto, o enfoque principal das análises espaço-territoriais abrange a vigência de dois planos diretores implementados sob diferentes gestões político-administrativas durante três períodos, entre os anos de 2006 e 2016. Admite-se que essa abordagem por subdivisão de períodos notáveis associados às diferentes administrações municipais é relevante na identificação de padrões espaciais associados às implementações de planos, sob a perspectiva de distinções na gestão territorial. Tanto o primeiro (2006 – 2008) quanto o terceiro (2014 – 2016) períodos são representativos de cenários em que os planos diretores vigentes foram implementados pelas mesmas administrações municipais que eram “situação” durante sua concepção (PDPDA de 2005 e Revisão do PDPDA de 2014, respectivamente). Já o período intermediário (2009-2013) é contrastante, na medida em que se tratava de uma administração implementando o plano elaborado durante a administração anterior – o PDPDA de 2005, estabelecido durante a administração do Período A, e implementado durante a administração do Período B<sup>2</sup>.

Além de conferir um “[...] enfoque mais robusto de [gestão territorial] na implementação [...]” ou nos “[...] meios para implementação” (BÖHME *et al.*, 2015, p. 20 e 44, tradução própria) dos planos, a consideração das administrações, realizada nos períodos, é relevante sob o ponto de vista da Ciência Política. Isso porque, diversos estudos provenientes ou que dialogam com essa área incorporam a questão dos alinhamentos políticos das administrações municipais como uma componente relevante (SOUZA, 2006) para, por exemplo, a avaliação da efetividade de políticas educacionais municipais (GOUVEIA, 2009), a aferição dos valores de vereadores sobre direitos sociais (KAUCHAKJE, 2012), a determinação do perfil (técnico ou político) de ministros (CODATO; FRANZ, 2018), a identificação do papel das gestões nos gastos públicos e na deterioração fiscal de estados (BARBOSA *et al.*, 2019).

---

<sup>2</sup> A categorização dos períodos considerando os planos diretores, assim como a transição entre administrações municipais de alinhamentos políticos contrastantes (entre os Períodos A e B), favorecem “a dimensão econômica [...] como critério de análise” (MADEIRA; TAROUÇO, 2011, p. 177), particularmente no que se refere ao posicionamento de ambos sobre aspectos de regulamentação e desregulamentação na gestão territorial.

Apesar da discussão acerca do encolhimento do papel dos governos locais e da influência de outros segmentos, grupos de interesse e movimentos, assim como em função de fenômenos como a globalização, todavia, as administrações municipais não estão impossibilitadas de “[...] intervir, formular políticas públicas e de governar [...]” (SOUZA, 2006, p.27). Ademais, de acordo com Marques (2016, p.29), “a escolha de instrumentos e a construção de políticas [...] não é neutra, mas imersa em política” e, “neste sentido, como não existe política fora do tempo, não é possível pensar política fora do espaço” (*Ibid.*, p.8).

Especificamente no que concerne à elaboração e implementação de políticas urbanas, cabe destacar a existência de trabalhos que também incorporam uma análise por períodos referentes às gestões municipais atuantes, buscando compreender os modelos físico-espaciais da cidade almejados por cada gestão municipal (LEMMA, 2017), ou incorporam o critério da orientação política na interpretação de seus resultados sobre a participação política em diferentes gestões urbanas (GOULART; TERCI; OTERO, 2015). Em suma, almeja-se aprofundar a compreensão sobre os processos de implementação de planos diretores, por meio de um estudo de caso em uma cidade média do interior paulista, em que é abordada a regulação da expansão e do espraiamento urbanos, em uma cidade média brasileira inserida em um contexto não-metropolitano (VERGARA; SALAZAR, 2021).

### **Justificativa**

Tendo em vista que o planejamento urbano ainda carece de melhor integração para com avaliações quantitativas das mudanças de usos e ocupações do solo (HERSPERGER *et al.*, 2018), até o momento, pouca atenção foi dada à análise quantitativa da implementação de planos diretores e sua relação com a gestão territorial. Assim sendo, ao invés de investigar até que ponto os planos influenciam nos padrões de crescimento urbano, como realizado por Lei, Flacke e Schwarz (2021), o enfoque deste estudo reside no papel da gestão territorial nas práticas de implementação de planos diretores, e seus consequentes resultados físicos.

Assumindo, portanto, que existem diferentes “[...] estilos de formulação [...] e implementação de políticas [...] e que esses diferentes modos [...] são relacionados aos tipos de regimes político-administrativos estabelecidos [...]” (CAPANO; HOWLETT, 2020, p. 5, tradução própria), o objetivo desta pesquisa está relacionado à identificação de discrepâncias nos padrões de crescimento urbano de acordo com a gestão territorial, avaliando quantitativamente se o crescimento urbano obedeceu às estratégias espaço-territoriais, ou se englobou não-



conformidades (SHEN *et al.*, 2019) no desenvolvimento ao longo de diferentes períodos representados por distintas administrações municipais.

Nessa temática e contexto, são explorados os processos de crescimento urbano de uma cidade de porte médio do interior do Estado de São Paulo (Araraquara), com enfoque tanto em análises geométrico-espaciais quantitativas, quanto no âmbito da conformidade para com seus Planos Diretores, durante três períodos consecutivos sob distintas gestões de administrações municipais contrastantes.

O intervalo inicial (entre os anos de 2006 e 2008), aqui referido como Período A, abrange os três primeiros anos do “Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara” (PDPDA) pós-Estatuto da Cidade (PMA, 2005), sendo, também, os três últimos anos do mandato da primeira administração analisada. O segundo intervalo (2009 – 2013) abarca os cinco anos iniciais da segunda administração analisada, no Período B (primeiro mandato mais um ano após a reeleição), com o PDPDA de 2005 (PMA, 2005) ainda em vigência. Por fim, o último intervalo analisado (2014 – 2016) corresponde aos três primeiros anos de vigência da revogação seguida de revisão do PDPDA em 2014 (PMA, 2014a), bem como os três últimos anos da segunda administração analisada, do Período C.

Portanto, pela adoção da cidade de Araraquara como objeto de estudo, são explorados seus Planos Diretores de 2005 (PMA, 2005) e sua revisão de 2014 (PMA, 2014a; 2014b), analisando as diretrizes e estratégias de zoneamento ambiental urbano, assim como os loteamentos aprovados e/ou construídos durante suas vigências, por intermédio de ferramentas como Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). A relevância da cidade consiste no fato de seu PDPDA de 2005 ter sido o primeiro marco regulatório pós-Estatuto da Cidade que contemplou estratégias de regulação do crescimento urbano e definiu princípios gerais de desenvolvimento sustentável (PERES; SILVA, 2013). Além disso, esse plano foi elaborado e implementado durante a administração municipal no Período A, e permaneceu vigente durante outra administração no Período B, até ser revogado e revisado em 2014, quando passou a contemplar regulações territoriais mais brandas (MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI, 2018).

O PDPDA de 2005 introduziu um conceito de contenção da expansão urbana por meio cinturões e corredores verdes (MENZORI; FALCOSKI, 2017), estabelecidos de maneira estratégica para contenção do espraiamento urbano e indução de formas urbanas mais compactas e sustentáveis (JABAREEN, 2006; FIORETTI *et al.*, 2020), incorporando os instrumentos de efetivação da

função social do Estatuto da Cidade e abordando a preservação ambiental por meio do planejamento espacial (PERES; SILVA, 2013).

A partir das análises alçadas, são abordadas as relações entre planejamento e prática com o intuito de evidenciar, empiricamente, as diferenças nas implementações de planos diretores no escopo da gestão territorial, ao invés de avaliar as políticas ou ações administrativas meramente em termos de desempenho. Assim, neste estudo é abordada a potencial relação entre padrões espaciais de crescimento urbano físico, e sua conformidade para com os planos diretores, no âmbito de diferentes diretrizes e regulações que retratam distintas práticas de gestão territorial. Ademais, diferentemente do observado na literatura existente, neste estudo, as discrepâncias observadas entre as não-conformidades são distinguidas de maneira quantitativa, com ênfase nas análises das configurações do crescimento urbano sob as óticas geométrico-espacio-temporal.

Embora focado em um único estudo de caso, este estudo contribui na compreensão sobre os processos de implementação de planos diretores no Sul Global, onde, devido à transição demográfica global, “[...] as cidades e sua dinâmica de crescimento são agora a realidade urbana dominante” (WATSON, 2009, p. 2272), com práticas de gestão que variam significativamente do Norte Global (WATSON, 2012). Ademais, no âmbito das cidades brasileiras, “[...] toda a legislação urbanística local submete-se à mesma intencionalidade e ao mesmo regime jurídico de produção (por exemplo, [...] com quórum qualificado, inarredável participação popular, [...] estudos técnicos, etc.) [...]” (CAOP, 2013, p. 31). Assim, por meio de um estudo de caso no Brasil, são oferecidas perspectivas particulares sobre uma questão generalizada globalmente, em um contexto onde a contenção da expansão urbana na escala regional ainda é pouco comum em cidades médias não-metropolitanas (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021).

Portanto, são realizadas análises de conformidade na implementação de planos diretores, assim como geométrico-espaciais de crescimento urbano, em um recorte espaço-temporal representado por três períodos notáveis em um intervalo de onze anos (2006 – 2016) na cidade de Araraquara-SP, sob gestões administrativas de alinhamentos contrastantes. A proposta reside na identificação de discrepâncias nos padrões espaciais de crescimento urbano de acordo com a gestão territorial, avaliando quantitativamente se a urbanização atendeu às estratégias de planejamento, ou se representou um desenvolvimento não-conforme (SHEN *et al.*, 2019), ao longo dos diferentes períodos analisados.

## **Objetivos**

### **▪ Geral:**

Identificar, quantificar e classificar padrões espaciais de crescimento urbano, de modo a evidenciar se existiriam diferenças na contenção da expansão/espraiamento urbanos associadas a diferentes períodos de gestão territorial.

### **▪ Específicos:**

Identificar propriedades geométricas de métricas espaciais que possam ser utilizadas para identificação, quantificação e classificação de padrões espaciais de crescimento urbano **(Capítulo 1)**;

Realizar a caracterização geométrico-espacial do objeto de estudo, definindo possíveis indicadores de expansão/espraiamento urbanos em cenários retroativos **(Capítulo 2)**;

Identificar possíveis discrepâncias nos padrões espaciais de crescimento urbano, de acordo com cada período analisado, em um recorte representado por distintos períodos de gestão territorial **(Capítulo 3)**;

Identificar eventuais padrões na distribuição espacial dos loteamentos aprovados durante os períodos notáveis, representativos das diferentes implementações dos planos espaciais **(Capítulo 4)**;

Identificar eventuais padrões na distribuição espacial e na valorização do preço da terra observada nos loteamentos aprovados durante os períodos notáveis, assim como classificar esses padrões espaciais, para estabelecer os eventuais conceitos gerais que distinguem esses períodos **(Capítulo 5)**.

## **Organização dos Capítulos**

Este estudo é composto por capítulos autônomos que, apesar de serem diretamente relacionados ao objetivo do estudo, podem ser lidos de forma isolada sem prejuízo à sua compreensão. Concerne destacar que partes das análises e resultados, assim como da revisão bibliográfica, discussão e conclusão geral deste estudo, integraram artigo publicado (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b), e foram devidamente citadas conforme a política editorial do periódico.

No **Capítulo 1** é apresentada uma revisão não-sistemática e não-exaustiva da literatura sobre métricas espaciais do crescimento urbano, com ênfase nas propriedades geométricas de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão, utilizadas como indicadores de espraiamento urbano. Concerne destacar que as abordagens sobre essas propriedades se restringem aos aspectos espaciais de formas geométricas em duas dimensões (padrões geométrico-espaciais e sua quantificação), e não necessariamente se correlacionam às expressões ou conceitos polissêmicos estabelecidos que consideram, também, os processos sociais da urbanização. Foram elegidos cenários hipotéticos para aplicação das métricas espaciais, em que seus resultados foram explorados por meio de estatísticas descritivas, de modo a identificar as tendências centrais e avaliar suas limitações. Ademais, são alçadas propostas de métricas de compacidade de cunho quantitativo e agregado, que consideram e descrevem os aspectos geométrico-espaciais supracitados de maneira combinada, superando eventuais limitações inerentes à uma abordagem desagregada.

O **Capítulo 2** contempla uma caracterização histórica da evolução da ocupação do solo em Araraquara-SP, assim como espaço-temporal de mancha urbana durante um intervalo de aproximadamente 50 anos (desde a década de 1960 até ano de 2016), por meio de análises de configuração urbana, limitadas aos aspectos geométrico-espaciais descritos pelas métricas apresentadas no Capítulo 1. Os resultados foram explorados por meio de estatísticas descritivas e inferenciais, de modo a distinguir os períodos (décadas) a partir das variações de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão observadas.

No **Capítulo 3** é realizado um recorte espaço-temporal da última década analisada (2006 – 2016), com subdivisão de três períodos notáveis compatíveis com as gestões municipais e os Planos Diretores vigentes, com a identificação de discrepâncias nos padrões espaciais de crescimento urbano, de acordo com cada período analisado. Neste capítulo são apresentadas as estratégias e diretrizes do zoneamento ambiental urbano do PDPDA de 2005, e sua revogação seguida de revisão em 2014, assim como todos os loteamentos aprovados entre os anos de 2006 e 2016, e suas respectivas zonas. Os resultados são explorados por meio de análises geométrico-espaciais e de classificação tipológica do crescimento urbano, estatísticas inferenciais e descritivas, análises de conformidade dos padrões físico-espaciais do crescimento urbano (para com os planos), assim como de caracterização da expansão urbana por meio de método de ajustamento de função de densidade de ocupação territorial, com enfoque na noção de gestão territorial inserida em um contexto de distintas gestões administrativas municipais.

No **Capítulo 4** são explorados os resultados de crescimento urbano observados entre os anos de 2006 e 2016, assim como dos vazios urbanos intersticiais mapeados em 2017, por meio de análises de distribuição espacial relativa ao nível de cada loteamento aprovado, considerando seus aspectos locacionais. Os períodos notáveis observados no Capítulo 3 foram respeitados, mas as análises foram aprofundadas a partir de métodos de *layout* espacial, classificação tipológica, e distribuição espacial por modelos com variações discretas e contínuas, com os resultados sendo explorados por meio de estatísticas descritivas e inferenciais. Por fim, de modo a estimar, parcialmente, os impactos observados na região que apresentou os maiores índices de ocupação do solo na década analisada, foi realizado um recorte espacial de sua microbacia de modo a subsidiar análises comparativas entre as máximas vazões de escoamento calculadas para os cenários dos anos de 2006 e 2017, utilizando o Método Racional aprimorado.

O **Capítulo 5** apresenta um enfoque nas análises espaciais e quantitativas do valor da terra urbana (contemplando avaliação mercadológica), de modo a explorar a existência de padrões distinguíveis relacionados às valorizações do preço da terra observadas nas localizações em que loteamentos foram aprovados, entre os anos de 2006 e 2016. Ademais, é alçada uma proposta de classificação dos períodos notáveis (Capítulo 3) por meio de um sistema de aprendizagem de máquina supervisionado, com o intuito de evidenciar os conceitos gerais por trás das variáveis observadas em cada um dos três períodos, representativos de práticas de gestão territorial a partir da implementação de planos diretores.

Tanto a **Discussão** dos resultados quanto as **Considerações Finais** são apresentadas ao final do estudo, de maneira integrada e contemplando as principais constatações de cada capítulo. Na Figura 1 é apresentado o quadro analítico da estrutura do estudo

CAPÍTULO 1	CAPÍTULO 2	CAPÍTULO 3	CAPÍTULO 4	CAPÍTULO 5	DISCUSSÃO	
Revisão não-sistemática e não-exaustiva da literatura sobre métricas espaciais e proposição de métricas de compactidade quantitativo-agregadas	Aplicação de métricas espaciais nos cenários de mancha urbana e caracterização das configurações urbanas	Aplicação de métricas espaciais do crescimento urbano e análises de conformidade	Análises de distribuição espacial dos loteamento e vazios urbanos e por região (N, E, S, W) e avaliação de impactos da ocupação	Análises de distribuição espacial e valorização por loteamento e por região e Classificação Supervisionada	IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS Estratégias de contenção do espraiamento urbano	
	1960 - 1970					
	1970 - 1980					
	1980 - 2006					
	2006 - 2016	2006 - 2016	2006 - 2008	Layout Espacial	Avaliação mercadológica	Resultados físico-espaciais da GESTÃO TERRITORIAL
				Classificação Tipológica	Valorização da terra	
				Método Racional	Aprendizagem de Máquina	
			2009 - 2013	Layout Espacial	Avaliação mercadológica	
				Classificação Tipológica	Valorização da terra	
					Aprendizagem de Máquina	
2014 - 2016	Layout Espacial	Avaliação mercadológica				
	Classificação Tipológica	Valorização da terra				
	Método Racional	Aprendizagem de Máquina				

**Fig. 1.** Quadro analítico do estudo  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, mais da metade da população vive em áreas urbanas, com projeção de crescimento populacional urbano em torno de 2,5 bilhões até 2050 (MAHENDRA; SETO, 2019). Esse crescimento populacional urbano será mais intenso nos países em desenvolvimento, impondo não apenas desafios relacionados a ofertas de emprego, provisão habitacional e de infraestrutura, mas também exercendo forte pressão nos aspectos relacionados à gestão territorial, equidade espacial e crescimento urbano mais sustentável (WEI; EWING, 2018).

Isso porque a consolidação de uma população mundial predominantemente urbanizada representa demandas por recursos naturais sem precedentes, e um enorme impasse para o planejamento urbano (THAKURIAH; TILAHUN; ZELLNER, 2015). Nesse contexto, o conceito de desenvolvimento urbano sustentável (JABAREEN, 2008; JENKS; JONES, 2010; FIORETTI *et al.*, 2020) está estreitamente relacionado ao estabelecimento de maior compactidade e aumento das densidades urbanas (LEHMANN, 2016), com redução das distâncias, necessidades e tempos de deslocamento (CALTHORPE, 1993), por meio da inovação e adaptação dos instrumentos de planejamento urbano nas cidades (ONU, 2012; 2017).

Não obstante, o rápido crescimento populacional nas últimas três décadas evidenciou um declínio global nas densidades urbanas (ONU, 2012), com a expansão territorial das áreas urbanas superando o crescimento populacional no mundo inteiro (SETO; GUNERALP; HUTYRA, 2012). Essa relação foi mais intensa em cidades de países menos desenvolvidos, em que a população urbana dobrou entre 1990 e 2015, e suas áreas urbanas se expandiram na proporção de 3,5 vezes (ANGEL *et al.*, 2016).

Nos países do Sul Global, de modo geral, as áreas urbanas estão se expandindo a taxas muito superiores do que o crescimento populacional (SETO; GUNERALP; HUTYRA, 2012; ANGEL *et al.*, 2016). Em muitos casos, isso representa urbanização com baixa densidade residencial, segregação dos usos do solo e elevados custos de transporte (EWING, 2008; INOSTROZA; BAUR; CSAPLOVICS, 2013; JIA *et al.*, 2020), o que não apenas agrava a poluição e impulsiona as mudanças climáticas globais (OKE, 1989; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009; GUNAWARDENA; WELLS; KERSHAW, 2017), como também contribui para níveis insustentáveis de consumo de recursos naturais (ONU, 2017) – algo que se torna ainda mais pronunciado nos países em desenvolvimento, onde a maioria da população já vive em áreas urbanas (ANGEL *et al.*, 2016).

Espraiamento urbano refere-se a processos dispersos e descontínuos de expansão urbana, com baixa densidade residencial, segregação do uso do solo e alta dependência de meios de transporte individuais (GALSTER *et al.*, 2001; SONG; KNAAP, 2004; TSAI, 2005; EWING, 2008; FRENKEL; ASHKENAZI, 2008; INOSTROZA; BAUR; CSAPLOVICS, 2013; SPERANDELLI; DUPAS; DIAS-PONS, 2013; HAMIDI; EWING, 2014; JIA *et al.*, 2020). Apesar de a literatura sobre espraiamento urbano, inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos, ser “[...] abundante e muito além das fronteiras deste país”, o fenômeno em si, assim como “[...] as palavras que o designam, não se refere necessariamente à mesma realidade segundo os países e regiões em foco” (CHATEL; SPOSITO, 2015, p.111), em função das especificidades e do caráter complexo e não-inequívoco deste fenômeno (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008).

O espraiamento geralmente exige grandes extensões de terra cultivável ou naturais, à medida em que a infraestrutura pré-existente permanece subutilizada, resultando em maior consumo de combustíveis fósseis, emissão de gases de efeito estufa (GEE) e aumento da poluição do ar (EWING, 2008; FRENKEL; ASHKENAZI, 2008; MAHENDRA; SETO, 2019), degradação e poluição do solo (GÜNERALP; PERLSTEIN; SETO, 2015; GÜNERALP *et al.*, 2020) e degeneração das funções ecossistêmicas (JAEGER *et al.*, 2010; JIA *et al.*, 2020). Além disso, existem evidências que relacionam processos de expansão urbana e mudanças no uso do solo com a ocorrência de doenças infecciosas (PATZ *et al.*, 2004), inclusive as de caráter zoonótico (JONES *et al.*, 2008).

O prognóstico é que esses processos persistirão, e a principal preocupação é com a configuração espacial das cidades, visto que a maneira como as cidades expandem é muito relevante (INOSTROZA; BAUR; CSAPLOVICS, 2013), e as mudanças de políticas relacionadas à regulação do uso do solo, transformação rural-urbana, entre outros aspectos, geralmente resultam na expansão física das áreas urbanas (LIU; FANG; LI, 2014; LIU; LONG; CHENG, 2016; LIU; LI; YANG, 2018; CHENG *et al.*, 2020; JIA *et al.*, 2020). As limitações desses processos de crescimento urbano são aparentes em diferentes níveis, e “o consumo da terra é um (e está longe de ser o único) dos impactos ambientais da expansão urbana” (ESPINDOLA; CARNEIRO; FAÇANHA, 2017, p. 81, tradução própria).

Os desafios emergentes do espraiamento urbano são frequentemente associados a políticas públicas que visam impulsionar o crescimento econômico via planejamento territorial (por meio de planos diretores, no caso das cidades brasileiras), mas falham em regular a expansão urbana

(WEI; ZHAO, 2009; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b) – de maneira que cenários de extrapolação, ou até mesmo alteração, dos planos pelos governos locais são muito frequentes (JIA *et al.*, 2020). Como Bakır *et al.* (2018, p. 316, tradução própria) argumentam, mudanças funcionais nos planos diretores devem ser feitas holisticamente, considerando o planejamento concebido para toda a cidade, independentemente da temática, “para que essas mudanças não deteriorem a distribuição equilibrada das funções urbanas”, ou seja, a expansão das áreas urbanas não deve ser condicionada a preferências habitacionais de certas classes sociais da população ou a condições do mercado imobiliário (GERTEN; FINA; RUSCHE, 2019).

Todavia, as tendências atuais de crescimento urbano nas cidades brasileiras são caracterizadas por expansão periférica dispersa e fragmentada, com alta segregação de classes sociais por meio de diversos padrões de empreendimentos residenciais, influenciados e moldados pelas diferenças no preço da terra na franja urbana – que exemplificam forças de desenvolvimento periurbano tão comuns no contexto do Sul Global (HORN, 2020). Essa realidade é definida por assentamentos de baixa renda (tanto formais quanto informais), mais densos e com infraestrutura precária que, apesar de espacialmente segregados, coexistem com empreendimentos suburbanos dispersos (geralmente condomínios fechados) de menor densidade, isolados dos centros comerciais, e que atendem à demanda habitacional das classes média e alta (FREITAS, 2018).

Não obstante, tanto a Constituição Federal de 1988 quanto o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) estabeleceram “a base jurídica e filosófica para o ordenamento territorial local no Brasil” (ROCCO; ROYER; GONÇALVES, 2019, p. 427, tradução própria), e introduziram os conceitos de função social da cidade e da propriedade no cerne do planejamento urbano, bem como da participação popular na formulação de políticas públicas. Em suma, o Estatuto da Cidade resultou da “[...] participação ativa e contribuições das organizações historicamente enraizadas em movimentos sociais populares urbanos” (ROCCO; ROYER; GONÇALVES, 2019, p. 429, tradução própria), reunindo “[...] em um único texto, uma série de temas-chave relacionados ao governo democrático, justiça urbana e equilíbrio ambiental nas cidades” (MARICATO, 2010, p. 5, tradução própria). Assim, o Estatuto atribuiu a efetivação da função social aos planos diretores, na qualidade de instrumentos principais de regulação da propriedade urbana em prol do cumprimento de suas funções sociais no âmbito das cidades brasileiras (FERNANDES, 2010; MARICATO, 2010).



Segundo o Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Habitação e Urbanismo (CAOP, 2013) do Ministério público do Paraná:

“São, portanto, as disposições e previsões do Plano Diretor que darão o sentido do desenvolvimento de uma cidade,” explicitando “[...] onde ocorrerá a transformação do espaço natural em meio ambiente artificial, [...] a previsão “[...] dos instrumentos urbanísticos [...] e [...] componentes fundamentais da definição da função social [...] e [...] função conformadora do perfil do direito de propriedade urbana [...]” (CAOP, 2013, p.26-28). Assim, “[...] o Plano Diretor não pode ser apenas uma carta de intenções, tampouco um documento meramente programático [...]”, devendo conter os elementos mínimos de regulamentação das diretrizes e instrumentos vinculados à “atuação futura da Administração”, em que “[...] regras de zoneamento subsequentes jamais revogam o plano urbanístico geral, devendo operar, obrigatoriamente, dentro da margem já estipulada por aquele”, exceto para o estabelecimento de “[...] critérios de parcelamento, uso e/ou ocupação do mais restritivos [...] para fazer frente a peculiaridades geológicas, fragilidades ambientais ou especificidades socioeconômicas de determinadas porções do território” (*Ibid.*, p.28-29).

Tendo em vista os desafios inerentes à regulação da expansão urbana por meio de planos diretores municipais, assim como sua discussão relacionada a qual “[...] estrutura de [gestão] é necessária para permitir que decisões efetivas sejam tomadas sobre o que deve ser feito” (MITLIN; SATTERTHWAITTE, 2002, p. 55, tradução própria), a motivação da pesquisa reside no questionamento sobre a possível existência de padrões discerníveis na implementação de planos diretores de acordo com a gestão territorial, expressamente representada pelos resultados físicos de crescimento urbano e da regulação da expansão em diferentes gestões político-administrativas municipais.

A gestão territorial inserida no conceito *Territorial Governance* oferece “uma extensão [à] governança multinível pela adição de informações territoriais explícitas, focando, assim, em uma abordagem baseada em localidades e territorialmente sensível” (BÖHME *et al.*, 2015, p. 15, tradução própria). Neste estudo, a abordagem de gestão territorial tem como enfoque a forma pela qual planos espaciais são implementados (HERSPERGER *et al.*, 2018), ou seja, as abordagens de gestão e políticas capazes de orientar “[...] a distribuição espacial do desenvolvimento ao longo do período do plano” (WALSH, 2010, p. 48, tradução própria), com ênfase nas dimensões legislativas a ela associadas (leis, regulamentos, normas, procedimentos e políticas). Nesse sentido, a dimensão de gestão territorial adotada está relacionada diretamente à “avaliação dos impactos e do desenvolvimento de visões territoriais” (BÖHME *et al.*, 2015, p. 16, tradução própria) representados pelos resultados físico-espaciais de crescimento urbano a partir da implementação de planos espaciais orientados a objetivos de “[...] desenvolvimento

em diferentes escalas espaciais de modo a garantir a coesão espacial nas diferentes ações” (DAVOUDI *et al.*, 2008).

Considerando que as dinâmicas de crescimento urbano implicam “[...] em um processo de transformação do uso do solo envolvendo atores, instituições e dinâmicas de governança relacionadas ao ordenamento do território” (PAGLIARIN, 2018, p. 3653), e não obstante a improbabilidade de haver consistência absoluta entre planos e resultados (FALUDI, 2000), o estudo de caso oferece uma perspectiva relevante na descrição do papel das metas e intenções de gestão territorial à luz das nuances nas implementações de planos diretores, por meio da observação de padrões espaciais de crescimento urbano. Admite-se, portanto, que uma “[...] implementação incompleta é uma questão de [gestão] e representa um grande desafio para a conceptualização do papel do planejamento espacial no desenvolvimento urbano” (HERSPERGER *et al.*, 2018, p. 33, tradução própria).

Nesse sentido, diferentes padrões espaciais são esperados quando observadas distintas gestões territoriais associadas a diferentes períodos de administração municipal, podendo ser quantitativamente expressos por meio de métricas espaciais do crescimento/expansão urbana. De modo geral, os períodos observados podem revelar eventuais diferenças na gestão territorial relacionada à implementação de planos diretores (no que concerne às suas políticas de zoneamento ambiental urbano), sem assumir qualquer relação causal, mas considerando que “[...] a expansão urbana não é um processo aleatório, mas, ao contrário, ela segue tendências, embora as formas resultantes pareçam desordenadas” (CHATEL; SPOSITO, 2015, p. 137).

## **CAPÍTULO 1 - MÉTRICAS ESPACIAIS DE COMPACIDADE COMO INDICADORES DE ESPRAIAMENTO URBANO**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

O conceito de desenvolvimento sustentável tem se tornado cada vez mais aceito como princípio orientador do crescimento urbano, e o enfoque na forma urbana – que remonta o início do planejamento moderno –, tornou-se proeminente nas recentes discussões sobre espraiamento urbano na América e cidade compacta na Europa (HUANG; LU; SELLERS, 2007; REIS; SILVA; PINHO, 2015). Apesar dos fortes debates alçados acerca dessas questões, análises exploratórias rigorosas e mais aprofundadas ainda são escassas, em que métodos quantitativos de classificação ou análise da configuração urbana somente emergiram mais recentemente (EWING; PENDALL; CHEN, 2002; FRENKEL; ASHKENAZI, 2008; SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008).

O estudo da forma urbana é explicitamente relevante no âmbito do desenvolvimento urbano sustentável (JABAREEN, 2008; FIORETTI et al., 2020), em que análises de padrões espaciais (configurações urbanas), especificamente por meio de métodos quantitativos, são comumente representadas por métricas espaciais (REIS; SILVA; PINHO, 2015). Métricas são índices quantitativos que descrevem características físicas do mosaico da paisagem (HUANG; LU; SELLERS, 2007), e configuração urbana se refere à geometria do espaço urbano construído (características físico-espaciais da mancha urbana) assim como sua composição e nível de heterogeneidade (usos do solo e sua multiplicidade), em que o espraiamento urbano está associado a formas irregulares, dispersas e fragmentadas, assim como usos do solo mais segregados e homogêneos (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008).

Nessa temática e contexto, neste estudo são elegidas métricas espaciais aplicáveis sobre dados vetoriais representativos de mancha urbana, com ênfase nas características de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão na qualidade de indicadores relativos<sup>3</sup> de espraiamento urbano (entre distintos cenários temporais de mancha urbana), e de modo a representar efeitos tanto localizados quanto ao nível do ambiente urbano total (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008). Ademais, são alçadas propostas de métricas alternativas de compacidade baseadas nas características supracitadas, de maneira concomitante e agregada, aplicáveis às

---

<sup>3</sup> Considerando “[...] a importância de não pensarmos em termos absolutos, mas sim em termos relativos” (CHATEL; SPOSITO, 2015, p. 126).

múltiplas partes que compõem o ambiente construído de modo a descrever a configuração urbana como um todo.

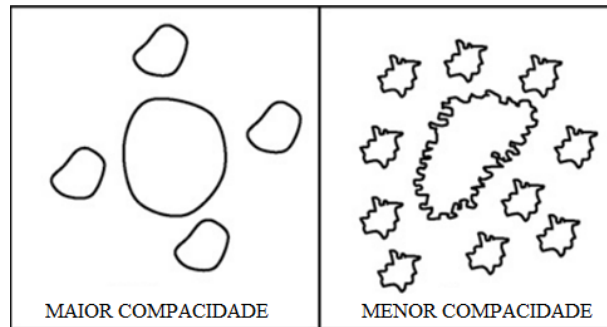
## **1.2 CONFIGURAÇÕES URBANAS E APLICAÇÕES DE MÉTRICAS ESPACIAIS**

Segundo Herold, Goldstein e Clarke (2003) e Aguilera, Valenzuela e Botequilha-Leitão (2011), o termo “métrica da paisagem” é explicitamente relacionado a funções ecológicas, à medida em que o termo “métrica espacial” está mais associado à caracterização de formas urbanas, inclusive por meio da aplicação de métricas da paisagem.

As métricas espaciais são medidas quantitativas e agregadas, derivadas de análises de mapas temáticos categóricos, que representam a heterogeneidade espacial em uma escala específica, e proporcionam um resumo descritivo das partes constituintes e características do espaço urbano construído (HEROLD; GOLDSTEIN; CLARKE, 2003). São ferramentas úteis para gestão territorial, principalmente na quantificação das feições espaciais dos processos de crescimento urbano, e muito relevantes para planejadores que buscam melhor compreender e caracterizar esses processos e suas consequências (AGUILERA; VALENZUELA; BOTEQUILHA-LEITÃO, 2011; SUN *et al.*, 2013).

A combinação entre Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e métricas espaciais pode proporcionar informações detalhadas e espacialmente consistentes sobre a estrutura urbana e suas mudanças, possibilitando representações mais acuradas e melhor entendimento dos processos que ocorrem no espaço urbano construído (DENG *et al.*, 2009; PHAM; YAMAGUCHI; BUI, 2011). Neste tocante, são alçadas propostas de métricas espaciais de Compacidade baseadas nas características de Fragmentação, Complexidade e Dispersão de maneira concomitante e agregada, aplicáveis às múltiplas partes que compõem o ambiente construído, de modo a descrever quantitativamente a configuração urbana a partir das propriedades espaciais inerentes ao espraiamento urbano.

Compacidade se refere tanto à medida de complexidade de forma de partes individuais, quanto à fragmentação do espaço urbano construído como um todo, em que quanto menores a irregularidade de forma e a fragmentação, maior o valor da compacidade (HUANG; LU; SELLERS, 2007), como mostrado na Figura 1. Além disso, as métricas de compacidade são sensíveis à porosidade (*Ibid.*), em que a ocorrência de vazios no interior das manchas incide em menores valores de compacidade.

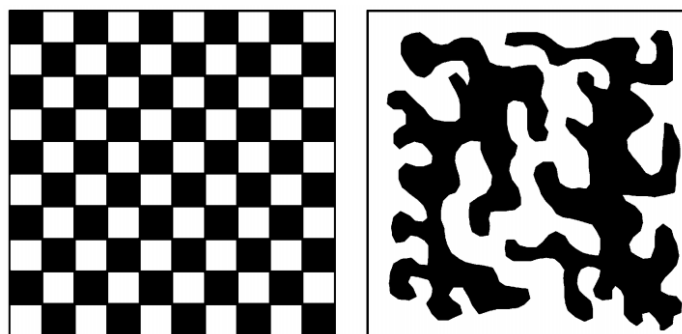


**Fig. 1.** Exemplos de descrição da compacidade

**Fonte:** Adaptado de Huang, Lu e Sellers (2007, p.187)

Fragmentação representa a divisão de uma classe em várias partes (MALINVERNI, 2011). Em um contexto de crescimento urbano, fragmentação retrata o grau de desagregação das partes constituintes em que, geralmente, as manchas urbanas estão imbricadas a usos não-urbanos do solo (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008), como áreas naturais, cultiváveis e agropastoris, por exemplo.

Complexidade descreve a irregularidade de forma de uma mancha urbana (HUANG; LU; SELLERS, 2007) por meio de relações entre área e perímetro (MALINVERNI, 2011). Além disso, duas formas podem ter diferentes graus de fragmentação e complexidade (SAURA; CARBALLAL, 2004). Na Figura 2 são ilustradas duas formas, sendo a da esquerda mais fragmentada e menos complexa; e a da direita mais complexa, porém menos fragmentada.

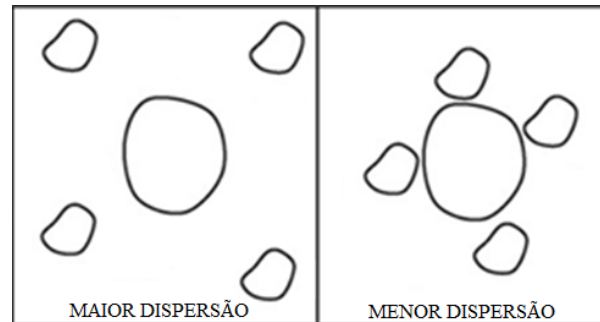


**Figura 2.** Exemplos de fragmentação e complexidade

**Fonte:** Saura e Carballal (2004, p. 659)

Dispersão representa o afastamento entre as múltiplas partes que compõem a estrutura urbana, e descreve o grau de afastamento entre as manchas secundárias e a mancha principal

(geralmente o núcleo urbanizado) ao nível do espaço urbano como um todo – escala macro (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008). Na Figura 3 são ilustrados diferentes níveis de dispersão.



**Fig. 3.** Exemplos de descrição da dispersão

**Fonte:** Adaptado de Huang, Lu e Sellers (2007, p.187)

### 1.2.1 Revisão da literatura sobre métricas espaciais

Neste estudo, foram elegidas métricas espaciais aplicáveis a partir de base de dados vetoriais, do tipo baseado em partes/manchas (*patch-based*) segundo Herold, Couclelis e Clarke (2005). Além disso, foram priorizadas métricas quantitativas explícitas e agregadas (HEROLD; COUCLELIS; CLARKE, 2005) consideradas apropriadas para caracterização do crescimento urbano (REIS; SILVA; PINHO, 2015), por meio da descrição de aspectos relacionados à Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão na “escala micro” (representada por efeitos localizados dos processos de ocupação do solo), mas principalmente na “escala macro”, “[...] descrevendo os processos ao nível da cidade [...]” (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008, p.668), ou seja, de mancha urbana total.

No entanto, concerne destacar que também foram incluídas algumas métricas que não correspondem integralmente aos aspectos supracitados, uma vez que métricas não explícitas também podem descrever propriedades espaciais importantes (HEROLD; COUCLELIS; CLARKE, 2005). Na Tabela 1 são apresentadas as métricas espaciais, elencadas a partir de revisão não-exaustiva da literatura, e na Seção 1.2.2 as mesmas são descritas. Nos Apêndices A e B são elencadas publicações em que essas métricas foram empregadas, e suas respectivas equações.

**Tabela 1.** Métricas espaciais adotadas, conforme categorização de Reis, Silva e Pinho (2015)

<b>ID</b>	<b>Métrica</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descreve</b>	<b>Escala</b>
<b>DU</b>	Densidade populacional	Outras métricas	Densidade populacional na mancha urbana	Mancha total
<b>NP</b>	Número de manchas	Métricas da paisagem	Fragmentação	Mancha total
<b>MPS</b>	Tamanho médio de manchas	Métricas da paisagem	Fragmentação	Manchas secundárias
<b>PSSD</b>	Desvio padrão de manchas	Métricas da paisagem	Heterogeneidade	Manchas secundárias
<b>PSCOV</b>	Coefficiente de variação de manchas	Métricas da paisagem	Heterogeneidade	Manchas secundárias
<b>PD</b>	Densidade de mancha	Métricas da paisagem	Heterogeneidade e fragmentação	Mancha total
<b>LPI</b>	Índice de mancha principal	Métricas da paisagem	Agregação	Mancha total
<b>FD</b>	Dimensão fractal	Métricas geoespaciais	Complexidade e fragmentação	Mancha total
<b>AWMPFD</b>	Dimensão fractal ponderada	Métricas geoespaciais	Complexidade e fragmentação	Manchas secundárias
<b>LSI</b>	Índice de forma da paisagem	Métricas da paisagem	Fragmentação	Mancha total
<b>SI</b>	Índice de forma	Métricas da paisagem	Complexidade	Mancha principal
<b>AWMSI</b>	Índice de forma ponderado	Métricas da paisagem	Complexidade	Manchas secundárias
<b>MSI(a)</b>	Índice de forma médio	Métricas da paisagem	Complexidade	Mancha total
<b>MSI(b)</b>	Índice de forma médio	Métricas da paisagem	Complexidade	Manchas secundárias
<b>ED</b>	Densidade de borda	Métricas da paisagem	Complexidade	Mancha total
<b>CI(a)</b>	Índice de compacidade	Métricas da paisagem	Compacidade, fragmentação e complexidade	Mancha total
<b>CI(b)</b>	Índice de compacidade	Métricas da paisagem	Compacidade, fragmentação e complexidade	Mancha principal
<b>MPAR</b>	Relação perímetro-área média	Métricas da paisagem	Complexidade e fragmentação	Mancha total
<b>EIR</b>	Relação borda-interior	Métricas da paisagem	Fragmentação	Mancha total
<b>CEN</b>	Índice de centralidade	Métricas geoespaciais	Dispersão	Mancha total
<b>S</b>	Tipologia de crescimento urbano	Métricas da paisagem	Tipologia	Manchas secundárias
<b>CR</b>	Relação de compacidade	Outras métricas	Compacidade, fragmentação e complexidade	Mancha total
<b>IPQ</b>	Coefficiente Isoperimétrico	Outras métricas	Compacidade, fragmentação e complexidade	Mancha total
<b>CCM</b>	Compacidade e circularidade	Outras métricas	Compacidade e dispersão	Mancha total
<b>DCM</b>	Compacidade digital	Outras métricas	Compacidade e dispersão	Mancha total

### 1.2.2 Descrição das métricas espaciais e suas aplicações

**Densidade populacional urbana (DU):** descreve uma medida geral e muito reconhecida nas análises de compacidade ou espraiamento urbano (HUANG; LU; SELLERS, 2007), representada pelo número de habitantes por hectare de área urbana construída. No âmbito do planejamento, densidade é uma referência importante na avaliação da distribuição e consumo da terra urbana, entretanto, existem especificidades inerentes às condicionantes do meio físico que podem ser limitadoras do adensamento. Para Braga (2016, p.36), isso está relacionado aos padrões “[...] dentro dos quais uma cidade estaria em um ótimo ambiental, em que seria possível proporcionar [...] redução dos custos econômicos e ambientais [...] sem, no entanto, sofrer os efeitos negativos do adensamento urbano excessivo”.

**Número de partes (NP):** quantifica o número de partes que compõem a mancha urbana total (HEROLD; GOLDSTEIN; CLARKE, 2003). Aumentos no NP significam maior fragmentação, e reduções significam agregação ou preenchimento conhecido como *Infill* (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008).

**Tamanho médio de manchas (MPS):** descreve o tamanho médio das partes que compõem a mancha urbana total (SUN *et al.*, 2013). Aumentos no MPS indicam maior agregação, e reduções maior fragmentação da mancha urbana total.

**Desvio padrão de manchas (PSSD):** descreve as diferenças entre os tamanhos das manchas secundárias que compõem a mancha total. Maiores valores indicam maior heterogeneidade na distribuição das áreas urbanas construídas, à medida em que menores valores indicam uma distribuição relativa mais homogênea, em que um valor igual a zero significa que todas as manchas secundárias possuem o mesmo tamanho (REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Coefficiente de variação de manchas (PSCOV):** descreve as diferenças relativas entre os tamanhos das manchas secundárias (SETO; FRAGKIAS, 2005) assim como o PSSD, porém normalizado pelo MPS (REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Densidade de mancha (PD):** é uma medida de heterogeneidade da paisagem (SUN *et al.*, 2013), similar ao NP, que descreve maior fragmentação quando maiores valores forem observados, e maior agregação quando menores valores forem observados (REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Índice de mancha principal (LPI):** descreve o percentual do espaço urbano construído definido pela mancha urbana principal em função da mancha total (PHAM; YAMAGUCHI;



BUI, 2011). Menores valores indicam menor relevância (ou agregação) da mancha principal e/ou maior fragmentação da mancha total em partes de menor tamanho (REIS; SILVA; PINHO, 2015). Quando  $LPI = 1$ , não existem manchas secundárias.

**Dimensão fractal (FD):** descreve o nível de complexidade e fragmentação da área e perímetro das partes que compõem a mancha total (HEROLD; COUCLELIS; CLARKE, 2005; FRENKEL; ASHKENAZI, 2008; PHAM; YAMAGUCHI; BUI, 2011). Maiores valores indicam maior fragmentação e/ou irregularidade de forma, e menores valores indicam maior agregação e/ou formas mais simples (com  $FD = 1$  para a figura de um quadrado).

**Dimensão fractal ponderada (AWMPFD):** similar à FD, porém aplicada nas manchas secundárias e com resultado ponderado por área (PHAM; YAMAGUCHI; BUI, 2011; REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Índice de forma da paisagem (LSI):** descreve a fragmentação no âmbito da mancha urbana total, considerando suas múltiplas partes. Maiores valores indicam maior fragmentação, e vice-versa, em que  $LSI = 1$  (menor valor possível) indica uma mancha total composta por um único círculo (SAURA; CARBALLAL, 2004).

**Índice de forma (SI):** descreve a irregularidade (complexidade) da área e perímetro da mancha urbana principal (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008) de maneira similar ao LSI, ou seja, maiores valores indicam maior irregularidade, e vice-versa, sendo  $LSI = 1$  o menor valor possível.

**Índice de forma ponderado (AWMSI):** descreve a complexidade das manchas secundárias ponderada por área, de tal modo que quanto maior o valor de AWMSI, mais irregulares são as formas observadas (HUANG; LU; SELLERS, 2007), e vice-versa, sendo  $AWMSI = 1$  o menor valor possível.

**Índice de forma médio (MSI):** adaptado de Aguilera, Valenzuela e Botequilha-Leitão (2011) para dados vetoriais, e aplicado separadamente na mancha total e manchas secundárias, essa métrica descreve uma relação entre perímetro “ $p_{ij}$ ” de uma dada mancha de área “ $a_{ij}$ ”, e o perímetro de um círculo de área “ $a_{ij}$ ”, normalizada por NP. Quanto maior o valor de MSI, mais complexa(s) a(s) forma(s) analisada(s), e vice versa, sendo  $MSI = 1$  o menor valor possível.

**Densidade de borda (ED):** descreve complexidade da mancha total por meio de relação entre soma dos perímetros de todas as manchas (principal e secundárias) e soma da área de todas as manchas (HEROLD; GOLDSTEIN; CLARKE, 2003). Maiores valores indicam maior irregularidade de forma, e vice versa.

**Índice de compacidade (CI):** descreve tanto complexidade quando fragmentação das partes que compõem a mancha urbana (HUANG; LU; SELLERS, 2007). Essa métrica é aplicável à escala da mancha urbana total, em que quanto maior o valor do CI (limitado a  $CI = 1$ ), mais regulares e menos fragmentadas é a forma analisada. Não obstante, a aplicação desta métrica na mancha urbana principal pode ser relevante, uma vez que a mancha principal frequentemente representa a maior parte da mancha urbana total, principalmente em cidades de países em desenvolvimento (*Ibid.*).

**Relação perímetro-área média (MPAR):** similar à ED, porém representada por média simples das relações em cada parte da mancha, normalizada por NP. Aumentos na MPAR representam maior irregularidade (complexidade) e/ou fragmentação (IRWIN; BOCKSTAEL, 2007).

**Relação borda-interior (EIR):** similar à MPAR, essa métrica também descreve maior fragmentação por meio de maiores valores de EIR, e vice-versa, porém sem considerar o NP (REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Índice de centralidade (CEN):** representa o grau de afastamento (dispersão) entre centroides das manchas secundárias e mancha urbana principal, normalizado pelo raio de um círculo contendo a área da mancha urbana total (HUANG; LU; SELLERS, 2007). Quanto maior o valor de CEN, maior a dispersão observada, e vice versa, sendo  $CEN = 0$  correspondente à mancha única, sem manchas secundárias.

**Tipologia de crescimento urbano (S):** aplicável em um determinado período (intervalo de tempo) de modo a distinguir e classificar diferentes padrões de crescimento urbano observados (XU *et al.*, 2007). Essa métrica descreve agregação (*infill*) quando  $S \geq 0.5$ ; descreve expansão de borda (*extensive dispersion*) quando  $0.5 > S > 0$ ; e desagregação (*leapfrog*) quando  $S = 0$ .

**Relação de compacidade (CR):** métrica de compacidade da abordagem “área-perímetro”, aprimorada por Richardson (1961) a partir de Ritter (1822, *apud* LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013) de modo a remover o efeito escala e representar resultados de maneira adimensional (LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013; BRAGA, 2016; GUO; HU; ZHENG, 2020). Quanto maior o valor de CR, maior a compacidade observada, em que o valor máximo  $CR = 1$  representa uma forma circular. Assim como CI, essa métrica descreve compacidade com base nos aspectos de fragmentação e complexidade (REIS; SILVA; PINHO, 2015).

**Coefficiente isoperimétrico (IPQ):** similar à CR, e aprimorada por Osserman (1978) a partir de Miller (1953 *apud* LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013), essa métrica também descreve compacidade com base nos aspectos de complexidade e fragmentação, e também representa seus resultados de maneira adimensional (LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013).

**Compacidade e circularidade (CCM):** abordagem do tipo “figura de referência”, elaborada por Gibbs (1961). Essa métrica de compacidade compara a área de uma mancha urbana total, com a área de seu “menor círculo envolvente” (MEC), ou seja, do menor círculo que tangencie os pontos mais distantes da mancha urbana, e a envolva por completo (LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013). Quanto maiores os valores de CCM, maior a compacidade observada, e menor a dispersão, com valor máximo de  $CCM = \pi$  (pi).

**Compacidade digital (DCM):** similar à CCM, essa métrica de Kim e Anderson (1984) é baseada na abordagem do MEC, porém com remoção do efeito escala (LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013). Ou seja, quanto maiores os valores de DCM, maior a compacidade observada e menor a dispersão, com valor máximo de  $DCM = 1$ .

### 1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 1.3.1 Análises correlacionais e propositivas de métricas espaciais

De modo a avaliar e melhor compreender as abordagens das métricas apresentadas na Tabela 1, foram elencados 15 (quinze) cenários hipotéticos genéricos representados tanto por formas geométricas simples, quanto por formas mais complexas ou combinações. As medições das variáveis área, perímetro, raio do Menor Círculo Envolvente (MEC) e distâncias euclidianas entre centroides das partes, foram extraídas por meio do software AutoCAD LT 2021.

A partir dessas formas genéricas, objetiva-se identificar se existem relações lineares entre os resultados das métricas (SAURA; CARBALLAL, 2004; HUANG; LU; SELLERS, 2007), especialmente no que diz respeito aos aspectos de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão na qualidade de indicadores de espraiamento urbano (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008), nas escalas micro (de efeitos localizados) e macro (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008), de configuração do espaço urbano construído.

Ademais, são alçadas propostas de quatro métricas espaciais que consideram os supracitados aspectos de maneira combinada e com caráter agregado e adimensional. Entretanto, concerne destacar que as métricas DU (relacionada ao número de habitantes), S (de classificação de tipologia), assim como PSSD e PSCOV (de homogeneidade entre tamanhos de manchas), não descrevem os aspectos supracitados e não são aprofundadas nas análises.

Os cálculos realizados, assim como a matriz de confusão representativa das correlações lineares, foram procedidos com auxílio dos *softwares* PAST, versão 4.02 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001) e *LibreOffice* 6.4.7, e estão dispostos no Apêndice D. As análises *Boxplot* foram realizadas utilizando a plataforma *Flourish*, e os valores de correlação, e suas interpretações adotadas, estão dispostos no Quadro 1.

Valores da correlação	Força (interpretação)
0,00 – 0,10	Nula ou desprezível
0,10 – 0,30	Correlação fraca
0,30 – 0,60	Correlação moderada
0,60 – 0,90	Correlação forte
0,90 – 1,00	Muito forte ou perfeita

**Quadro 1** – Estratificações adotadas para interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson

**Fonte:** Adaptado da Tabela 1 de Akoglu (2018, p. 92)

## 1.4 RESULTADOS

Via de regra, as métricas ao nível da escala macro se mostraram linearmente relacionadas entre si, com significância estatística ao nível 0.05 (Apêndice E) e, na grande maioria, de maneira forte ou muito forte. O mesmo também é observado nas métricas ao nível da escala micro.

Não obstante, destacam-se as métricas de compacidade CI, CR, IPQ, CCM e DCM que, em conjunto, representam correlações estatisticamente significantes para com todas as métricas que descrevem Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão ao nível da escala macro, com intensidades moderada, forte e muito forte, sendo que CCM e DCM apresentam correlação perfeita entre si. Ressalta-se que essas métricas possuem embasamento nas propriedades do círculo relacionadas tanto à compacidade geométrica, “[...] definida como a razão entre a área de uma dada forma e a área de um círculo com mesmo perímetro” (WIRTH, 2004, p.20,

tradução própria), quanto à convexidade geométrica, definida como a quantidade relativa pela qual uma dada forma diverge da região convexa delimitada por um círculo (*Ibid.*).

No que diz respeito às limitações individuais, observa-se que a métrica DCM [21b] não faz nenhuma distinção entre as formas do semicírculo (2), dois-quartos (3) e quatro-oitavos de círculo (4), em que todas apresentam valor 0.5 mesmo se tratando de formas visualmente distintas, como mostrado nos Apêndices C e D. Essa é uma limitação de assimilação de Complexidade e Fragmentação em formas distintas, mas com mesma área e Dispersão. O mesmo é observado nas formas representadas por disposições de seis círculos idênticos (formas 5, 6 e 7), em que as métricas CI [14a] e IPQ [20] apresentam valor 0.167 de maneira constante, independentemente do afastamento observado entre os círculos (Apêndice D). Essa é uma limitação de assimilação da Dispersão em formas com mesma área, Complexidade e Fragmentação.

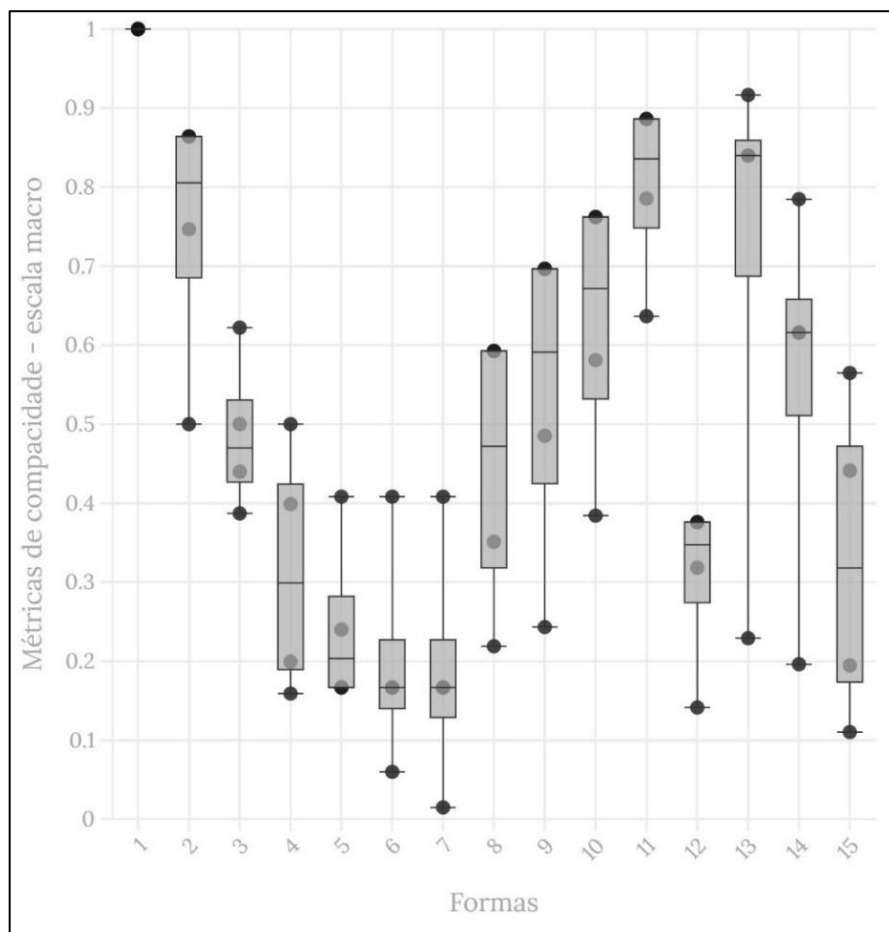
Pondera-se que a métrica CI [14a], do tipo relação área-perímetro e número de manchas (HUANG; LU; SELLERS, 2007), que descreve aspectos de Fragmentação e Complexidade ao nível de mancha total (de maneira similar às métricas CR e IPQ), possui um caráter mais localizado com abordagem individualizada por parte, representada pelo somatório do CI aplicado em cada fragmento de mancha, normalizado pelo número de manchas (NP) ao quadrado. Observando os resultados do Apêndice D, percebe-se que CI [14a] apresenta as mesmas limitações de CR (formas 2, 8, 9, 10, 11 e 12) e IPQ (formas 5, 6 e 7), assim como atribui valores mais discrepantes para as formas individuais de perímetro pouco complexo e com vazios intersticiais (13, 14 e 15).

Apesar de Li, Goodchild e Church (2013) apontarem a presença de vazios como limitação à aplicação de métricas de compacidade (DCM, especificamente), Montero e Bribiescal (2009) explicitam que as formas com vazios devem apenas representar piores avaliações de circularidade, refletindo em piores índices de compacidade – sendo, assim, possível sua aplicação em manchas urbanas, uma vez que a presença de vazios impacta negativamente na compacidade urbana.

Considerando todas as métricas espaciais de Compacidade de caráter adimensional e normalizado (CI, CR, IPQ e DCM), ou seja, que descrevem compacidade a partir dos aspectos de Fragmentação e/ou Complexidade e/ou Dispersão, com resultados na escala (0, 1), é alçada uma comparação entre suas medidas de compacidade por meio de análise *Boxplot* (HUANG; LU; SELLERS, 2007), de modo a extrair a tendência central dos resultados (por meio da

amplitude interquartílica), assim como identificar graus de dispersão e assimetria nos valores de tendência central. Assim sendo, os valores mínimos e máximos das caixas (primeiro e terceiro quartis, Q1 e Q3) representam a “faixa” de compacidade de uma forma, e os comprimentos das caixas representam o grau de imprecisão entre métricas na representação de uma forma. A assimetria de caixa, apesar de esperada (pois, via de regra, não se assume distribuição normal com este tipo de dados), pode indicar que uma dada métrica espacial é discrepante das demais na análise de uma forma específica.

Em função das especificadas de CI [14a], as análises por *Boxplot* foram divididas entre os resultados das métricas incluindo CI (CI, CR, IPQ e DCM), na Figura 4 e Tabela 2, e excluindo CI (CR, IPQ e DCM), na Figura 5 e Tabela 3. Isso porque os valores de CI incidiram em amplitudes e assimetrias sobremaneira elevadas (Figura 4) nas formas com vazios intersticiais (formas 13, 14 e 15), muito provavelmente em função das limitações explicitadas anteriormente.

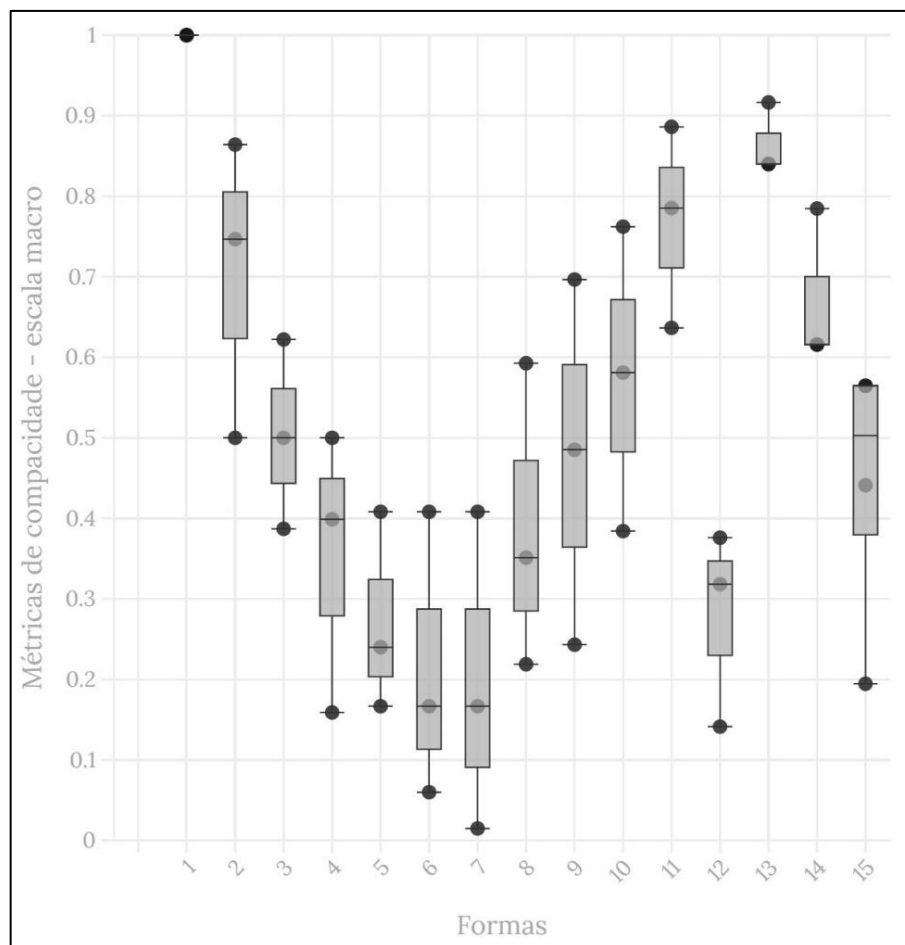


**Fig. 4.** *Boxplot* de compacidade pelas métricas CI, CR, IPQ e DCM

**Fonte:** Elaboração própria

**Tabela 2.** Amplitudes dos resultados de compacidade (CI, CR, IPQ e DCM)

Formas	Amplitude de compacidade observada (CI, CR, IPQ e DCM)		
	Q1	Mediana	Q3
1	1,00	1,00	1,00
2	0,69	0,81	0,86
3	0,43	0,47	0,53
4	0,19	0,30	0,42
5	0,17	0,20	0,28
6	0,14	0,17	0,23
7	0,13	0,17	0,23
8	0,32	0,47	0,59
9	0,42	0,59	0,70
10	0,53	0,67	0,76
11	0,75	0,84	0,89
12	0,27	0,35	0,38
13	0,69	0,84	0,86
14	0,51	0,62	0,66
15	0,17	0,32	0,47



**Fig. 5.** Boxplot de compacidade pelas métricas CR, IPQ e DCM  
**Fonte:** Elaboração própria

**Tabela 3.** Amplitudes dos resultados de compacidade (CR, IPQ e DCM)

Formas	Amplitude de compacidade observada (CR, IPQ e DCM)		
	Q1	Mediana	Q3
<b>1</b>	1,00	1,00	1,00
<b>2</b>	0,62	0,75	0,81
<b>3</b>	0,44	0,50	0,56
<b>4</b>	0,28	0,40	0,45
<b>5</b>	0,20	0,24	0,32
<b>6</b>	0,11	0,17	0,29
<b>7</b>	0,09	0,17	0,29
<b>8</b>	0,29	0,35	0,47
<b>9</b>	0,36	0,49	0,59
<b>10</b>	0,48	0,58	0,67
<b>11</b>	0,71	0,79	0,84
<b>12</b>	0,23	0,32	0,35
<b>13</b>	0,84	0,84	0,88
<b>14</b>	0,62	0,62	0,70
<b>15</b>	0,32	0,44	0,50

A partir da identificação de correlações estatisticamente significantes (Apêndice D) entre as métricas de compacidade de caráter adimensional e normalizado, aplicáveis à mancha urbana total, e tendo sido estabelecidas as amplitudes de descrição da compacidade para cada forma hipotética analisada (Tabelas 2 e 3), são alçadas propostas de métricas espaciais para descrever compacidade urbana e contribuir para um melhor “[...] entendimento da essência do espraiamento, agregando conhecimento quantitativo para a discussão [...]” (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008, p.1).

A proposta reside na combinação de métricas de Compacidade da escala macro, limitadas aos aspectos geométrico-espaciais em duas dimensões, que caracterizem a configuração urbana a partir de aspectos espaciais relacionados à Fragmentação, Complexidade e Dispersão de manchas urbanas. E os resultados das métricas espaciais propostas devem, preferivelmente, estar inseridos nas amplitudes interquartílicas de compacidade, elencadas na Tabela 2 e/ou Tabela 3. Assim, a combinação de métricas representadas por relações diretas entre Área, Perímetro, Número de Partes e Raio do menor círculo envolvente (MEC), tem potencial para descrever variações nas características inerentes ao espraiamento urbano, ao nível de mancha total.



### 1.4.1 Propostas de Métricas Espaciais de Compacidade

De modo a caracterizar a configuração urbana por meio de métrica espacial única, aplicável à escala da mancha total, buscou-se uma alternativa capaz de descrever cenários de manchas urbanas compostas por uma ou mais partes ( $NP \geq 1$ ), mas considerando todas as áreas e perímetros “[...] como uma grande parte unificada” (SAURA; CARBALLAL, 2004, p.650, tradução própria).

Nessa temática e contexto, são alçadas propostas de combinação entre métricas de Compacidade capazes de descrever as características intrínsecas ao espraiamento urbano – representado por uma “[...] configuração geométrica irregular, espalhada e fragmentada” (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008, p.3, tradução própria). Entretanto, nesta Seção, as propostas limitam-se à geometria do espaço construído, sem adentrar à sua composição de uso do solo.

Não obstante, essa abordagem pode descrever variações no espraiamento urbano de maneira indireta, com enfoque maior na descrição das características de Compacidade – considerada uma das propriedades mais importantes de uma forma (ANGEL, PARENT e CIVCO, 2010; LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013) –, e menor no fenômeno (espraiamento) por si só, considerado complexo e não inequívoco (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008) e com definição sem muito rigor, se referindo “[...] desde crescimento urbano de baixa densidade até mesmo formas dispersas ou descentralizadas de expansão urbana” (EWING, 1997; SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008, p.660).

Para isso, foram adotadas as métricas CI [14a], do tipo relação área-perímetro e número de manchas (HUANG; LU; SELLERS, 2007), CR [19] de Richardson (1961) e IPQ [20] de Osserman (1978), do tipo relação área-perímetro, e DCM [21b] de Kim e Anderson (1984), do tipo figura de referência (LI; GOODCHILD; CHURCH, 2013). No âmbito do urbano, essas métricas de Compacidade são capazes de descrever Complexidade, Fragmentação e Dispersão de manchas, e representar os resultados na escala (0, 1) de forma adimensional (sem efeito escala).

A métrica IPQ [20] de Osserman (1978), corresponde à raiz quadrada da métrica CR [19] de Richardson (1961), e ambas descrevem a relação entre “Área e Perímetro de uma dada forma” e “Área e Perímetro do círculo”. No entanto, a equação de Richardson (1961) remove o efeito escala por radiciação da Área; já a equação de Osserman (1978) remove o efeito escala por potenciação do Perímetro.

Partindo do pressuposto de que ambas as métricas representam “Relações Adimensionais Área-Perímetro” (doravante denominadas RAAP) de uma dada forma, com base em RAAP de um círculo (denominadas RAAPc, doravante), as concepções das métricas CR e IPQ podem ser representadas conforme disposto no Quadro 2.

**Quadro 2. Concepção geral das métricas de compacidade do tipo área-perímetro**

Fonte: Elaboração própria (2021)

<b>Decomposição da equação de Richardson (1961) – equação [19]</b>	
RAAPc (círculo)	$\frac{\sqrt{\pi} \cdot r^2}{2\pi r} = \frac{\sqrt{\pi}}{2\pi} = 0,282095$
RAAP (Compactness Ratio of urban mesh)	$\left[ \frac{\left( \frac{\sqrt{A}}{P} \right)}{\frac{\sqrt{\pi}}{2\pi}} \right] = \frac{2\sqrt{\pi} \cdot A}{P} = (0, 1)$
<b>Decomposição da equação de Osserman (1978) – equação [20]</b>	
RAAPc (círculo)	$\frac{\pi \cdot r^2}{(2\pi \cdot r)^2} = \frac{1}{4\pi} = 0,079578$
RAAP (Isoperimetric Quotient of urban mesh)	$\left[ \frac{\left( \frac{A}{P^2} \right)}{\frac{1}{4\pi}} \right] = \frac{4\pi \cdot A}{P^2} = (0, 1)$

Em que:

A = Área da mancha urbana total (soma de todas as manchas, principal e secundárias)

P = Perímetro da mancha urbana total (soma de todos os perímetros externos)

RAAP = Relação Adimensional Área-Perímetro de mancha urbana

RAAPc = Relação Adimensional Área-Perímetro de um círculo

Na mesma linha de raciocínio, as métricas CCM [21a] e DCM [21b] descrevem outra relação, doravante denominada “Relação Adimensional Área-Raio” (RAAR). No entanto, a equação de Gibbs (1961) [21a] não remove o efeito escala, e seus resultados são limitados ao valor  $\pi$  (pi). Já na equação de Kim & Anderson (1984) [21b], este efeito é removido, e os resultados variam entre (0, 1). De modo geral, a equação de Gibbs (1961) corresponde à uma “Relação Adimensional Área-Raio do círculo” (RAARc); à medida em que a equação de Kim & Anderson (1984) corresponde à uma RAAR normalizada por uma RAARc. No Quadro 3, estão representadas essas interpretações das métricas.

Do mesmo modo que a RAARc baseada em Kim e Anderson (1984), é possível deduzir, também, uma RAARc que remova o efeito escala por radiciação da área (RICHARDSON, 1691) e represente compacidade com base na dispersão, e de forma adimensional. Assim, do

mesmo modo que a RAAP [20] de Osserman (1978) corresponde à raiz quadrada da [19] de Richardson (1961), a RAARc proposta no Quadro 4 corresponde à raiz da RAARc de Kim e Anderson (1984).

### Quadro 3. Concepção geral das métricas de compacidade do tipo figura de referência

Fonte: Elaboração própria (2021)

Decomposição da equação de Gibbs (1961) – métrica [21a]	
RAARc (círculo)	$\frac{\pi \cdot r^2}{r^2} = \frac{A}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = \frac{4A}{L^2} = \pi$
RAAR (Compactness and Circularity Measure of urban mesh)	$\frac{4A}{L^2} = (0, \pi)$
Decomposição da equação de Kim & Anderson (1984) – métrica [21b]	
RAARc (círculo)	$\frac{\pi \cdot r^2}{r^2} = \pi$
RAAR (Digital Compactness Measure of urban mesh)	$\frac{\left(\frac{A}{R^2}\right)}{\pi} = \frac{A}{\pi \cdot R^2} = \frac{A}{Asc} = (0, 1)$

Em que:

A = Área da mancha urbana total (soma de todas as manchas, principal e secundárias)

P = Perímetro da mancha urbana total (soma de todos os perímetros externos)

L = Distância entre dois pontos mais extremos de uma mancha urbana (diâmetro do MEC)

Asc = Área do Menor Círculo Envolvente (MEC)

R = Raio do Menor Círculo Envolvente (MEC)

RAAR = Relação Adimensional Area-Raio de mancha urbana

RAAPc = Relação Adimensional Area-Perímetro de um círculo

### Quadro 4. Proposta de RAAR baseada na abordagem “figura de referência”

Fonte: Elaboração própria (2021)

Proposta de RAARc baseada em Richardson (1961) e Kim e Anderson (1984)	
RAARc (círculo)	$\frac{\sqrt{\pi \cdot r^2}}{r} = \sqrt{\pi}$
RAAR (proposta)	$\frac{\frac{\sqrt{A}}{R}}{\sqrt{\pi}} = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi} \cdot R}$

A = Área da mancha urbana total (soma de todas as manchas, principal e secundárias)

P = Perímetro da mancha urbana total (soma de todos os perímetros externos)

R = Raio do Menor Círculo Envolvente (MEC)

RAAR = Relação Adimensional Area-Raio de mancha urbana

RAAPc = Relação Adimensional Area-Perímetro de um círculo

Percebe-se que as métricas do tipo “área-perímetro” (CI, CR e IPQ) descrevem compacidade com maior assimilação da Fragmentação e Complexidade – com correlações fortes, muito fortes, e estatisticamente significantes para com as métricas de Fragmentação, Compacidade e

Complexidade na escala macro –, porém com limitada assimilação da Dispersão – com correlações não significantes para com CEN (centralidade) de, respectivamente,  $r = -0,41$ ;  $r = -0,46$  e  $r = -0,44$  como mostrado no Apêndice D. Já as métricas do tipo “figura de referência” (CCM e DCM), descrevem compacidade com maior percepção na Dispersão – correlação forte e estatisticamente significativa com CEN ( $r = -0,60$ ) –, mas são mais limitadas no que diz respeito à Fragmentação e Complexidade – correlações moderadas ou fortes, não significantes em alguns casos, para com métricas de Fragmentação, Compacidade e Complexidade na escala macro (Apêndice D).

Isso posto, são alçadas propostas de combinação entre as supracitadas métricas, por meio de média geométrica, de tal modo que os resultados sejam capazes de descrever variações nas propriedades geométricas e superar as limitações individuais inerentes, conforme supramencionado. A abordagem reside na extração da média geométrica, tanto entre as métricas CR, IPQ, DCM e RAAR (proposta), que descrevem Compacidade a partir dos aspectos de Fragmentação, Complexidade e Dispersão na escala macro; quanto as mesmas métricas com inclusão de CI, que descreve Compacidade com base nos mesmos aspectos, porém normaliza os resultados a partir do enfoque localizado no número de manchas.

A adoção de média geométrica visa representar uma tendência central que não seja muito influenciada pela assimetria de grandes valores em uma distribuição enviesada (KIRKWOOD; STERNE, 2003; ALEXANDER, 2012). Além disso, na proposta alçada, valores negativos são inexistentes e valores nulos são praticamente impossíveis – uma forma geométrica com zero de tamanho não existe em um plano bidimensional.

Na Equação 1.1 está representada a média geométrica entre a RAAP do IPQ [20] e RAAR do DCM [21b], denominada métrica “M1”. E na Equação 1.2 está representada a média geométrica entre a RAAP do CR [19] e a RAAR baseada em Richardson (1961) e Kim e Anderson (1984) proposta no Quadro 4, denominada “M2”. Destaca-se que a métrica M2 corresponde à raiz de M1, assim como o IPQ [20], de Osserman (1978), corresponde à raiz de CR [19], de Richardson (1961), conforme explicitado anteriormente. E na Equação 1.3 é apresentada a média geométrica entre ambas as RAAP do IPQ e CR, assim como as RAAR do DCM e proposta (Quadro 4), denominada métrica “M3”.

$$M1 = \sqrt[2]{\frac{4\pi.A}{P^2} \cdot \frac{A}{\pi.R^2}} = \frac{2A}{R.P} \quad (1.1)$$

$$M2 = \sqrt[2]{\frac{2\sqrt{\pi \cdot A}}{P} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi \cdot R}}} = \sqrt{\frac{2A}{R \cdot P}} \quad (1.2)$$

$$M3 = \sqrt[4]{\frac{4\pi \cdot A}{P^2} \cdot \frac{2\sqrt{\pi \cdot A}}{P} \cdot \frac{A}{\pi \cdot R^2} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi \cdot R}}} = \sqrt[4]{\frac{8A^3}{R^3 \cdot P^3}} \quad (1.3)$$

Em que:

A = Área da mancha urbana total (soma de todas as manchas, principal e secundárias)

P = Perímetro da mancha urbana total (soma de todos os perímetros externos)

R = Raio do Menor Círculo Envolvente (MEC)

Por fim, na Equação 1.4 é apresentada a média geométrica entre M3 (métricas do tipo relação área-perímetro na escala macro) e CI [14a], denominada métrica “M4”, que também descreve compacidade na escala macro, porém considerando os aspectos de fragmentação e complexidade de maneira localizada e individualizada por área e perímetro para cada fragmento de mancha.

$$M4 = \left[ \left( \sqrt[4]{\frac{8A^3}{R^3 \cdot P^3}} \right) \cdot \left( \frac{\sum_{i=1}^n 2\pi \frac{\sqrt{a_i}}{p_i}}{n^2} \right) \right]^{0,5} \quad (1.4)$$

Em que:

A = Área da mancha urbana total (soma de todas as manchas, principal e secundárias)

P = Perímetro da mancha urbana total (soma de todos os perímetros externos)

R = Raio do Menor Círculo Envolvente (MEC) da mancha total

n = Número de manchas

a<sub>i</sub> = Área de uma parte que compõe a mancha total (principal ou secundária)

p<sub>i</sub> = Perímetro de uma parte que compõe a mancha total (principal ou secundária)

Por meio das equações supracitadas, busca-se minimizar as limitações individuais inerentes às métricas aplicadas separadamente, e estabelecer valores de Compacidade que considerem e descrevam os graus de Fragmentação, Complexidade e Dispersão na qualidade de propriedades da mancha total, representada pela mancha principal e fragmentos de manchas secundárias. Os resultados das métricas M propostas são apresentados na Tabela 4, e suas correlações na Tabela 5.

**Tabela 4.** Resultados das métricas espaciais M propostas

Forma	Propriedades	M1	Variação	M2	Variação	M3	Variação	M4	Variação
1	*	1,000	*	1,000	*	1,000	*	1,000	*
2	CPX	0,611	-38,9%	0,782	-21,8%	0,691	-30,9%	0,773	-22,7%
3	FRG e CPX	0,440	-28,0%	0,663	-15,2%	0,540	-21,8%	0,488	-36,9%
4	FRG e CPX	0,282	-35,9%	0,531	-19,9%	0,387	-28,4%	0,278	-43,0%
5	DSP	0,200	*	0,447	*	0,299	*	0,223	*
6	DSP	0,100	-50,0%	0,316	-29,3%	0,178	-40,5%	0,172	-22,9%
7	DSP	0,050	-50,0%	0,224	-29,3%	0,106	-40,5%	0,133	-22,9%
8	CPX	0,277	*	0,527	*	0,382	*	0,476	*
9	CPX	0,344	23,9%	0,586	11,3%	0,449	17,4%	0,559	17,5%
10	CPX	0,473	37,5%	0,687	17,3%	0,570	27,0%	0,659	17,9%
11	CPX	0,707	49,7%	0,841	22,3%	0,771	35,3%	0,827	25,4%
12	FRG e CPX	0,212	-70,0%	0,461	-45,2%	0,313	-59,5%	0,343	-58,5%
13	CPD	0,840	*	0,917	*	0,877	*	0,448	*
14	CPD	0,616	-26,7%	0,785	-14,4%	0,695	-20,8%	0,369	-17,6%
15	CPX e CPD	0,332	-46,2%	0,576	-26,6%	0,437	-37,1%	0,220	-40,6%

CPX = Complexidade; FRG = Fragmentação; DSP = Dispersão; CPD = Compacidade

De maneira geral, as métricas M1 e M4 apresentaram os menores valores para as formas analisadas; M3 apresentou valores mais intermediários, e a métrica M2 apresentou os maiores valores em todos os cenários. Além disso, nas formas com maior ênfase na Complexidade (Formas 8 a 11), os valores de M4 se aproximam dos valores de M2; e nas formas com ênfase nas propriedades de Fragmentação e Complexidade (Formas 3 e 4) e Dispersão (Formas 5, 6 e 7) os valores de M4 se aproximaram dos de M1 e M3, respectivamente. Nas formas com reduzida Complexidade e Fragmentação, porém com presença de vazios (Formas 13, 14 e 15), os valores de M4 mostraram-se muito discrepantes em relação às demais métricas.

Ainda com relação às principais propriedades observadas (Tabela 4) em cada forma hipotética, a métrica M1 mostrou os maiores graus de variação no que diz respeito às formas com Compacidade, Dispersão, Complexidade e/ou Fragmentação mais acentuadas, ao contrário das variações observadas pela métrica M2. E a métrica M3 descreveu todas as propriedades, e seus respectivos graus de variação, de maneira preponderantemente interposta às demais métricas.

**Tabela 5.** Análise correlacional entre M e as demais métricas

<b>Métricas</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
NP	<b>-0,61*</b>	<b>-0,70*</b>	<b>-0,65*</b>	<b>-0,72*</b>
MPS	<b>0,62*</b>	<b>0,69*</b>	<b>0,66*</b>	<b>0,63*</b>
PD	<b>-0,68*</b>	<b>-0,77*</b>	<b>-0,73*</b>	<b>-0,67*</b>
LPI	<b>0,62*</b>	<b>0,69*</b>	<b>0,66*</b>	<b>0,63*</b>
FD	-0,20	-0,10	-0,15	-0,12
AWMFD	0,72	0,73	0,73	0,62
LSI	<b>-0,87*</b>	<b>-0,87*</b>	<b>-0,88*</b>	<b>-0,83*</b>
SI	-0,27	-0,21	-0,24	-0,08
AWMSI	0,68	0,69	0,69	0,57
MSI(a)	-0,27	-0,19	-0,24	-0,21
MSI(b)	0,68	0,69	0,69	0,57
ED	<b>-0,93*</b>	<b>-0,96*</b>	<b>-0,95*</b>	<b>-0,78*</b>
CI	<b>0,58*</b>	<b>0,58*</b>	<b>0,58*</b>	<b>0,95*</b>
CILP	0,23	0,12	0,18	0,15
MPAR	<b>-0,88*</b>	<b>-0,91*</b>	<b>-0,90*</b>	<b>-0,63*</b>
EIR	<b>-0,70*</b>	<b>-0,78*</b>	<b>-0,74*</b>	<b>-0,67*</b>
CEN	<b>-0,56*</b>	<b>-0,69*</b>	<b>-0,62*</b>	<b>-0,52*</b>
CR	<b>0,93*</b>	<b>0,91*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,86*</b>
IPQ	<b>0,95*</b>	<b>0,92*</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,86*</b>
CCM	<b>0,92*</b>	<b>0,92*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,62*</b>
DCM	<b>0,92*</b>	<b>0,92*</b>	<b>0,93*</b>	<b>0,62*</b>

\* Estatisticamente significativa ao nível 0.05

Considerando as amplitudes interquartílicas estabelecidas na Tabela 2 (incluindo métrica CI), praticamente todos os resultados observados pela métrica M4 se mostram inseridos dentro dos intervalos analisados, com exceção das formas 13 e 14 que apresentaram valores inferiores ao Q1 – reiterando as observações sobre as limitações de CI em formas simétricas, com presença de vazios e de baixa complexidade. Por outro lado, quando comparados à Tabela 3 (exclusive métrica CI), os resultados de M4 apresentam cinco valores fora do intervalo interquartílico, referentes às formas 4, 8, 13, 14 e 15.

Já as métricas M1 e M2 apresentaram resultados inseridos, majoritariamente, fora dos intervalos interquartílicos estabelecidos tanto na Tabela 2, quanto na Tabela 3. Em suma, os valores de M1 se mostraram mais próximos do primeiro quartil (Q1), e os valores de M2 mais próximos do terceiro quartil (Q3), caracterizando, de maneira geral, valores excluídos, porém próximos dos limites inferior e superior das amplitudes dos *Boxplots*. Tendo em vista que M1 resulta da decomposição de métricas que removem o efeito escala por radiação da Área, e que M2

resulta de métricas que adotam a potenciação do Perímetro para o mesmo fim, ambas as métricas propostas representam Compacidade de maneira adimensional (0, 1), porém com distintas intensidades que descrevem as propriedades de Complexidade, Fragmentação e Dispersão para cada forma analisada.

Por fim, a métrica M3 proposta descreveu valores totalmente inseridos nas amplitudes interquartílicas da Tabela 2, e majoritariamente inseridos quando observada a Tabela 3 – em que as formas 3, 5, 7, 13 e 14 apresentaram resultados fora dos intervalos estabelecidos no *Boxplot* da Tabela 3. Não obstante, as Formas 13 e 14 representam situações com elevada excepcionalidade e praticamente impossíveis em uma configuração urbana real, representadas por formas sem nenhuma irregularidade, desagregação ou dispersão – pois possuem perímetros e raios iguais ao MEC –, além de apresentarem perfeita simetria em ao menos um dos eixos analisados.

Isso se torna manifesto quando observada a Figura 4, em que o *Boxplot* descreve maior assimetria para essas duas formas, assim como quando comparados os resultados das métricas IPQ e DCM, que descrevem as supracitadas formas de maneira idêntica (Forma 13 = 0,84 e Forma 14 = 0,62). Ademais, considerando as limitações observadas no que diz respeito à métrica CI [14a], as amplitudes estabelecidas na Tabela 3 e Figura 5 – que consideram apenas as métricas CR [19], IPQ [20] e DCM [21b] – apresentaram menores assimetrias e maiores acurácias nas tendências centrais, quando comparadas à Figura 4 e Tabela 2.

Adicionalmente, conforme a Tabela 5 e o Apêndice E, as métricas M propostas apresentaram as seguintes relações lineares estatisticamente significantes:

- Intensidades moderadas positivas ( $r = 0,58$ ) para com o índice de compacidade CI [14a] nas métricas M1, M2 e M3; e muito forte positiva ( $r = 0,95$ ) na métrica M4, uma vez que a mesma contempla CI de maneira direta em sua equação. Isso significa que as métricas M1, M2 e M3 descrevem as variações em CI [14a] com moderada linearidade, independentemente do fato da mesma não ter sido considerada em suas equações de maneira direta.
- Intensidades muito fortes positivas ( $r > 0,90$ ) entre M1, M2, e M3 e as demais métricas de compacidade na escala macro (CR, IPQ, CCM e DCM); e fortes positivas ( $r > 0,60$ ) entre M4 e as referidas métricas.



- Intensidades fortes, de maneira negativa, para com as métricas de fragmentação na escala macro (NP, MPS, PD, LSI, ED), indicando que quanto menor a Fragmentação, maior a Compacidade descrita pelas métricas M propostas;
- Intensidades fortes, de maneira positiva ( $r > 0,60$ ), com o índice de mancha urbana principal (LPI), indicando que quanto maior o peso da mancha principal (menor fragmentação das manchas secundárias), maior a Compacidade descrita pelas métricas M propostas.
- Intensidades fortes, de maneira negativa, entre as métricas de complexidade na escala macro (MPAR, EIR) para com M1 ( $r = -0,88$ ) e M4 ( $r = -0,63$ ); e muito fortes negativas para com M2 e M3 ( $r = -0,91$  e  $r = -0,90$ , respectivamente), indicando que quanto menor a irregularidade de forma (Complexidade), maior a Compacidade descrita pelas métricas propostas, principalmente M1, M2 e M3.
- Intensidades moderadas, de maneira negativa, entre a medida de Dispersão na escala macro (CEN) para com M1 ( $r = -0,56$ ) e M4 ( $r = -0,52$ ); e fortes para com M2 ( $r = -0,69$ ) e M3 ( $r = -0,62$ ), indicando que quanto menor a dispersão, maior a compacidade descrita, principalmente por M2 e M3.

Isso posto, a Métrica M3 proposta se mostrou interposta aos graus de descrição das propriedades de Compacidade, Complexidade, Fragmentação e Dispersão estabelecidos pelas demais métricas alçadas (Tabela 4), de maneira estatisticamente significativa e linearmente relacionada à maioria das métricas espaciais aplicáveis à escala macro (Tabela 5), assim como totalmente inserida nos intervalos interquartílicos da análise *Boxplot* da Tabela 3 e da Figura 5.

## 1.5 CONCLUSÃO

A representação das características físicas da geometria do espaço urbano construído, especialmente por meio de análises quantitativas, pode contribuir para a discussão sobre a configuração urbana e seus efeitos decorrentes do crescimento, assim como sobre o papel do planejamento urbano e suas influências nesses processos. Pode-se afirmar que a relevância das métricas espaciais é manifesta nos estudos urbanos, especialmente no que se refere aos processos de crescimento e ocorrência do fenômeno do espraiamento urbano, em que a partir de uma revisão não-sistemática e não-exaustiva da literatura, foi possível elencar diversas

métricas espaciais que abordam essas questões, assim como dezenas de publicações que comprovam sua relevância.

Considerando o rol de métricas espaciais adotadas, foi possível observar algumas limitações importantes, inerentes tanto às abordagens em si, quanto à escala de aplicação. Mais do que isso, foi evidenciado que a descrição de alguns aspectos pode não ter exatidão quando as métricas são consideradas isoladamente, em que cenários visualmente distintos podem ser descritos por valores idênticos.

A proposição de métrica única que descreve os aspectos de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão, de maneira combinada, mostrou-se relevante em prol do discernimento da geometria espacial das formas, sem desatentar às amplitudes estabelecidas a partir de métricas estabelecidas na literatura, porém avançando no que tange às suas limitações inerentes. Neste contexto, a métrica M3 se apresenta potencialmente relevante na assimilação dessas características espaciais intrínsecas ao espraiamento urbano.

Além de majoritariamente inseridos nos intervalos interquartílicos estabelecidos pelas demais métricas, os resultados da métrica M3 evidenciam correlações lineares estatisticamente significativas para com todas as outras métricas aplicáveis na escala macro, e descrevem tendências centrais das variações de Compacidade, Complexidade, Fragmentação e Dispersão com maior acurácia, dentre as configurações espaciais analisadas.

Não obstante, assim como M3 melhor representou uma tendência central, as métricas M1 e M2 poderiam ser consideradas como aproximações dos limites inferior e superior das amplitudes interquartílicas de Compacidade observadas a partir de métricas existentes na literatura (e observadas neste estudo), na maioria das formas analisadas. Isso pode ser relevante considerando sua simplicidade e facilidade de aplicação, com potencial contribuição em prol da representação de intervalos mínimos e máximos de compacidade urbana que, de maneira combinada com M3, se apresentam como alternativas para descrição das propriedades geométrico-espaciais inerentes ao fenômeno do espraiamento urbano.

## **CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISES ESPACIAIS DE CONFIGURAÇÃO URBANA: MEIO SÉCULO DE CRESCIMENTO URBANO EM ARARAQUARA**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Apesar de ser tópico proeminente no planejamento urbano, espraiamento (*sprawl*) é um fenômeno ainda sem consenso, com exceção de que está associado a baixas densidades e expansão suburbana dispersa, com elevado consumo do solo natural ou cultivável (HEIMLICH; ANDERSON, 2001; REIS; SILVA; PINHO, 2015). Esses aspectos correspondem a enormes desafios em termos de concentração demográfica associada aos fluxos de recursos (naturais, humanos, econômicos, etc.) necessários para sustentação do desenvolvimento econômico e do bem-estar social, sem desatentar aos impactos ambientais (LYONS, 2018) – principalmente aqueles decorrentes da degeneração das funções ecossistêmicas (JAEGER *et al.*, 2010; JIA *et al.*, 2020).

A conversão de áreas naturais ou cultiváveis em novas áreas urbanas agrava processos de poluição e contaminação do solo, eleva o consumo de combustíveis fósseis, poluição atmosférica e emissão de gases de efeito estufa (EWING, 2008), exercendo significativa influência nas mudanças climáticas (OKE, 1989; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009; GUNAWARDENA; WELLS; KERSHAW, 2017).

Por outro lado, formas urbanas mais compactas, com maiores densidades e diversidades de usos do solo, reduzem a superexploração dos recursos naturais, minimizam impactos ambientais e estimulam as economias de aglomeração (ONU, 2015b), e compartilham princípios orientadores relacionados ao conceito de desenvolvimento urbano sustentável (JABAREEN, 2008; JENKS; JONES, 2010; FIORETTI *et al.*, 2020).

Nessa temática e contexto, são alçadas análises de configuração urbana, por meio de métricas espaciais, no contexto urbano da cidade de Araraquara-SP. Busca-se caracterizar o crescimento da mancha urbana ao longo das décadas, especialmente no que se refere às variações observadas nos aspectos de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão, na qualidade de possíveis indicadores de espraiamento urbano (FRENKEL; ASKENAZI, 2008).

## 2.2 ARARAQUARA COMO OBJETO DE ESTUDO

A cidade de Araraquara teve sua ocupação iniciada por volta de 1720, quando da abertura de rotas ferroviárias de interligação com as minas do Estado de Mato Grosso (FALCOSKI, 2007). Entretanto, foi por volta de 1805 que Pedro José Neto (fundador da cidade) e seus filhos ergueram uma capela dedicada a São Bento, e foi em torno desta que o povoado se expandiu (*Ibid.*).

Em 1832 esse povoado passou a ser considerado uma vila, recebendo os foros de cidade, assim como sua denominação derivada do termo “Aracoara” que, em Tupi-Guarani, significa “Morada do Dia” (FALCOSKI, 2007). Conhecida, também, como “Morada do Sol”, e localizada na região central do Estado de São Paulo (a 270 km da capital), Araraquara possui população estimada em 227.681 habitantes, com taxa de urbanização estimada em 97% (SEADE, 2020).

Desde o início do século XX, a cidade possui manifesta ligação histórica e cultural com o modelo de urbanismo moderno e culturalista das cidades-jardins, em que o *Relatório da Câmara Municipal de Araraquara de 1911* – considerado o primeiro plano diretor do município –, atribuiu grande importância à arborização urbana e aos espaços livres (TELAROLLI, 2003 *apud* PERES, 2012), associando-os à melhoria da qualidade de vida (RIBEIRO; GONÇALVES, 2016).

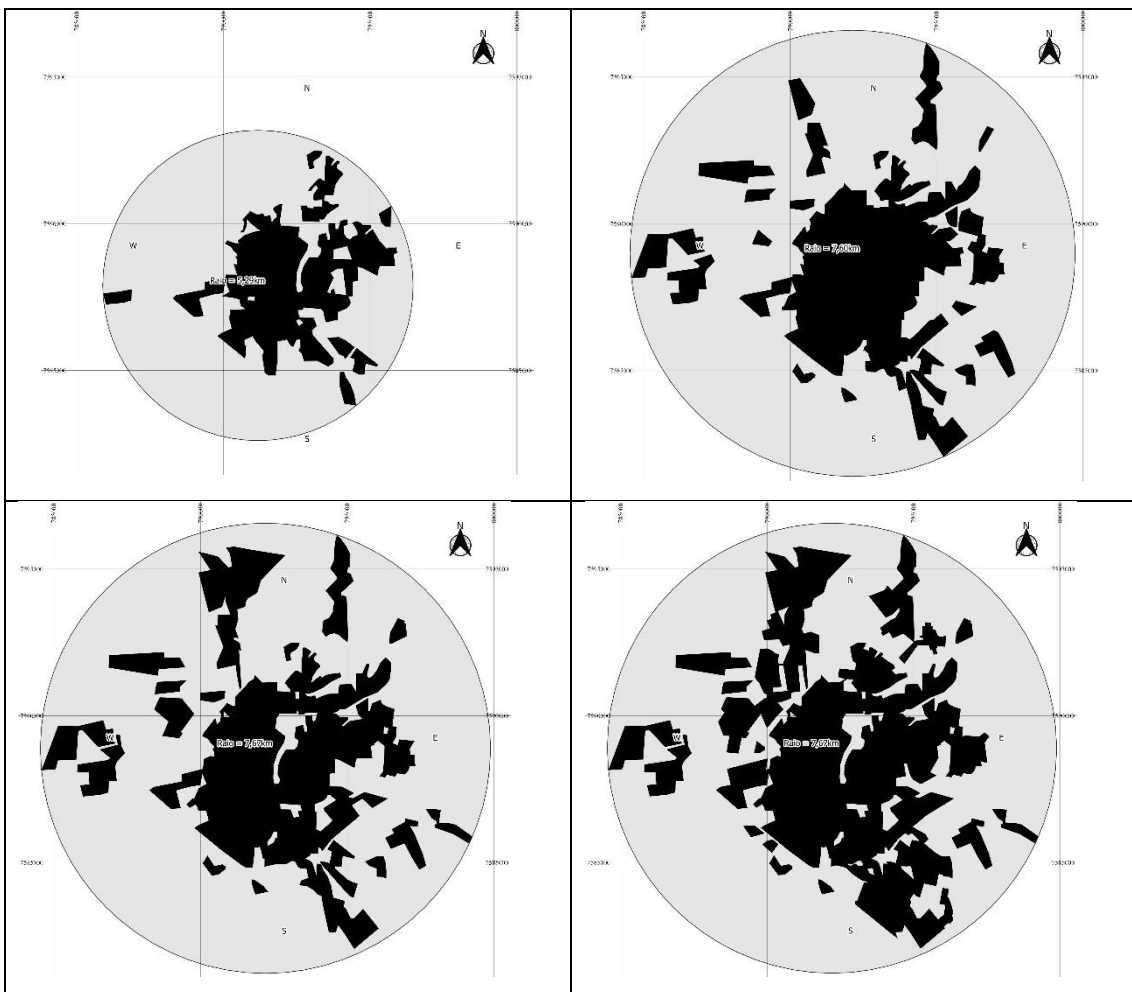
A evolução da ocupação do solo ocorreu de maneira simultânea aos processos de formação econômica em que, até a década de 1930, Araraquara detinha na cafeicultura sua principal atividade (PERES, 2012). Todavia, com a crise do café, iniciou-se um processo de retomada do crescimento industrial agrícola atribuída a duas principais frentes: expansão das indústrias de processamento de leite, frutas cítricas, e refino de óleos vegetais; e surgimento de indústrias metalúrgicas e mecânicas no ramo de equipamentos agrícolas (FULLER, 2008; PERES, 2012).

Na década de 1950, a população urbana ultrapassou a rural e, por volta da década de 1960, Araraquara demonstrou um grande crescimento econômico (impulsionado pelo Programa Proálcool), acompanhado de intensivos processos de crescimento urbano a partir da década de 1970 (PERES, 2012). Segundo Gonçalves (2010) e Peres (2012), esses processos resultaram na dispersão da mancha urbana – tornando o perímetro urbano sobremaneira expandido, em torno de três vezes o tamanho inicial –, e geraram inúmeros vazios urbanos – muitos deles vinculados à especulação imobiliária.

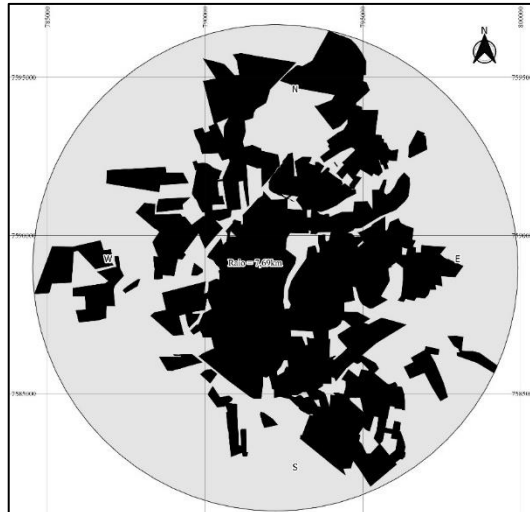
### 2.2.1 Cenários de crescimento urbano nos últimos 50 anos

Segundo Gonçalves (2010) e Peres (2012), as décadas de 1970 e 1980 foram marcadas por um intenso desenvolvimento do setor imobiliário, assim como por evidentes desvios para com a legislação urbanística municipal, que resultaram em cenários de urbanização espraiada com proliferação de vazios em decorrência do milagre econômico brasileiro, que favoreceu a compra de imóveis para acúmulo de capital. Para as autoras, fica evidente que houve uma transição de processos de expansão urbana, com padrões que deixaram de ser contíguos à mancha urbana principal e passaram a caracterizar maior fragmentação do território, que direcionou o crescimento físico para as periferias (áreas de baixo valor econômico), tendo como motivação interesses estritamente especulativos (GONÇALVES, 2010; PERES, 2012).

Nas Figuras 1 a 5 são representados os cenários de mancha urbana entre a década de 1960 e ano de 2016, e no Apêndice F são apresentados seus aspectos geométricos e espaciais.



**Fig. 1 a 4.** Manchas urbanas (1960 – 2006) e seus menores círculos envolventes  
Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 5.** Mancha urbana (2016) e seu menor círculo envolvente  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

A partir dos cenários ilustrados nas figuras anteriores, busca-se explorar seus aspectos geométrico-espaciais, por meio de análises quantitativas e espaciais ao nível de mancha urbana total, de modo a caracterizar as configurações urbanas observadas ao longo das décadas. Ademais, de modo a proporcionar maior aprofundamento acerca da ocorrência do espraiamento urbano, são utilizadas métricas espaciais para quantificar de seus principais aspectos configuracionais – ou seja, suas características de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008) e seus efeitos tanto localizados – escala micro – quanto ao nível de mancha urbana total – escala macro (SCHNEIDER; WOODCOCK, 2008) –, como observado no Capítulo 1.

### 2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foram elegidas métricas espaciais, quantitativas explícitas e agregadas, aplicáveis a partir de base de dados vetoriais, denominadas do tipo *patch-based* segundo Herold, Couclelis e Clarke (2005), nos formatos *Shapefile* (shp) e *Drawing Exchange Format* (dxf). Nesse sentido, a cidade de Araraquara é relevante uma vez que existem informações georreferenciadas acessíveis (com maior escala gráfica e precisão) sobre a área de estudo (PMA, 2005; PMA, 2017; MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI, 2018; MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

Para avaliar a dinâmica de crescimento urbano de Araraquara, foram realizadas análises espaço-temporais a partir dos cenários representativos de mancha urbana nas décadas de 1960, 1970,

1980 e suas respectivas populações (IBGE, 1962; 1973; BAENINGER *et al.*, 2019), assim como nos anos de 2006 e 2016 e suas populações (IBGE, 2020). Concerne ressaltar que os cenários das décadas de 1960, 1970 e 1980, ao contrário dos dados a partir de 2006, não representam exatamente esses anos ou sequer o início dessas décadas, mas sim algum momento durante seu intervalo de dez anos – neste estudo, considerou-se que cada cenário seria representativo do pós-meios de cada década analisada.

A relevância do ano de 2006 reside no marco representado pelo primeiro Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) pós-Estatuto da Cidade (PMA, 2005). A partir disso, as análises (Apêndice F) foram procedidas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio *software* QGIS, versão 3.2.0, e complementadas pelo *software* AutoCAD LT 2021, com medições de áreas e perímetros planimétricos. Para fins de representação georreferenciada, foi adotada a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *Datum* SAD/69 fuso 22.

Com essas informações, foram aplicadas as métricas espaciais elencadas no Capítulo 1 (Apêndice B), de modo a mensurar os aspectos geométricos relacionados à Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão nos cenários supracitados, assim como suas variações percentuais observadas entre os períodos (décadas) de crescimento urbano (Apêndice G), padronizadas em CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) ou taxa de crescimento anual composta. E a partir das distribuições espaciais observadas, foram aplicadas estatísticas descritivas para auxiliar na compreensão dos dados coletados e utilizados, e também inferenciais (Apêndices S, U e X), para auxiliar na dedução dos dados e no relacionamento dos achados da amostra.

Para isso, foram aplicados Testes de Normalidade e de Hipótese, por meio *do software* PAST 4.02 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), ao nível de significância 5%, assim como Coeficientes de Correlação Produto-Momento,  $r$  de Pearson, (Apêndices H e I). No Quadro 1 são apresentadas as estratificações adotadas para as medidas correlacionais, assim como suas interpretações.

**Quadro 1** – Estratificações adotadas para interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Coeficiente de Determinação

Valores	Força (interpretação)
0,00 – 0,10	Nula ou desprezível
0,10 – 0,30	Correlação fraca
0,30 – 0,60	Correlação moderada
0,60 – 0,90	Correlação forte
0,90 – 1,00	Muito forte ou perfeita

**Fonte:** Adaptado da Tabela 1 de Akoglu (2018, p. 92)

Pondera-se que a utilização de correlação de Pearson como medida de linearidade de associação entre as variáveis (variações de aspectos geométricos) é adequada neste caso, uma vez os dados (variações) não são composicionais, ou seja, as variações percentuais observadas não somam 100%, e não são recalculadas como proporções dessa soma. Caso os dados fossem composicionais, a aplicação desta análise poderia resultar nas chamadas correlações espúrias (KYNČLOVÁ; HRON; FILZMOSEK, 2017).

Além disso, a correlação de Pearson não assume normalidade, e pode determinar valores-p, com significância estatística, a partir de amostras com  $n \geq 3$  (WEAVER; KOOPMAN, 2014). Entretanto, os resultados correlacionais observados foram considerados no âmbito de estatísticas descritivas, de modo a sintetizar as relações mais pertinentes entre as variações das métricas, calculadas a partir das configurações urbanas observadas durante as décadas analisadas – auxiliando na identificação dos aspectos configuracionais inerentes ao fenômeno espraiamento urbano, porventura relacionados.

Tendo em vista a diversidade de métricas adotadas, que representam os quatro aspectos configuracionais principais do espraiamento urbano, as comparações entre as medidas foram ordenadas por meio da ferramenta de análise *Boxplot* (plataforma *Flourish*), de modo a extrair a tendência central dos resultados (por meio da amplitude interquartílica), assim como identificar graus de dispersão e assimetria nos valores. Concerne destacar que as variações de Agregação (MPS e LPI) foram consideradas com inversão de sinal nas análises de Fragmentação, assim como as variações de Compacidade do tipo figura de referência (DCM) também contemplaram inversão de sinal nas análises de Dispersão.

Deste modo, as variações observadas pelas métricas foram classificadas dentre os quatro aspectos principais de análise do espraiamento urbano, sob a ótica geométrico-espacial



(Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão), adotados neste estudo. Para cada aspecto, foi alçada uma análise de *Boxplot* (Apêndice L), de tal modo que a amplitude interquartílica (intervalo entre primeiro e terceiro quartis, Q1 e Q3) representa a faixa de variação anual observada, e a assimetria de caixa, apesar de esperada (pois os dados não possuem distribuição normal), pode evidenciar maiores discrepância entre os períodos.

## 2.4 RESULTADOS

Os testes de normalidade rejeitaram a hipótese nula na maioria das variáveis observadas (p-valor <0.05), como mostrado no Apêndice J. Assim sendo, de modo a identificar diferenças estatisticamente significativas entre as variações anuais (CAGR) observadas nos períodos, foram aplicados os testes de Kruskal-Wallis (múltiplas amostras) e de Mann-Whitney (duas amostras). Os resultados são representados no Apêndice K.

É possível inferir que existem diferenças estatisticamente significativas entre todos os períodos analisados (p-valor = 0,038), em que o primeiro período (intervalo entre as décadas de 1960 – 1970) se mostra estatisticamente diferente dos demais (p-valor <0.05), à medida em que, nos demais períodos subsequentes, não foram identificadas diferenças estatisticamente significantes. E a partir dos resultados das métricas calculadas (Apêndice G) e análises *Boxplot* (Apêndice L), nas Tabelas 1 a 4 são descritas as variações anuais (CAGR) por período e por aspecto geométrico, e na Figura 6 e Tabela 5 são ilustradas as taxas CAGR na Densidade Urbana.

**Tabela 1** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre as décadas de 1960 e 1970

Fragmentação		Complexidade		Complexidade		Dispersão		Compacidade	
(escala macro)		(escala micro)		(escala macro)		(escala macro)		(escala macro)	
NP	0,105	FD	-0,010	MSI(a)	-0,018	CEN	-0,010	CI	-0,086
PD	0,018	AWMFD	-0,009	ED	-0,003	DCM*	-0,001	CR	-0,033
LSI	0,043	AWMSI	-0,014	MPAR	-0,005			IPQ	-0,065
EIR	0,091	MSI(b)	0,003					DCM	0,001
MPS*	0,024	SI	0,005					M1	-0,032
LPI*	0,023							M2	-0,016
								M3	-0,024
<b>Q1</b>	0,023	<b>Q1</b>	-0,010	<b>Q1</b>	-0,012	<b>Q1</b>	-0,008	<b>Q1</b>	-0,057
<b>MED</b>	0,034	<b>MED</b>	-0,009	<b>MED</b>	-0,005	<b>MED</b>	-0,006	<b>MED</b>	-0,033
<b>Q3</b>	0,079	<b>Q3</b>	0,003	<b>Q3</b>	-0,004	<b>Q3</b>	-0,003	<b>Q3</b>	-0,020

\* Inversões de sinal aplicáveis

**Tabela 2** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre as décadas de 1970 e 1980

<b>Fragmentação</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Dispersão</b>		<b>Compacidade</b>	
<b>(escala macro)</b>		<b>(escala micro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>	
NP	-0,017	FD	0,018	MSI(a)	0,018	CEN	-0,002	CI	0,011
PD	-0,032	AWMFD	0,022	ED	-0,009	DCM*	-0,014	CR	0,001
LSI	-0,001	AWMSI	0,027	MPAR	-0,007			IPQ	0,001
EIR	-0,023	MSI(b)	0,019					DCM	0,014
MPS*	-0,019	SI	0,003					M1	0,008
LPI*	0,001							M2	0,004
								M3	0,006
<b>Q1</b>	-0,022	<b>Q1</b>	0,018	<b>Q1</b>	-0,008	<b>Q1</b>	-0,011	<b>Q1</b>	0,002
<b>MED</b>	-0,018	<b>MED</b>	0,019	<b>MED</b>	-0,007	<b>MED</b>	-0,008	<b>MED</b>	0,006
<b>Q3</b>	-0,005	<b>Q3</b>	0,022	<b>Q3</b>	0,006	<b>Q3</b>	-0,005	<b>Q3</b>	0,010

\* Inversões de sinal aplicáveis

**Tabela 3** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre a década de 1980 e ano de 2006

<b>Fragmentação</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Dispersão</b>		<b>Compacidade</b>	
<b>(escala macro)</b>		<b>(escala micro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>	
NP	-0,007	FD	0,001	MSI(a)	0,005	CEN	-0,005	CI	0,006
PD	-0,016	AWMFD	0,017	ED	-0,007	DCM*	-0,010	CR	0,002
LSI	-0,002	AWMSI	0,023	MPAR	0,004			IPQ	0,004
EIR	-0,002	MSI(b)	0,005					DCM	0,010
MPS*	-0,007	SI	-0,004					M1	0,007
LPI*	0							M2	0,003
								M3	0,005
<b>Q1</b>	-0,007	<b>Q1</b>	0,001	<b>Q1</b>	-0,002	<b>Q1</b>	-0,009	<b>Q1</b>	0,003
<b>MED</b>	-0,005	<b>MED</b>	0,005	<b>MED</b>	0,004	<b>MED</b>	-0,008	<b>MED</b>	0,005
<b>Q3</b>	-0,002	<b>Q3</b>	0,017	<b>Q3</b>	0,005	<b>Q3</b>	-0,006	<b>Q3</b>	0,007

\* Inversões de sinal aplicáveis

**Tabela 4** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre os anos de 2006 e 2016

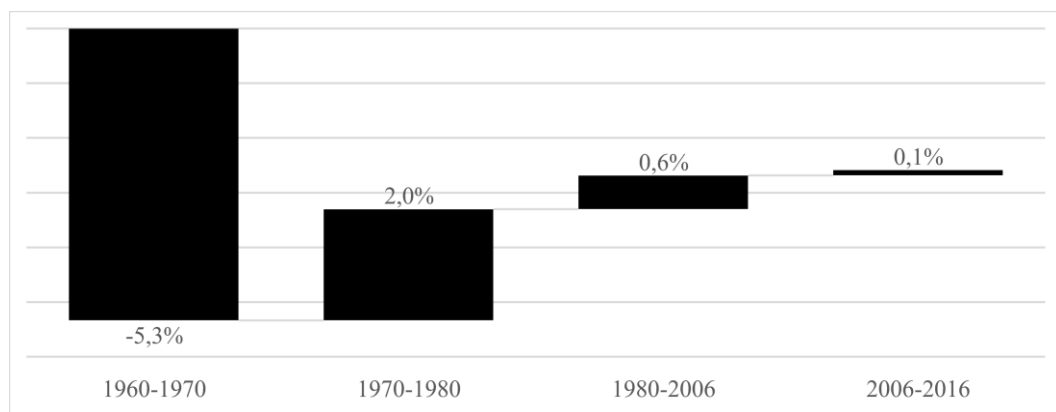
<b>Fragmentação</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Complexidade</b>		<b>Dispersão</b>		<b>Compacidade</b>	
<b>(escala macro)</b>		<b>(escala micro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>		<b>(escala macro)</b>	
NP	0,013	FD	0,011	MSI(a)	0,004	CEN	-0,004	CI	-0,016
PD	0	AWMFD	0,003	ED	-0,002	DCM*	-0,012	CR	-0,004
LSI	0,005	AWMSI	0,005	MPAR	0,043			IPQ	-0,008
EIR	0,056	MSI(b)	0,008					DCM	0,012
MPS*	0	SI	-0,005					M1	0,002
LPI*	0,008							M2	0,001
								M3	0,002
<b>Q1</b>	0,001	<b>Q1</b>	0,003	<b>Q1</b>	0,001	<b>Q1</b>	-0,010	<b>Q1</b>	-0,007
<b>MED</b>	0,007	<b>MED</b>	0,005	<b>MED</b>	0,004	<b>MED</b>	-0,008	<b>MED</b>	-0,002
<b>Q3</b>	0,012	<b>Q3</b>	0,008	<b>Q3</b>	0,024	<b>Q3</b>	-0,006	<b>Q3</b>	0,002

\* Inversões de sinal aplicáveis

**Tabela 5** – Crescimento populacional observado entre a década de 1960 e o ano de 2016

Ano / Década	População	Densidade Urbana (DU)
1960s	82898	39,928
1970s	100438	23,074
1980s	144322	28,228
2006	199657	31,916
2008	199132	31,463
2013	222036	32,436
2016	228664	32,238

Fonte: Baeninger *et al.* (2019) e IBGE (1962; 1973; 2020)

**Fig. 6.** Taxas CAGR na Densidade Populacional Urbana (DU)

Fonte: Elaboração do autor (2021)

Apesar do enfoque nas métricas quantitativas explícitas e agregadas da escala macro, algumas métricas de abordagem limitada às manchas secundárias (periféricas) também foram incluídas, uma vez que as mesmas podem descrever propriedades espaciais importantes (HEROLD; COUCLELIS; CLARKE, 2005). Neste caso, os aspectos de Complexidade se mostraram relevantes na escala micro a partir do período 1970 – 1980, em que as manchas secundárias descreveram maiores irregularidades de forma em comparação à mancha urbana total, até o ano de 2006.

No que tange aos aspectos geométricos do espraiamento urbano, o primeiro período analisado, compreendido entre as décadas de 1960 e 1970, evidencia variações anuais das métricas que poderiam caracterizá-lo como de crescimento urbano espraiado. Isso porque apesar de as métricas de Complexidade e Dispersão apresentarem variações anuais estimadas entre -0,4% e -1,2% (redução da irregularidade de forma); e -0,3% e -0,8% (redução da dispersão); as variações anuais na Fragmentação descreveram aumentos estimados entre +2,3% e +7,9%; assim como as variações na Compacidade, estimadas entre -2% e -5,7% por ano.

Ou seja, o crescimento urbano observado entre as décadas de 1960 e 1970 apresentou Fragmentação sobremaneira elevada, que impactou acentuada e negativamente na Compacidade, porém descreveu discretas reduções na Dispersão e Complexidade. Além disso, é possível inferir que tal urbanização não foi acompanhada de crescimento populacional equivalente, uma vez que a Densidade Urbana evidencia variações de -5,3% por ano.

Os dois períodos subsequentes evidenciaram uma transição do padrão observado no primeiro período. O cenário 1970 – 1980 descreveu variações que representam reduções na Fragmentação (entre -0,5% e -2,2% por ano), e na Dispersão (entre -0,5% e -1,1% por ano); aumentos na Compacidade estimados entre +0,2% e +1,0% por ano, assim como Complexidade (macro) estimada entre -0,8% e 0,6%. Não obstante, a complexidade nas manchas secundárias (escala micro) se mostrou muito mais acentuada, com aumentos estimados entre +1,8% e +2,2% por ano, indicando que o aumento da compacidade urbana poderia estar mais relacionado a um adensamento nas manchas secundárias. E a Densidade Urbana mostrou variações positivas de 2,0% ao ano.

Similarmente, o Período 1980 – 2006 foi descrito por reduções na Fragmentação (entre -0,2% e -0,7% por ano) e na Dispersão (entre -0,6% e -0,9% por ano); aumentos na Compacidade estimados entre 0,3% e 0,7% por ano; e redução de Complexidade (macro) entre -0,2% e +0,5% por ano. Ademais, a complexidade das manchas secundárias também descreveu aumentos nas variações, porém com maior amplitude (menor precisão), estimados entre +0,1% e +1,7% por ano, e a Densidade Urbana mostrou variações positivas, estimadas em 0,6% ao ano.

Por fim, o período 2006 – 2016 foi descrito por novos aumentos na Fragmentação (entre 0,1% e 1,2% ao ano) e na Complexidade (entre 0,1% e 2,4% por ano); assim como reduções observadas na Dispersão (entre -0,6% e -1,0% por ano), e parcialmente observadas na Compacidade, com variações anuais estimadas entre -0,7% e +0,2%. Analisando as manchas secundárias, sua Complexidade também descreve aumentos nas variações, porém menos acentuados, estimados entre +0,3% e +0,8% ao ano. E a Densidade Urbana mostrou variações positivas discretas, estimadas em +0,1% ao ano.

Apesar de não representarem nenhum dos quatro aspectos analisados, o Desvio Padrão (PSSD) e o Coeficiente de Variação (PSCOV), das manchas secundárias, evidenciam taxas CAGR positivas em todos os períodos, porém mais acentuadas entre 1960 – 1970 e 1970 – 1980, como mostrado no Apêndice G. Isso significa que o crescimento urbano resultou em maiores

diferenças nos tamanhos das manchas periféricas, ou seja, uma distribuição espacial relativa menos homogênea, assim como em uma menor relevância da mancha principal (LPI).

De maneira geral, a partir dos resultados, é possível inferir que existiram padrões geométrico-espaciais, e de densidade populacional urbana, que caracterizam a ocorrência do fenômeno de espraiamento urbano, entre as décadas de 1960 e 1970. Nas três décadas subsequentes (períodos 1970 – 1980 e 1980 – 2006), o crescimento urbano não evidenciou a continuidade desses padrões, em que as variações relativas, observadas a partir das métricas, demonstram redução da Fragmentação e aumento da Compacidade.

No último período analisado (2006 – 2016) as variações relativas, apesar de discretas, poderiam indicar a reincidência de padrões de crescimento espraiado, em que as medianas descrevem aumentos da Fragmentação e Complexidades nas escalas macro e micro, assim como reduções da Compacidade e da Dispersão. As reduções observadas na dispersão urbana poderiam estar associadas ao adensamento de manchas secundárias (sem alterar o Menor Círculo Envolvente – MEC), que apesar de representarem um padrão de crescimento desagregado da mancha principal, poderiam impactar positivamente na Compacidade na escala macro – o que justificaria as variações positivas pelas métricas propostas (M1, M2 e M3 do Apêndice G), assim como a amplitude de variações próximas de zero (estimada entre -0,7% e +0,2%).

#### **2.4.1 Análises correlacionais das taxas CAGR**

A partir da análise dos cenários de mancha urbana representados entre as décadas de 1960 e 2016, busca-se identificar se existem relações lineares (SAURA; CARBALLAL, 2004; HUANG; LU; SELLERS, 2007) entre os resultados de compacidade urbana e demais métricas aplicadas – representados por meio de variações anuais relativas (CAGR) –, especialmente no que tange aos aspectos de Fragmentação, Complexidade, Dispersão, Compacidade e Densidade Populacional Urbana na qualidade de indicadores de espraiamento urbano (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008). Os resultados dessas análises correlacionais estão representados nos Apêndices H e I.

As variações relativas anuais (CAGR), observadas a partir métricas de Compacidade, apresentaram correlações perfeitas entre si ( $0,99 \leq r \leq 1,00$ ), com significância estatística ao nível 0.05. Além disso, demonstraram relações lineares muito fortes, de maneira positiva para com a Densidade Populacional ( $0,98 \leq r \leq 0,99$ ), e negativas fortes, muito fortes e perfeitas para

com as métricas de Fragmentação ( $0,85 \leq r \leq 1,00$ ). Assim como relações positivas moderadas, fortes e muito fortes para com as métricas de Complexidade das manchas secundárias ( $0,54 \leq r \leq 0,96$ ), porém fracas e muito fortes ( $0,26 \leq r \leq 0,97$ ), e até negativas moderadas ( $-0,55 \leq r \leq -0,50$ ), para com as métricas de Complexidade na escala macro. Dispersão, por outro lado, mostrou relações lineares muito fortes ( $0,94 \leq r \leq 0,99$ ) para com as variações anuais observadas a partir das métricas de Compacidade.

De maneira geral, as variações relativas anuais de Compacidade (que representam os padrões geométrico-espaciais de crescimento urbano em Araraquara), evidenciam correlações estatisticamente significantes e muito fortes positivas para com a Densidade Populacional, e desde fortes até perfeitas negativas para com a Fragmentação. Por outro lado, apesar de não indicarem significância ao nível 0.05, foram identificadas correlações muito fortes com a Dispersão, assim como desde moderadas até muito fortes na Complexidade das manchas secundárias – diferentemente do observado na escala macro.

Esses resultados indicam que quanto maiores as densidades populacionais e compacidades urbanas (diretamente proporcionais), menores as fragmentações observadas (inversamente proporcionais), e vice-versa, com significância estatística ao nível 0.05; assim como quanto maior a compacidade urbana, maiores a dispersão e irregularidade de forma observadas nas manchas secundárias. Isso poderia significar que o aumento da compacidade urbana, observado nos dois períodos intermediários (1970 – 1980 e 1980 – 2006) foi acompanhado de aumentos na densidade populacional, e estaria relacionado ao adensamento das manchas secundárias e consequente redução de sua fragmentação. Por outro lado, a redução da compacidade do primeiro período (1960 – 1970) também foi acompanhada por declínios na densidade populacional, mas evidencia aumentos na fragmentação, assim como reduções na dispersão e complexidade urbanas. E o último período (2006 – 2016) demonstra certa estabilidade na compacidade urbana e densidade populacional (com discretas taxas de CAGR), acompanhada de aumentos na fragmentação e complexidade urbanas, e redução da dispersão.

Deste modo, os resultados reforçam a tese de intensificação do espraiamento urbano na década de 1970, conforme eloquentemente explicitado por Gonçalves (2010), Peres (2012) e Menzori (2018), entretanto, as análises não identificaram a continuidade desses padrões (de espraiamento urbano) sob a ótica geométrico-espacial – com exceção do último período (2006 – 2016), que apresentou uma discreta reincidência dos aspectos observados no primeiro período, e cujas análises poderiam ser aprofundadas através de um recorte espaço-temporal

exclusivo, tendo em vista sua relevância relacionada à instituição do primeiro marco regulatório do planejamento urbano pós-Estatuto da Cidade, representado pelo PDPDA de 2005 de Araraquara.

Presumivelmente, a caracterização do espraiamento urbano estaria mais relacionada aos aspectos de Fragmentação e Compacidade, do que efetivamente à Dispersão e Complexidade. E a cogitada transição de processos de expansão urbana, discutida por Gonçalves (2010) e Peres (2012) – com padrões de crescimento que deixaram de ser contíguos à mancha urbana principal e passaram a caracterizar maior fragmentação do território, direcionando o crescimento físico para as periferias –, poderia ter sido representada quando da interpretação do aumento da compacidade atrelado ao adensamento das manchas secundárias (periféricas), observados a partir das variações relativas descritas pelas métricas espaciais.

## **2.5 CONCLUSÃO**

O estudo do espraiamento urbano e seus efeitos na forma urbana são explicitamente relevantes no âmbito do desenvolvimento urbano sustentável e, nesse sentido, as análises exploratórias dos padrões espaciais, especialmente por métodos quantitativos que descrevem a forma urbana e seus aspectos geométricos inerentes, mostram-se proeminentemente representadas por métricas espaciais da forma urbana. Apesar de limitadas aos aspectos espaciais em duas dimensões, essas métricas contribuíram para a representação quantitativa dos principais aspectos geométricos relacionados ao espraiamento urbano, assim como para as análises de suas variações relativas entre as décadas.

Por um lado, os resultados reforçam o discurso de que a década de 1970 foi marcada por intensivos processos de urbanização espraiada, em que os valores de compacidade e densidade populacional mostraram declínios mais acentuados em suas variações anuais. Por outro lado, mesmo existindo um evidente padrão de crescimento urbano mais irregular e direcionado para as periferias entre as décadas de 1970 – 1980 e 1980 – 2006 (identificado pelas métricas de Complexidade na escala micro), as análises geométrico-espaciais não identificaram a continuidade ou intensificação do espraiamento urbano, pelo contrário, apresentaram medidas espaciais mais compactas e populacionalmente densas, assim como menos fragmentadas, dispersas e complexas ao nível da mancha urbana total.

Contudo, o último período analisado – intervalo compreendido pelos anos de 2006 e 2016 – demonstra variações anuais relativas divergentes de certo modo, em que as medidas de Compacidade descrevem desde redução até acréscimo na compacidade urbana, em contraposição a maiores variações observadas na Fragmentação e Complexidade, e menores na Dispersão. Considerando que 2006 correspondeu ao primeiro ano de vigência do PDPDA de 2005 – primeiro marco regulatório do planejamento pós-Estatuto da Cidade em Araraquara –, seria de grande relevância aprofundar as análises referentes a essa última década, por meio de recorte espaço-temporal que considere não apenas os aspectos geométrico-espaciais, mas também de conformidade espacial relacionados ao zoneamento e às condicionantes ambientais do meio urbano.



## **CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE CONTENÇÃO DO ESPRAIAMENTO URBANO E ANÁLISES ESPAÇO-TEMPORAIS DE CONFORMIDADE NA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE ARARAQUARA**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Nos padrões de crescimento urbano nas cidades brasileiras, são recorrentes os cenários de expansão periférica e espraiada, com segregação socioespacial por meio de distintos padrões de urbanização, influenciados e moldados pelas oportunidades de acesso à terra urbana (HORN, 2020). Essa realidade é preponderantemente descrita por frentes de expansão periurbanas formais – espacialmente segregadas e distantes dos centros comerciais, que atendem as demandas para habitação das classes média e alta – ou informais, com precariedade de infraestrutura e serviços essenciais (FREITAS, 2018).

Para Maricato (1995, p.35), as análises práticas evidenciam uma forte relação entre degradação ambiental e habitação das classes mais pobres, assim como a manutenção de interesses econômicos atrelados à “[...] lógica do mercado fundiário capitalista, restrito, especulativo, discriminatório e com investimento público concentrado”. Nesse sentido, o fenômeno do espraiamento urbano está relacionado, dentre outros fatores, a padrões de gestão territorial que não apenas possibilitaram como fomentaram “[...] a reprodução de práticas urbanas predatórias, com grandes implicações de caráter socioambiental” (SILVA; TRAVASSOS, 2008, p. 36), por meio de políticas de planejamento local que visam o crescimento econômico através da gestão territorial, mas que negligenciam a regulação da expansão urbana (WEI; ZHAO, 2009).

Não obstante, com a promulgação do Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001 (BRASIL, 2001), e consequente regulamentação dos Artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, diversos instrumentos de gestão político-territorial urbana e efetivação da função social da propriedade foram introduzidos (MARICATO, 2010) em prol da ordenação e desenvolvimento urbano, assim como da “[...] garantia do direito a cidades sustentáveis” (FIORILLO, 2012, p. 563). Nesse contexto, os planos diretores municipais tornaram-se os principais atos administrativos e regulatórios do crescimento urbano, cuja formulação e implementação são atribuídas às autoridades urbanas locais, uma vez que a competência do planejamento urbano reside no nível local das cidades (ROCCO; ROYER; GONÇALVES, 2019).

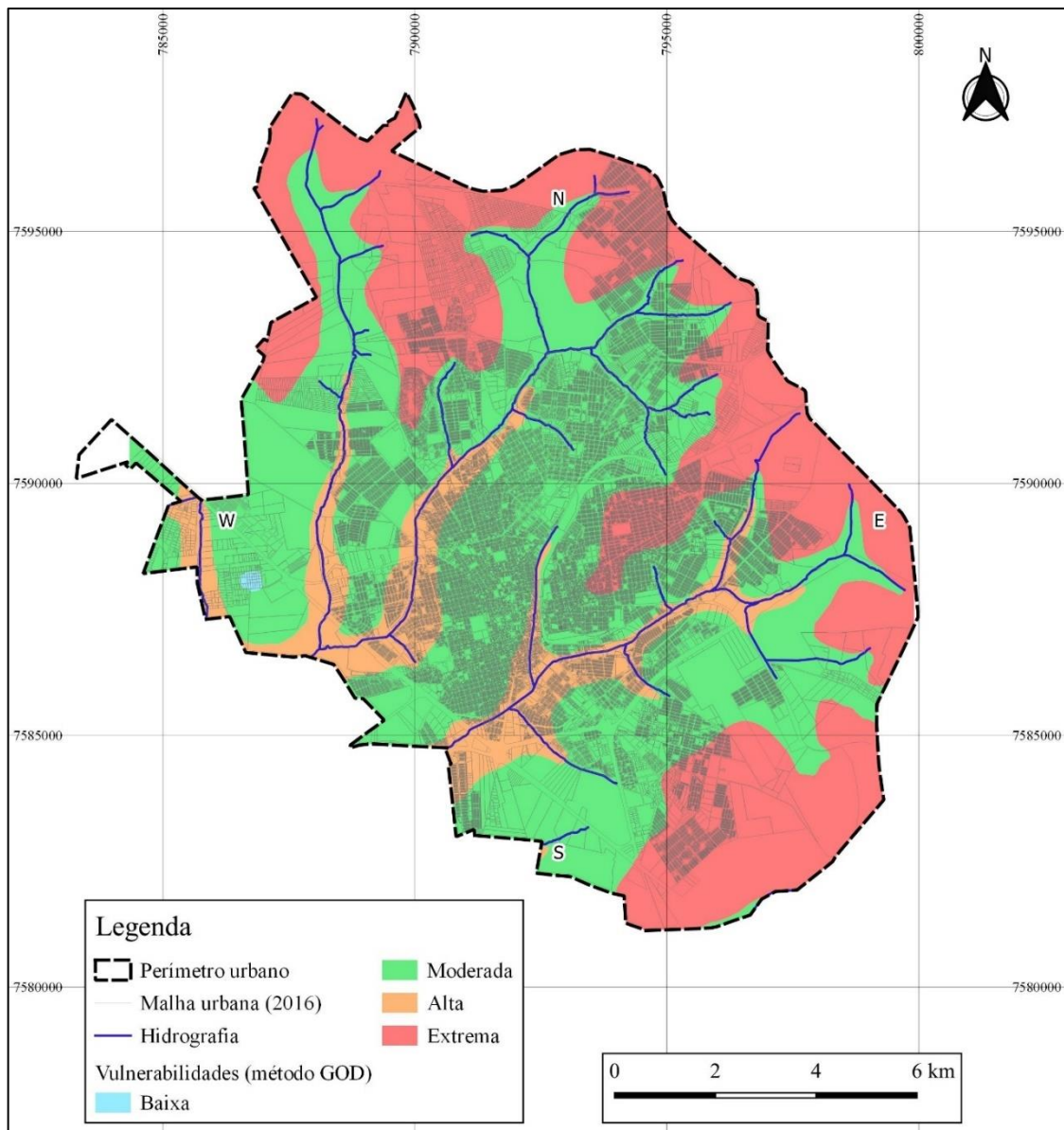
Nessa temática e contexto, são alçadas análises de conformidade na implementação de planos diretores, assim como geométrico-espaciais de crescimento urbano, em um recorte espaço-temporal representado por três períodos notáveis em um intervalo de onze anos (2006 – 2016) na cidade de Araraquara, sob distintos períodos de gestões administrativas municipais. A proposta reside na identificação de discrepâncias nos padrões espaciais de crescimento urbano de acordo com a gestão territorial, avaliando quantitativamente se a urbanização atendeu às estratégias de planejamento, ou se representou um desenvolvimento não-conforme (SHEN *et al.*, 2019), ao longo dos diferentes períodos analisados.

### **3.2 ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS**

No ano de 2005, a Lei Complementar (LC) nº 350 de 27 de dezembro (PMA, 2005) instituiu o primeiro Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) de Araraquara que incorporou todos os instrumentos do Estatuto da Cidade (FALCOSKI, 2007), estabelecendo as diretrizes para um “[...] maior equilíbrio entre os interesses individuais e coletivos em relação ao solo urbano” (ROLNIK, 2013, p. 56, tradução própria). Assim, o Plano introduziu estratégias de ordenamento territorial que visavam a contenção do crescimento extensivo e a indução da compacidade urbana, a partir de padrões mais compactos e sustentáveis de crescimento (JABAREEN, 2006; FALCOSKI, 2007) representados pela estratégia de preenchimento de vazios urbanos, também conhecida como *Infill* (XU *et al.*, 2007).

O zoneamento ambiental urbano do PDPDA de 2005 contemplava cinturões verdes periurbanos de preservação ambiental e produção agrícola, conectados por meio de Corredores de Integração Ecológica (Ciecos) junto à hidrografia urbana e faixas de domínio da ferrovia (MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b), favorecendo suas funções ecológicas, sociais e ambientais (AHERN, 1995; 2004; 2011; LITTLE, 1995; HERZOG, 2010). Como uma técnica de contenção espaciais do espraiamento urbano, influenciando no fator “*Push*” (JABAREEN, 2006), os cinturões verdes geralmente se referem a espaços livres ou áreas cultiváveis “[...] de desenvolvimento [urbano] significativamente reduzido, planejadas como buffers para proteger os recursos hídricos ou geológicos dos impactos da urbanização, [com] fragmentos de [...] habitat conectados por corredores ecológico” (JABAREEN, 2006, p. 45).

No PDPDA de 2005, a maior parte da franja periurbana foi delimitada por zonas ambientais de preservação de nascentes, recarga de aquíferos e produção agrícola sustentável. Mais do que isso, a maior parte dessas zonas de preservação e conservação estavam sobrepostas a áreas de elevada criticidade ambiental (CHELIZ; OLIVEIRA, 2013), inclusive formações geológicas com alta suscetibilidade a contaminação de aquíferos junto à hidrografia, e extrema suscetibilidade nas periferias das regiões norte, leste e sul, conforme a análise GOD (*Groundwater hydraulic confinement, Overlying strata, Depth to groundwater table*) de Meaulo (2007), e como mostrado na Figura 1.



**Fig. 1** Vulnerabilidades à contaminação de aquíferos  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

### 3.2.1 Análises geométrico-espaciais e classificação de tipologias do crescimento urbano

De modo a avaliar o crescimento urbano na cidade de Araraquara, no que concerne às estratégias *Infill* do PDPDA de 2005, e conforme apresentado por Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b), foram alçadas análises espaço-temporais por meio de mapeamento (Apêndice S) de todos os loteamentos aprovados entre os anos de 2006 e 2016 (PMA, 2016); com sobreposição aos respectivos zoneamentos ambientais urbanos vigentes tanto no próprio PDPDA de 2005 (PMA, 2005), quanto a partir de sua revogação seguida de revisão em 2014 (PMA, 2014a; 2014b). De modo a subsidiar as análises, foram consultados os textos-base e anexos dos planos pertinentes, assim como foram procedidas análises espaciais integradas por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG), via *software* QGIS, versão 3.2.0, a partir dos dados de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b).

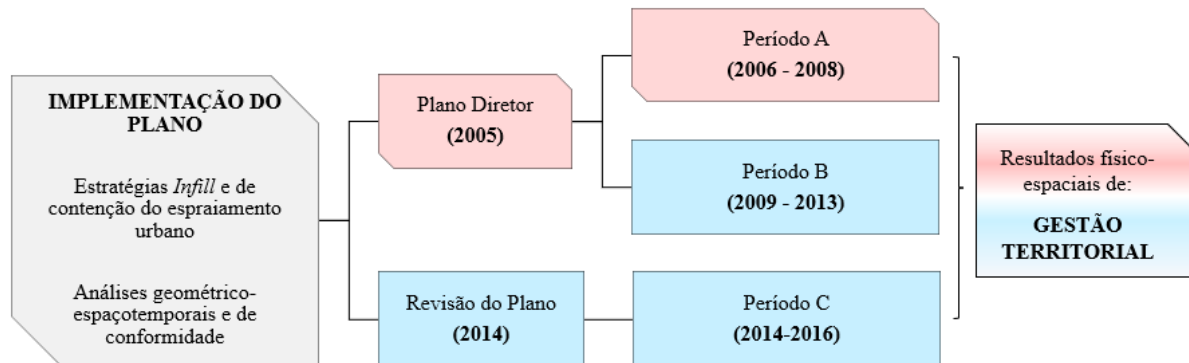
As análises SIG foram realizadas sob a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *Datum* SAD/69, Meridiano Central -51° WGr, e concerne destacar que o perímetro urbano representado pela LC nº 8095/2013 (PMA, 2013) foi adotado como constante de representação visual e temática. Subsequentemente, os dados e informações foram categorizados em três períodos notáveis (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b), sendo:

- A. Pós-Plano Diretor de 2005 durante o Período A (2006 – 2008);
- B. Pós-Plano Diretor de 2005 durante o Período B (2009 – 2013);
- C. Pós-revisão de 2014 durante o Período C (2014 – 2016).

A partir dessas categorias, busca-se capturar os contextos sob os quais as políticas de uso e ocupação do solo foram implementadas, de modo a evidenciar diferenças nos padrões físico-espaciais do crescimento urbano, com enfoque na noção de gestão territorial inserida em um contexto de distintas administrações municipais, de alinhamentos contrastantes, implementando as estratégias de regulação da expansão urbana, como ilustrado no quadro analítico da Figura 2.

A relevância da consideração dos alinhamentos políticos nos diferentes períodos de administração municipal está relacionada à busca por um diálogo com a literatura que se aproxima ou compõe o campo da Ciência Política. De tal maneira que seja possível verificar, pela incorporação de administrações municipais com diferentes orientações, a manifestação de discrepâncias na gestão e regulação da expansão urbana, especialmente materializadas e decorrentes de alterações nos rumos de políticas de desenvolvimento urbano, expressas nos

planos diretores. Nesse sentido, incorpora-se a premissa de Villaça (2004, p. 237), ao afirmar que “[...] o plano diretor não é uma peça puramente científica e técnica, mas uma peça política”. Logo, da mesma forma que uma possível influência de alinhamento político não é incontestável, a mesma também não pode ser inteiramente menosprezada, consoante a Goulart, Terci e Otero (2015, p. 133), para os quais a relevância dos alinhamentos revelam o espectro político como “critério valioso nas explicações das condutas governamentais”.



**Fig. 2** Quadro analítico do estudo  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

De modo a identificar as diferenças e quantificar as não-conformidades observadas no crescimento urbano, são aplicadas as métricas geométrico-espaciais quantitativas (a partir do Apêndice M), assim como análises tipológicas do crescimento urbano (Apêndice T) – ambas representadas nos Capítulos 1 e 2 – com o objetivo de classificar e distinguir os tipos de crescimento urbano observados por período, a partir de métodos quantitativos compatíveis às estruturas de dados geoespaciais disponíveis sobre a área de estudo (PMA, 2005; PMA, 2017; MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI, 2018; MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). Ademais, foram aplicadas estatísticas descritivas para auxiliar na compreensão dos dados coletados e utilizados, e também inferenciais para auxiliar na dedução dos dados e no relacionamento dos achados da amostra.

Para isso, foram aplicados Testes de Normalidade e de Hipótese, por meio *do software* PAST 4.02 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), ao nível de significância 5%, assim como Coeficientes de Correlação Produto-Momento,  $r$  de Pearson (Apêndices O e P). No Quadro 1 são apresentadas as estratificações adotadas para as medidas correlacionais, assim como suas interpretações.

**Quadro 1** – Estratificações adotadas para interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Coeficiente de Determinação

Valores	Força (interpretação)
0,00 – 0,10	Nula ou desprezível
0,10 – 0,30	Correlação fraca
0,30 – 0,60	Correlação moderada
0,60 – 0,90	Correlação forte
0,90 – 1,00	Muito forte ou perfeita

**Fonte:** Adaptado da Tabela 1 de Akoglu (2018, p. 92)

Pondera-se que a utilização de correlação de Pearson como medida de linearidade de associação entre as variáveis (taxas anuais de CAGR – *Compound Annual Growth Rate* – dos aspectos geométricos) é adequada neste caso, uma vez os dados (variações) não são composicionais, ou seja, as variações percentuais observadas não somam 100%, e não são recalculadas como proporções dessa soma. Caso os dados fossem composicionais, a aplicação desta análise poderia resultar nas chamadas correlações espúrias (KYNČLOVÁ; HRON; FILZMOSE, 2017).

Além disso, a correlação de Pearson não assume normalidade, e pode determinar valores-p, com significância estatística, a partir de amostras com  $n \geq 3$  (WEAVER; KOOPMAN, 2014). Entretanto, os resultados correlacionais observados foram considerados no âmbito de estatísticas descritivas, de modo a sintetizar as relações mais pertinentes entre as variações das métricas calculadas a partir das configurações urbanas observadas durante as décadas analisadas – auxiliando na identificação dos aspectos configuracionais inerentes ao fenômeno espraiamento urbano, porventura relacionados.

Tendo em vista a diversidade de métricas adotadas, que representam os quatro aspectos configuracionais principais do espraiamento urbano (Fragmentação, Compacidade, Complexidade e Dispersão), as comparações entre as variações anuais das medidas foram ordenadas por meio da ferramenta de análise *Boxplot*, de modo a extrair a tendência central dos resultados (por meio da amplitude interquartilica), assim como identificar graus de dispersão e assimetria nos valores. Concerne destacar que as variações de Agregação (*Mean Patch Size - MPI* e *Large Patch Index - LPI*) foram consideradas com inversão de sinal nas análises de Fragmentação, assim como as variações de Compacidade do tipo figura de referência (*Digital Compactness Measure - DCM*) também contemplaram inversão de sinal nas análises de Dispersão.

Deste modo, as variações observadas pelas métricas foram classificadas dentre os quatro aspectos principais de análise do espraiamento urbano, sob a ótica geométrico-espacial (supramencionados), adotados neste estudo. Para cada aspecto, foi alçada uma análise de *Boxplot*, de tal modo que a amplitude interquartílica (intervalo entre primeiro e terceiro quartis, Q1 e Q3) representa a faixa de variação anual observada, e a assimetria de caixa, apesar de esperada (pois tratam-se dados que, usualmente, não possuem distribuição normal), pode evidenciar maiores discrepância entre os períodos.

Por fim, foi alçada uma análise entre os períodos observados a partir do método de caracterização não-linear da expansão urbana (JIAO, 2015), por meio da função sigmoide “S-invertido” (*inverse S-shaped*), de redução da densidade de ocupação urbana ao longo de anéis isométricos concêntricos (Equação 1.1), de modo a comparar os resultados observados pelas métricas e índices anteriores, e corroborar as interpretações realizadas a partir dos parâmetros das funções sigmoide de densidade de ocupação, ajustadas pelos mínimos quadrados dos residuais, obtidos a partir das Equações 1.2, 1.3 e 1.4, e avaliar os respectivos graus de espraiamento urbano a partir da Equação 1.5.

$$f(r) = \frac{1-c}{1+e^{\alpha((2r/D)-1)}} + c \quad (1.1)$$

$$r1 = \frac{D}{2} \left( \frac{-1,316957}{\alpha} + 1 \right) \quad ; \quad f1 = 0,788675(1-c) + c \quad (1.2)$$

$$r2 = \frac{D}{2} \left( \frac{1,316957}{\alpha} + 1 \right) \quad ; \quad f2 = 0,211325(1-c) + c \quad (1.3)$$

$$ks = \frac{0,57735(1-c)\alpha}{1,316957D} \quad ; \quad kp = \frac{1,316957}{\alpha} \quad (1.4)$$

$$Sr = \frac{(r2^i - r2^{i-1})r1^{i-1}}{r2^{i-1}(r1^i - r1^{i-1})} \quad (1.5)$$

*Em que:*

*f*= Densidade territorial urbana;

*r*= Distância a partir do centroide urbano;

*e* = Número de Euler;

$\alpha$ , *c*, *D* = Constantes da função sigmoide.

O raio “*r*<sub>1</sub>” determina o limite do núcleo urbanizado, e o raio “*r*<sub>2</sub>” delimita o início da franja urbana (com densidade mínima “*c*”). Assim, a diferença entre esses raios caracteriza a extensão das áreas intraurbana (com densidade máxima “*f*<sub>1</sub>”) e suburbana (com densidade mínima “*f*<sub>2</sub>”),

localizadas nas imediações do núcleo urbano, com densidades máxima e mínima representadas, respectivamente, por “ $f(r=1)$ ” e “ $f_1$ ”. A partir desses parâmetros, o índice “Sprawl Ratio” (Sr) determina o grau de aumento (ou redução) no espraiamento urbano entre os cenários final (i) e inicial (i-1) de um dado período (JIAO, 2015).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Caracterização das diretrizes de ordenamento territorial do Plano Diretor de 2005

O PDPDA de 2005 apresentou uma estratégia de adensamento e contenção do espraiamento através de um zoneamento ambiental urbano que contemplava a disposição de cinturões e corredores verdes como limitadores da expansão urbana, promovendo a preservação de áreas ambientalmente frágeis e tornando-as inacessíveis à intensificação da urbanização. De maneira geral, esse zoneamento era constituído por duas categorias principais: as “Zonas Ambientais” (ZAMB) e as “Zonas de Estruturação Urbana Sustentável” (ZEUS).

As delimitações das ZAMB eram inerentes a preservação e recuperação do ambiente urbano, e incluíam áreas de expansão urbana controlada ou restrita. Seus parâmetros urbanísticos compreendiam usos do solo com menores Índices de Aproveitamento máximos (IA máx.), variando entre 10 – 20%, e maiores Índices de Permeabilidade (IP), entre 70 – 80%, assim como Lotes mínimos (Lote min.) de maiores extensões. Essas zonas constituíam a maior parte da franja periurbana, atuando como cinturões verdes limitadores conectados por corredores verdes (Ciecos) junto à maioria das redes hídricas, destinados à preservação ou a projetos de baixo impacto ambiental, relacionados a parques lineares e avenidas-parque (*Ibid.*).

Concomitantemente, as ZEUS contemplavam todas as porções do território destinadas à urbanização, desde “Zonas Predominantemente Residenciais” (ZOPRE, com IA máx. = 100%); “Zonas Especiais Miscigenadas” (ZOEMI) até “Áreas de Cidade Compacta e Ocupação Prioritária” (ACOP), com IA máx. estabelecido em até 300% (verticalização); assim como “Zonas de Produção Industrial” (ZOPI), “Zonas Especiais de Produção Industrial Sustentável” (ZEPIS). Sumariamente, as ZOPRE e ZOEMI incluíam subclassificações concernentes à preservação ambiental no contexto urbano (*Ibid.*, p.9, tradução própria), como por exemplo:

As “Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais” (APRM), relacionadas à região norte que contempla as nascentes do Ribeirão das Cruzes



que abastecem a principal represa de captação de águas superficiais [da cidade];

“Áreas Especiais de Integração Ambiental e Recarga de Aquíferos” (AEIRA), relacionadas às largas extensões de basaltos toleíticos com manifestas contribuições para a recarga do Sistema Aquífero Guarani, e inerentes suscetibilidades à contaminação e degradação;

“Áreas de Cidade de Transição e Expansão” (ACITE<sup>4</sup>), “Zonas de Produção Agrícola Sustentável” (ZOPAS), e “Zona Rurbana” (ZORUR), na qualidade de *buffers* de transição entre os ambientes rural e urbano (cinturão verde).

De maneira geral, todas as subclassificações supracitadas eram destinadas a projetos de baixo impacto ambiental, com lotes de maior tamanho (Lote min.  $\geq 2.500 \text{ m}^2$ ), com maiores superfícies permeáveis e baixa densidade construtiva, a exemplo das Chácaras de Recreio e Ecovilas (MENZORI, 2018; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros do PDPDA de 2005, e na Figura 3 são ilustradas as supracitadas zonas.

As áreas de ocupação prioritária inseridas nas zonas de uso misto (ZOEMI-ACOP), assim como as residenciais (ZOPRE) – ambas em tons beges na Figura 2 –, eram preponderantemente representadas no interior da malha urbana consolidada, evitando a maioria da franja periurbana com fragilidades ambientais inerentes (Figura 1). Fragilidades essas, inerentes à contaminação de aquíferos, que se mostravam amplamente dispostas nas ZAMB (tons de verde), ZOPAS, APRM e AEIRA (tons de azul) das regiões norte, leste e sul, na qualidade de divisores de águas entre microbacias hidrográficas. Por outro lado, as zonas industriais (tons de cinza) eram espacialmente restritas às adjacências das rodovias estaduais.

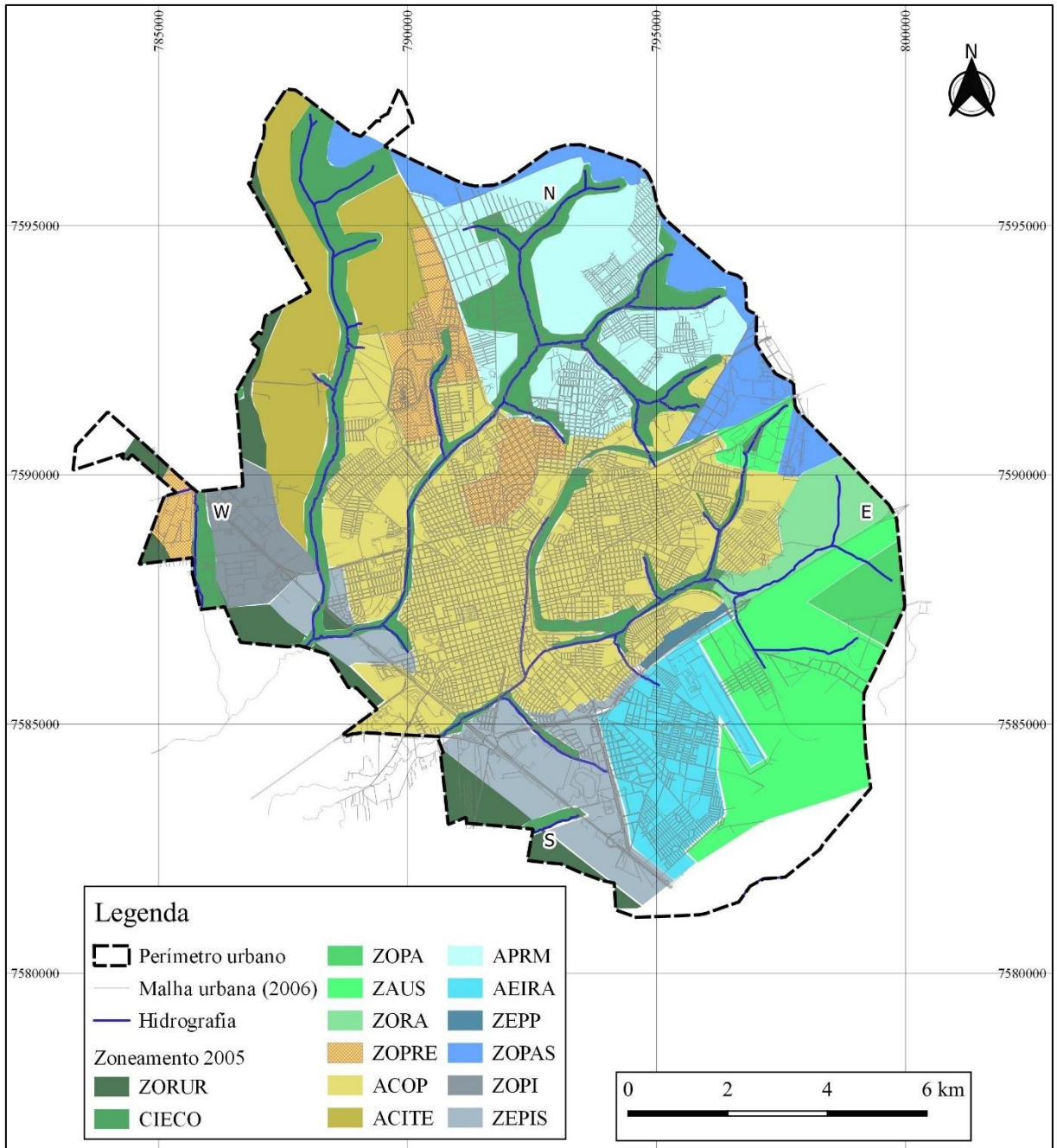
---

<sup>4</sup> Concerne evidenciar que, apesar de as ACITE estarem destinadas a expansão urbana por meio de projetos de baixo impacto ambiental, relacionados a Ecovilas e Chácaras de Recreio (como descrito na Tabela X do Plano Diretor de 2005), as mesmas apresentam parâmetros urbanísticos de IA máx. e IP idênticos às ACOP. Isso poderia representar uma inconsistência encontrada no Plano Diretor de 2005 (MENZORI, SOUSA e GONÇALVES, 2021b).

**Tabela 1.** Parcelamento do Solo Urbano – Zoneamento do PDPDA de 2005

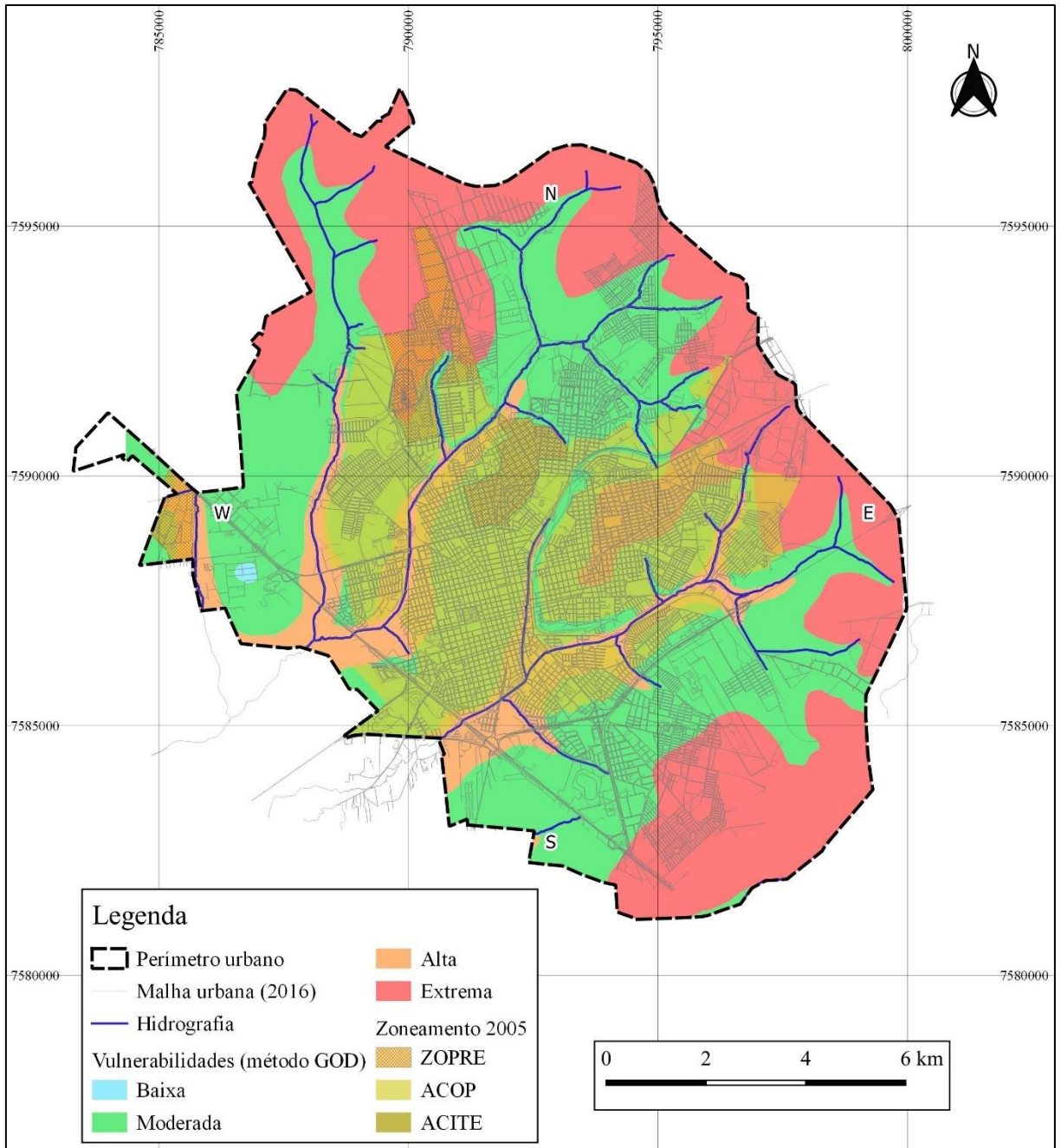
<b>1. ZONAS AMBIENTAIS - ZAMB</b>	<b>IA máx.</b>	<b>IP</b>	<b>Lote mín. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Padrão Loteamento</b>
Zona de Proteção Ambiental (ZOPA)	10%	80%	*	*
Zona Ambiental de Uso Sustentável (ZAUS)				
Zona de Conservação e Recuperação Ambiental (ZORA)	20%	70%	1000	Projetos de Avenidas Parque
Corredores de Integração Ecológica (CIECO)	*	*	*	Projetos de Parques Lineares
<b>2. ZONAS DE ESTRUT. URBANA SUSTENTÁVEL (ZEUS)</b>	<b>IA máx.</b>	<b>IP</b>	<b>L. Mín. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Projetos de Avenidas Parque</b>
Zonas Predominantemente Residenciais (ZOPRE)	*	*	*	Loteamentos, condomínios e conjuntos habitacionais
Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS)	100%	30%	200	Núcleos residenciais e conjuntos habitacionais
Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais (APRM)	100%	30%	2500	Chácaras de recreio e ecovilas
Áreas Especiais de Interesse Urbanístico (AEIU)	*	*	*	*
Zonas Especiais Miscigenadas (ZOEMI)	300%	20%	200	Loteamentos, condomínios e conjuntos habitacionais
Área de Cidade Compacta e Ocupação Prioritária (ACOP)	300%	20%	200	Ocupação prioritária e indução à maior compactidade urbana
Área de Cidade de Transição e Expansão (ACITE)	300%	20%	2500	
Área Esp. de Int. Ambiental e Recarga do Aquífero (AEIRA)	100%	40%	2500	Chácaras de recreio e ecovilas
Zonas Especiais (ZEPP)	200%	20%	*	*
Zonas de Produção Industrial (ZOPI)	200%	20%	5000	
Zonas Especiais de Prod. Indust. Sustentável (ZEPIS)	200%	20%	5000	Loteamentos e núcleos industriais
Zonas de Produção Agrícola Sustentável (ZOPAS)	200%	20%	2500	Chácaras de recreio e ecovilas
<b>3. ZONA RURBANA (ZORUR)</b>	20%	50%	5000	Chácaras de recreio e ecovilas

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

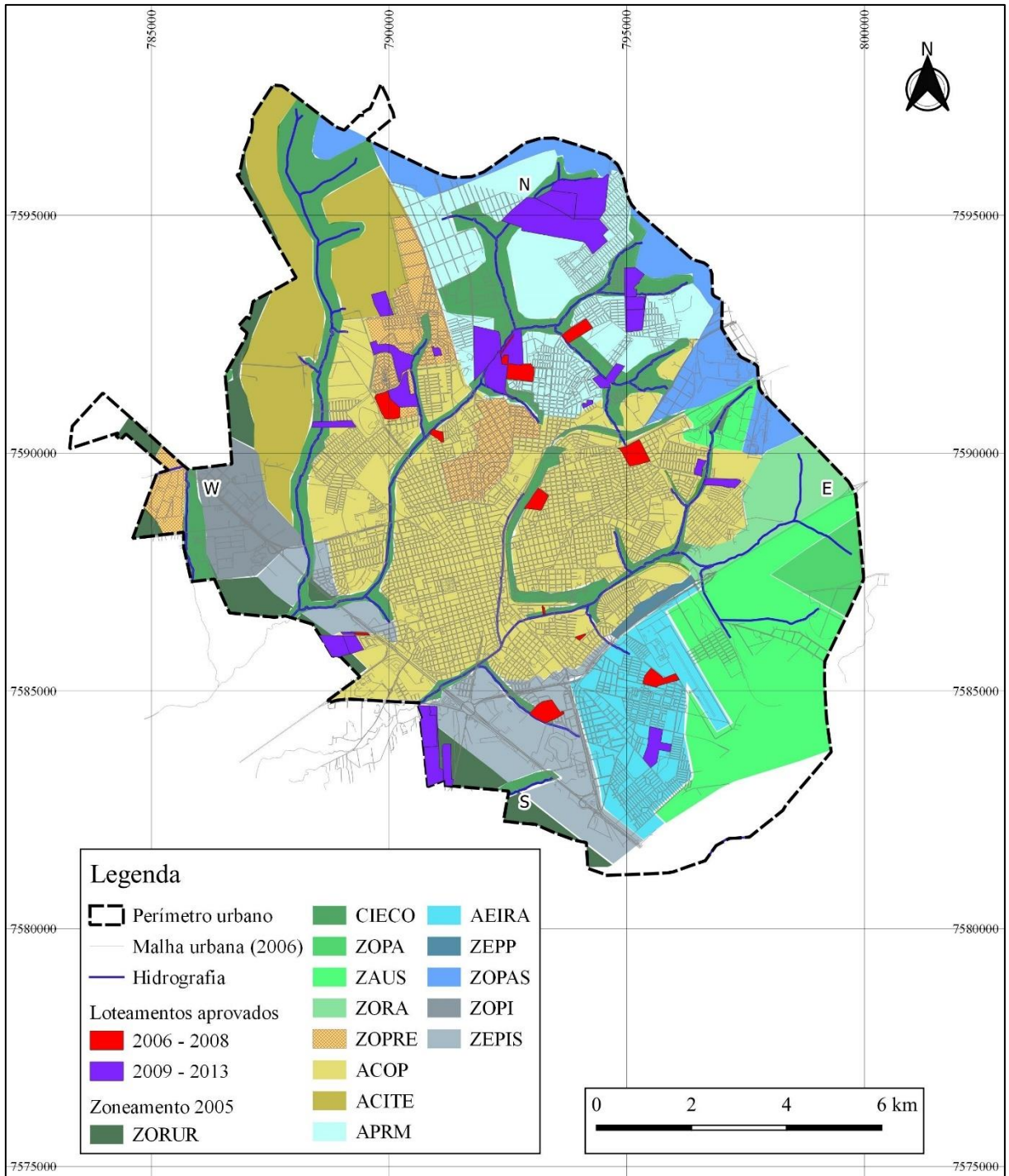


**Fig. 3** Zoneamento do PDPDA de 2005  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

Na Figura 4 é ilustrada uma sobreposição entre o mapa de vulnerabilidades (Figura 1) e as ACOP e ZOPRE da Figura 3. E na Figura 5 são apresentados os loteamentos aprovados entre os anos de 2006 e 2013, ou seja, períodos sob a vigência do PDPDA de 2005 com implementação realizada durante as administrações tanto do Período A quanto do Período B.



**Fig. 4** Sobreposição entre mapa de vulnerabilidades, ZOPRE, ACOP e ACITE  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)



**Fig. 5** Loteamentos aprovados entre 2006 e 2013, e respectivas zonas  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

### 3.3.2 Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2006 e 2008

No intervalo 2006 – 2008 (três últimos anos da gestão do Período A), os loteamentos aprovados recobriram aproximadamente 135,5 hectares, sendo praticamente a totalidade (134,1 ha)



compreendidos por loteamentos residenciais abertos e fechados. Nas Tabelas 2 e 3 estão dispostos esses resultados, assim como as estatísticas descritivas da ocupação.

**Tabela 2.** Parcelamento do Solo Urbano entre os anos de 2006 e 2008

Ano	Área (ha)	Zona	Descrição
2006	20.3	ZEPIS	Condomínio fechado
	1.3	ACOP	Loteamento residencial
2007	1.4	ZEPIS	Loteamento industrial
	19.8	ZOPRE	Condomínio fechado
2008	4.5	ACOP	Condomínio fechado
	13	ACOP	Condomínio fechado
	21	ACOP	Loteamento residencial
	0.9	ACOP	Loteamento residencial
	15.6	AEIRA	Loteamento residencial
	23.1	APRM	Condomínio fechado
	14.8	APRM	Loteamento residencial

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

**Tabela 3.** Crescimento urbano observado por zonas, entre os anos de 2006 e 2008

Zone	ha.	%
ACOP	40.7	30.0%
AEIRA	15.6	11.5%
APRM	37.8	27.9%
ZEPIS	21.6	16.0%
ZOPRE	19.8	14.6%
<b>Total</b>	<b>135.5</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

Aproximadamente 27,9% e 11,5% dos loteamentos foram aprovados, respectivamente, em APRM e AEIRA, assim como 16% em ZEPIS. Com exceção de 1.4 ha correspondentes a um loteamento industrial, aproximadamente 55,4% dos loteamentos apresentaram não-conformidades locais para com o zoneamento do PDPDA de 2005 (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

### 3.3.3 Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2009 e 2013

Os loteamentos aprovados entre os anos de 2009 e 2013 representaram loteamentos abertos e fechados visivelmente mais desagregados da malha urbana consolidada, assim como milhares

de habitações de interesse social (HIS) Faixa I<sup>5</sup> do Programa Minha Casa Minha Vida – MCMV (BRASIL, 2009), aprovados em áreas de preservação ambiental – assim como centenas de outras cidades brasileiras, Araraquara também adotou o MCMV como principal política habitacional para famílias de baixa renda. No total, 212,5 ha foram ocupados por Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) em zonas de APRM e, ademais, aproximadamente 127,2 ha foram ocupados por loteamentos residenciais e condomínios aprovados em porções do território de AEIRA e faixas de Ciecós, como mostrado nas Tabela 4 e 5.

**Tabela 4.** Parcelamento do Solo Urbano entre os anos de 2009 e 2013

Ano	Área (ha)	Zona	Descrição
2009	2.0	APRM	Loteamento residencial
	10.5	ACOP	Condomínio fechado
	1.5	ZEPIS	Condomínio fechado
2010	66.4	APRM	CHIS MCMV
	17.5	APRM	Loteamento residencial
	15.4	ACITE	Condomínio fechado
	25.0	AEIRA	Condomínio fechado
2011	118.0	APRM	CHIS MCMV
	10.7	APRM	Loteamento residencial
	24.1	CIECO	Condomínio fechado
	19.7	APRM	Condomínio fechado
	24.0	ZOPRE	Condomínio fechado
	8.5	ZEPIS	Condomínio fechado
	16.7	ZORUR	Condomínio fechado
	15.4	ZORUR	Condomínio fechado
2012	3.6	ZEPIS	Condomínio fechado
	25.8	ZORUR	Condomínio fechado
	11.6	ACOP	Loteamento residencial
2013	28.1	APRM	CHIS MCMV
	18.2	CIECO	Loteamento residencial
	3.0	APRM	Condomínio fechado
	11.2	CIECO	Condomínio fechado
	3.0	APRM	Condomínio fechado
	48.7	CIECO	Condomínio fechado
	26.3	ZOPRE	Condomínio fechado
	2.8	ZOPRE	Chácara de recreio
	5.6	ACOP	Loteamento residencial
	11.3	ACOP	Loteamento residencial
	7.0	ACOP	Condomínio fechado
	12.5	ZORUR	Condomínio fechado

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

<sup>5</sup> Que atende a população mais pobre, com renda familiar mensal de até R\$ 1.800,00 (BRASIL, 2020).

**Tabela 5.** Crescimento urbano observado por zonas, entre os anos de 2009 e 2013

Zona	ha.	%
ACITE	15.4	2.6%
ACOP	46.0	7.7%
AEIRA	25.0	4.2%
APRM	268.3	45.2%
CIECO	102.2	17.2%
ZEPIS	13.5	2.3%
ZOPRE	53.1	8.9%
ZORUR	70.5	11.9%
<b>TOTAL</b>	<b>594.1</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

Entre os anos de 2009 e 2013 (Período B), aproximadamente 594,1 ha do território tiveram loteamentos aprovados, em que 7,7% e 8,9% desse montante compreenderam, respectivamente, zonas ACOP e ZOPRE (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). Isso significa que 16,6% do crescimento urbano, observado no período, contribuiu para as estratégias de adensamento do núcleo urbano, e aproximadamente 45,2% e 17,2% representaram, respectivamente, ocupações em zonas de APRM e faixas de Ciecos<sup>6</sup>; assim como 9,1% em ZEPIS, ACITE e AEIRA, combinadas, e 11,9% em ZORUR, foram do perímetro urbano (*Ibid.*). Assim, em torno de 83,4%<sup>7</sup> do crescimento urbano, observado entre os anos de 2009 e 2013 apresentou não-conformidades para com o PDPDA de 2005 (*Ibid.*).

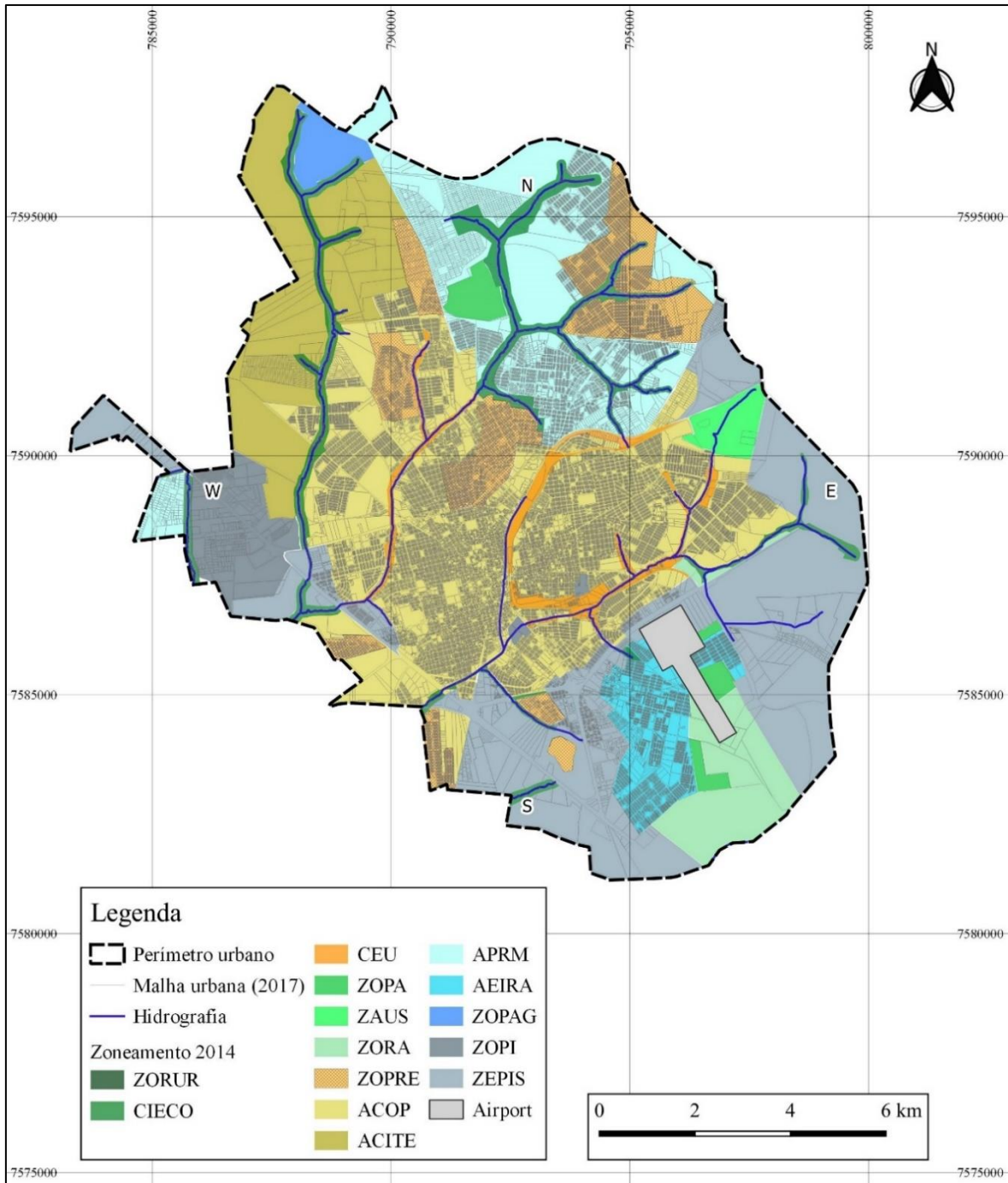
### 3.3.4 Análise descritiva do crescimento urbano observado entre 2014 e 2016

Em 11 de fevereiro de 2014, a LC nº 850 (PMA, 2014a) promoveu uma revogação seguida de revisão do PDPDA de 2005, assim como a LC nº 851/2014 (PMA, 2014b) introduziu uma nova regulação do uso e ocupação do solo. A revisão do Plano em 2014 manteve o texto original de 2005, mas promoveu algumas alterações isoladas (MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI, 2018; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). Na Figura 6 está ilustrado o zoneamento do PDPDA de 2014.

<sup>6</sup> Em alguns casos, algumas partes dos polígonos representativos de loteamentos aprovados se sobrepuseram às faixas desses corredores. Existe a possibilidade de que algumas dessas sobreposições não sejam ocupações físico-territoriais efetivas, sendo essa uma limitação inerente à precisão dos dados secundários utilizados (PMA, 2016). Todavia, nos casos observados por Menzori e Falcowski (2017), foram identificadas construções de vias públicas, bacias de retenção e detenção, e até edificações nas faixas dos Ciecos.

<sup>7</sup> Se considerada ACITE como zona de adensamento, ao invés de transição periurbana, as não-conformidades são reduzidas para 80,8% (MENZORI, SOUSA e GONÇALVES, 2021b).





**Fig. 6** Zoneamento do PDPDA de 2014  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

Considerando todas as zonas contempladas pelo perímetro urbano estabelecido pela LC nº 8095/2013, e comparando os zoneamentos dos Planos de 2005 (Figura 3) e de 2014 (Figura 6), foram identificadas significativas alterações que comprometem a maior parte das abordagens de cinturão e corredores verdes, com possíveis impactos negativos na estratégia de compactidade urbana (*Ibid.*). As zonas ambientais (ZAMB), por exemplo, foram reduzidas em 55,6%, onde as ZAUS sofreram uma redução de 89,5%, enquanto que os Ciecocos foram

reduzidos em 28,6% em sua largura, assim como parcialmente reclassificados como Corredores Estruturais de Urbanidade (CEU), destinados a projetos de avenidas e vias expressas (*Ibid.*). Além disso, houve reduções em todas as subclassificações de ZEUS relacionadas a restrições de caráter ambiental e transição periurbana, em que as AEIRA (diretamente relacionadas ao aquífero Guarani) foram reduzidas em 33,1%, ao passo que as ZOPAS (ZOPAG) e ZORUR sofreram substanciais reduções de, respectivamente, 76,8% e 99,4% (*Ibid.*).

Alternativamente, todas as zonas relacionadas a usos residenciais, mistos/comerciais, ou industriais foram expandidas, em que as ZOPRE e ACOP aumentaram em 71,8% e 20% respectivamente, à medida que as zonas industriais expandiram em 162,4%, passando a ocupar a maior parte das regiões leste e sul, consideradas de extrema vulnerabilidade em termos de contaminação de aquíferos. Ademais, mesmo as zonas ambientais que permaneceram inalteradas espacialmente – ou que porventura foram expandidas –, revelam significativas mudanças na regulação de uso e ocupação do solo, a partir da revisão do PDPDA de 2014, em que diversos parâmetros passaram a comprometer a estratégia de cinturão/corredores verdes, tornando todas as zonas mais permissivas ao espraiamento urbano, em detrimento das salvaguardas ambientais originalmente previstas (*Ibid.*). Na Tabela 6 são elencadas essas mudanças.

**Tabela 6.** Parcelamento do Solo Urbano – Zoneamento do PDPDA de 2014

<b>1. ZONAS AMBIENTAIS - ZAMB</b>	<b>IA máx.</b>	<b>IP</b>	<b>L. Mín. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Padrão Loteamento</b>
Zona de Proteção Ambiental (ZOPA)	10%	80%	*	Redução de 14,7% da área
Zona Ambiental de Uso Sustentável (ZAUS)			*	Redução de 89,5% da área
Zona de Conservação e Recuperação Ambiental (ZORA)	20%	70%	250	LR; CRE
Corredores de Integração Ecológica (Ciecos)	*	*	*	Redução de 28,6% das larguras das faixas
<b>2. ZONAS DE ESTRUT. URBANA SUSTENTÁVEL (ZEUS)</b>	<b>IA máx.</b>	<b>IP</b>	<b>L. Mín. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>*</b>
<b>Zonas Predominantemente Residenciais</b>	*	*	*	*
Áreas Especiais de Interesse Urbanístico (AEIU)	100%	20%	250	LR; CRE; CF
Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS)	100%	30%	200	LR; LIS; CHIS; CF
Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais (APRM)	100%	30%	200	LR; CRE; LIS; CHIS; CF
<b>Zonas Especiais Miscigenadas (ZOEMI)</b>	*	*	*	*
<b>Áreas Especiais de Interesse Urbanístico (AEIU)</b>	*	*	*	*
Área de Cidade Compacta e Ocupação Prioritária (ACOP)	350%	20%	200	LR; LIS; CRE; CHIS; CF
Área de Cidade de Transição e Expansão (ACITE)	100%	30%	500	LR; CRE; LIS; CF
Área Esp. de Int. Ambiental e Recarga do Aquífero (AEIRA)	200%	30%	200	LR; LIS; CHIS; CF
<b>Zonas Especiais (ZEPP)</b>	*	*	*	*
Zonas de Produção Industrial (ZOPI)	200%	20%		
Zonas Especiais de Prod. Indust. Sustentável (ZEPIS)	200%	20%		
<b>Zonas de Produção Agrícola Sustentável (ZOPAG)</b>	200%	20%	200	LR; LIS; CRE; CHIS; CF
<b>3. ZONA RURBANA (ZORUR)</b>	<b>30%</b>	<b>50%</b>		

**Legenda:**

LR = loteamentos residenciais;

CF = condomínios fechados.

LIS = loteamentos industriais e de serviços;

CRE = chácaras e recreio e ecovilas;

CHIS = conjuntos habitacionais de interesse social;

**Em vermelho = parâmetros alterados**

Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

As zonas de APRM, AEIRA e ZOPAG (equivalentes às ZOPAS), na qualidade de subclassificações mais restritivas de ZOPRE, destinadas à produção agrícola familiar, com lotes mínimos estabelecidos em 2.500 m<sup>2</sup>, passaram a permitir loteamentos residenciais, comerciais, industriais, CHIS, e até condomínios fechados com lotes mínimos a partir de 200 m<sup>2</sup>. O mesmo foi observado nas zonas de transição rural-urbana (ZORUR), em que a revisão do PDPDA de 2014 negligenciou suas restrições ambientais, ampliou os tipos de uso e ocupação do solo permitidos e reduziu o tamanho de lote mínimo de 5.000 m<sup>2</sup> para 200 m<sup>2</sup>.

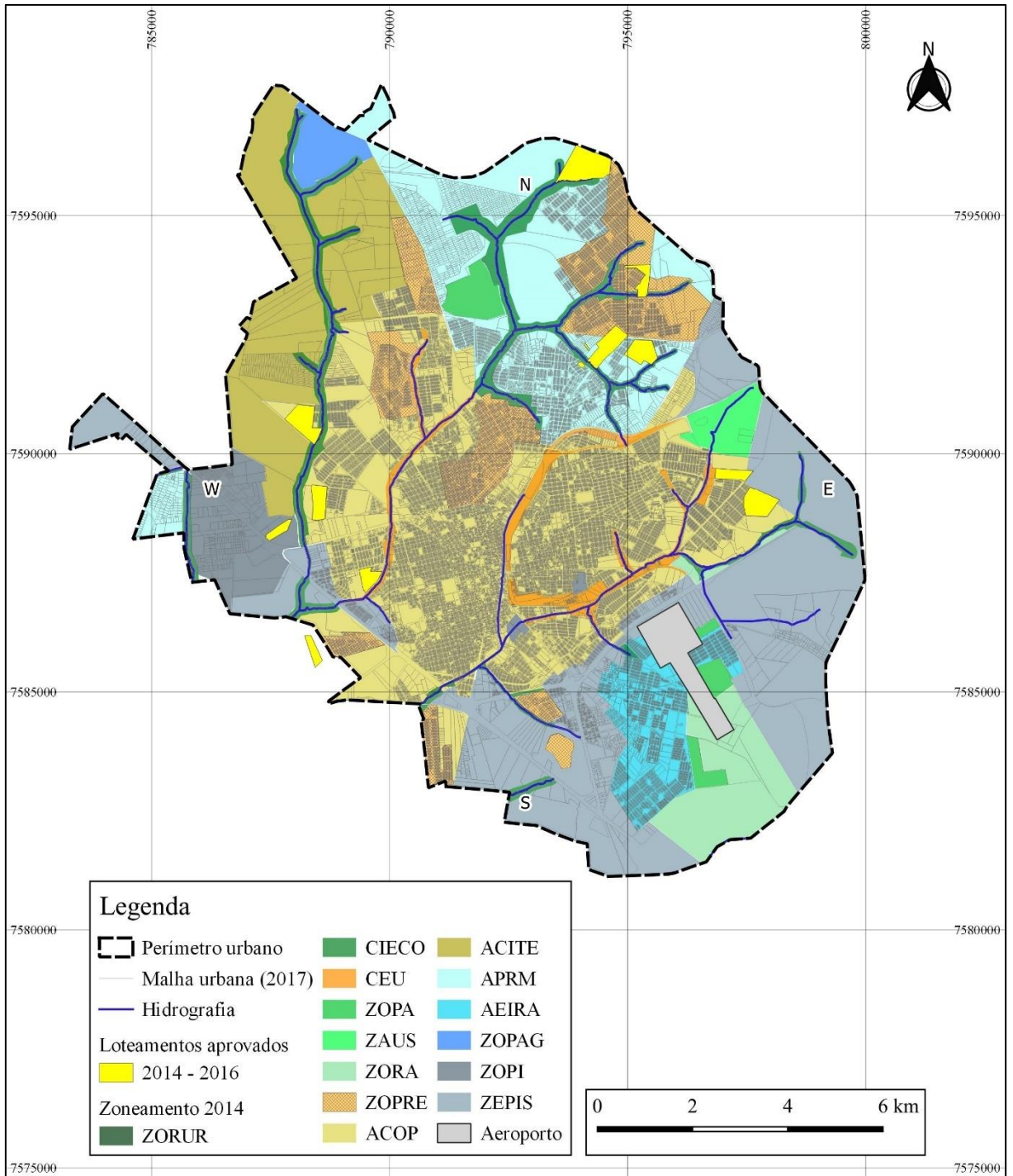
Deste modo, a revisão do PDPDA de 2014 tornou irresolutas as diretrizes de ordenamento territorial urbano em que, apesar de seus mapas apresentarem zonas de preservação e conservação ambiental, as alterações promovidas na legislação de uso e ocupação do solo se contrapõem à noção de sustentabilidade no crescimento urbano (*Ibid.*). Posteriormente, os loteamentos aprovados entre os anos de 2014 e 2016 (Período C) corresponderam a 262,2 ha (*Ibid.*), como mostrado na Figura 7 e Tabelas 7 e 8.

**Tabela 7.** Parcelamento do Solo Urbano entre os anos de 2014 e 2016

<b>Ano</b>	<b>Área(ha)</b>	<b>Zona</b>	<b>Descrição</b>
<b>2014</b>	6.2	AEIS	Condomínio fechado
	23.8	APRM	Condomínio fechado
	0.6	APRM	Loteamento residencial
	25.3	APRM	Loteamento residencial
	20.7	ACOP	Condomínio fechado
	14.2	ACOP	Loteamento residencial
<b>2015</b>	15.1	AEIS	Loteamento residencial
	1.2	APRM	Loteamento residencial
	31.8	ACOP	Loteamento residencial
	33.6	ACOP	Loteamento residencial
	9.5	ZOPI	Condomínio fechado
	10.3	ZORUR	Condomínio fechado
<b>2016</b>	55.7	APRM	CHIS MCMV
	2.1	ZEPIS	Loteamento residencial
	13.1	ACOP	Loteamento residencial

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

Predominantemente residenciais, 43,1% dos loteamentos aprovados entre os anos de 2014 e 2016 estavam localizados em zonas ACOP e 8,1% em ZOPRE – majoritariamente reclassificada a partir das áreas de mananciais do PDPDA de 2005. Adicionalmente, 40,5% dos loteamentos ocuparam as APRM remanescentes; 4,4% as ZEPIS e ZOPI; e 3,9% as ZORUR, além dos limites periurbanos; perfazendo um total de 48,8% dos loteamentos aprovados em não-conformidade para com o PDPDA de 2014 (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).



**Fig. 7** Loteamentos aprovados entre 2014 e 2016, e respectivas zonas  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

**Tabela 8.** Crescimento urbano observado por zonas, entre os anos de 2014 e 2016

<b>Zona</b>	<b>ha.</b>	<b>%</b>
ACITE	0.0	0.0%
ACOP	113.3	43.1%
AEIRA	0.0	0.0%
AEIS	21.3	8.1 %
APRM	106.6	40.5%
CIECO	0.0	0.0%
ZEPIS	2.1	0.8%
ZOPI	9.5	3.6%
ZOPRE	0.0	0.0%
ZORUR	10.3	3.9%
<b>TOTAL</b>	<b>251.7</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

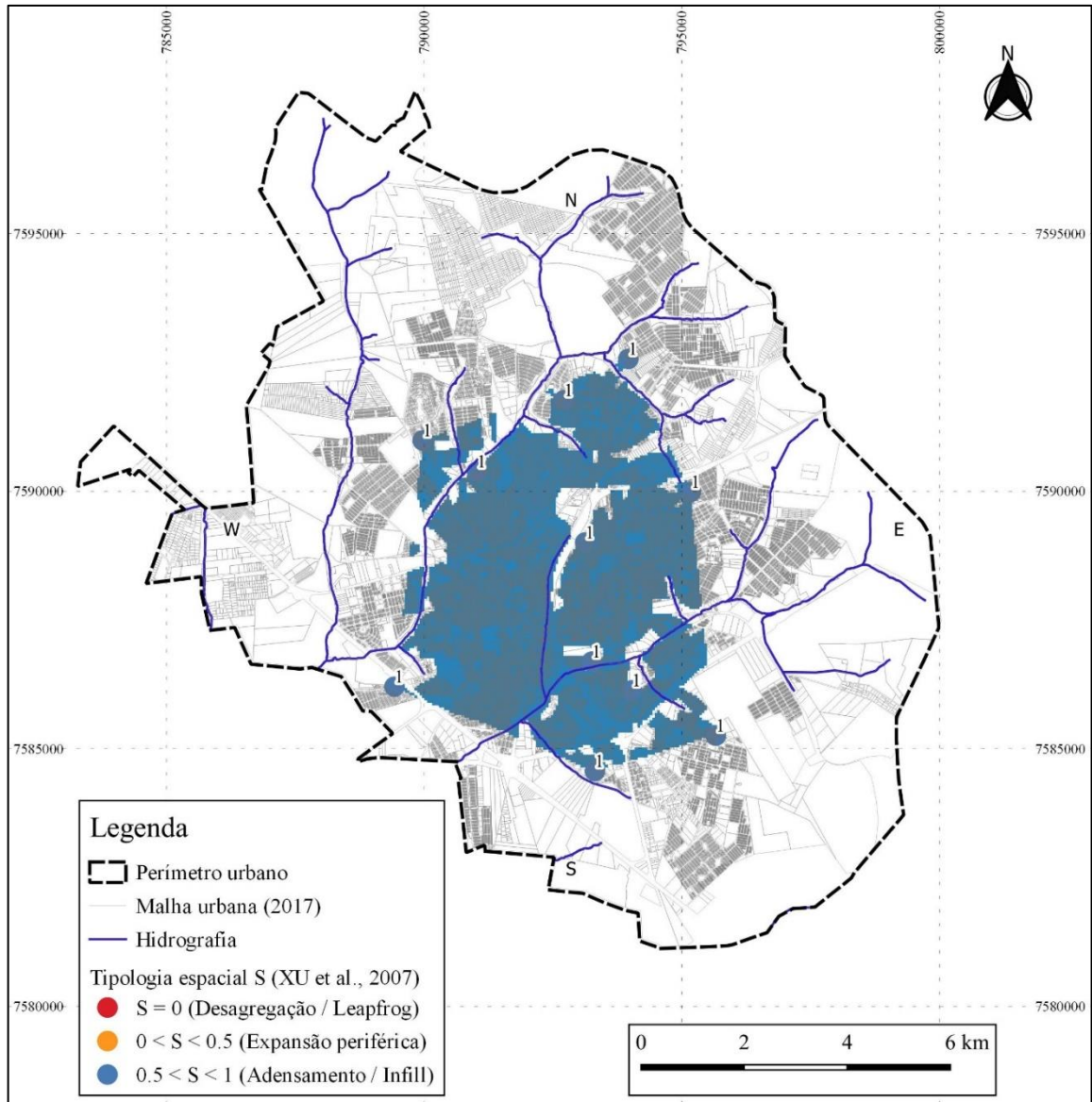
Em suma, o período 2014 – 2016 apresentou os maiores níveis de conformidade no crescimento urbano, todavia, também demonstrou um enorme abrandamento das restrições ambientais na regulação do uso/ocupação do solo. Isso posto, o aumento na conformidade na implementação do PDPDA de 2014 estaria mais associado ao desprezo das salvaguardas ambientais, do que a qualquer ação efetiva em prol do cumprimento das estratégias de contenção do espraiamento urbano (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

E apesar de o crescimento populacional ter sido mais intenso a partir de 2009, a expansão física observada não pode ser considerada como uma resposta em termos de escassez de vazios urbanos intersticiais, mas sim uma abstenção do adensamento no núcleo urbano, uma vez que no ano de 2017 existiam glebas e lotes, vazios ou subutilizados, suficientes para acomodar o crescimento urbano observado, evitando a maioria das áreas com criticidade ambiental (MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

### **3.3.5 Classificação tipológica e análises geométrico-espaciais do crescimento urbano**

Diferentes padrões de crescimento também podem ser observados quando procedidas análises geométrico-espacial e topológica, todavia, não foram identificadas diferenças estatisticamente significantes entre os três períodos analisados, como mostrado no Apêndice Q. Os resultados da classificação tipológica estão ilustrados nas Figuras 8 a 11 e Tabela 12, assim como no Apêndice R. As variações nas métricas espaciais estão dispostas nas Tabelas 9 a 11, e as taxas CAGR na Densidade Populacional são apresentadas na Figura 12.



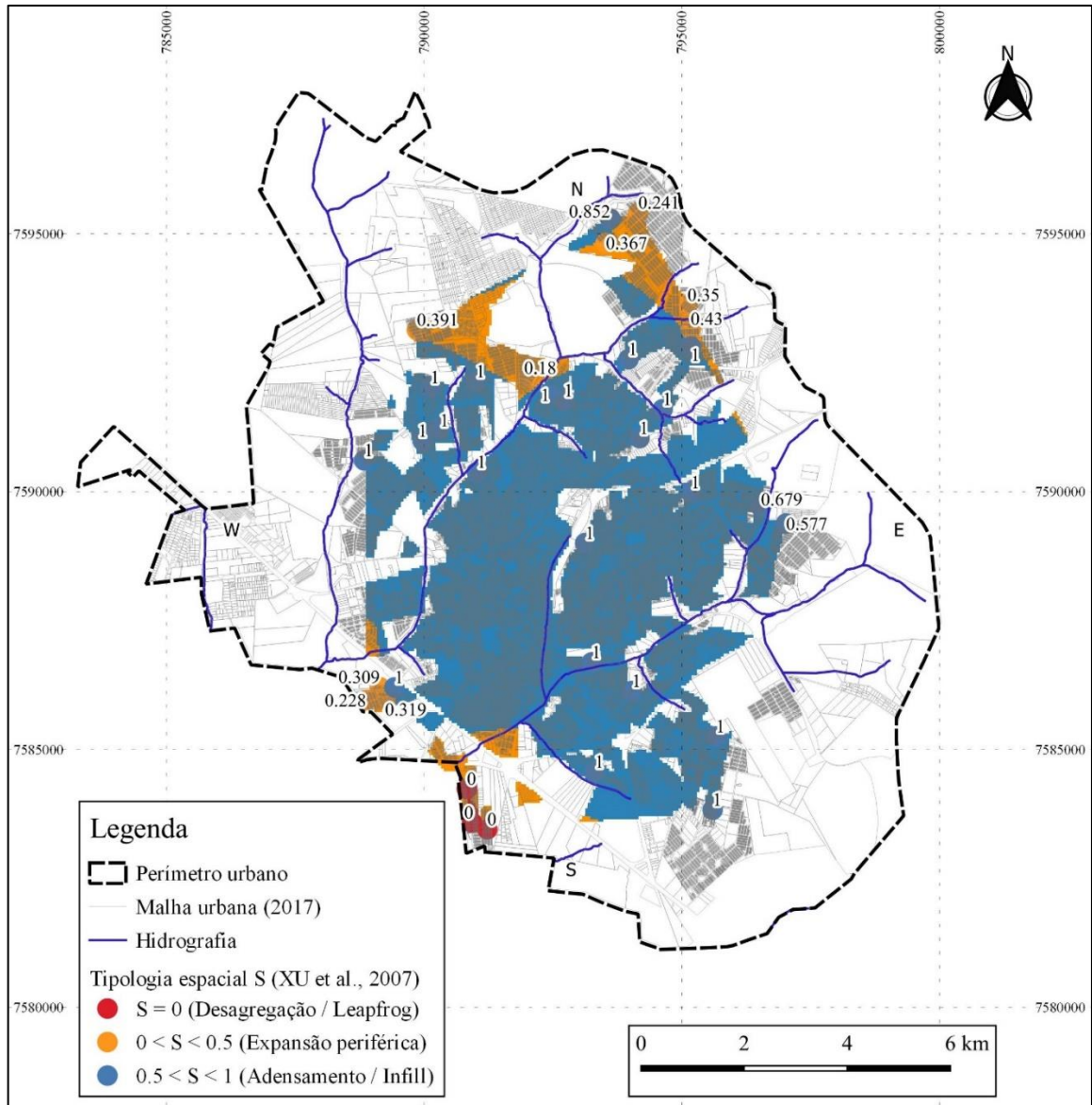


**Fig. 8.** Classificação tipológica espacial do período 2006 – 2008  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

**Tabela 9 –** Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre os anos de 2006 e 2008

Fragmentação (escala macro)		Complexidade (escala micro)		Complexidade (escala macro)		Dispersão (escala macro)		Compacidade (escala macro)	
NP	0,000	FD	0,039	MSI(a)	0,003	CEN	-0,002	CI	0,000
PD	-0,004	AWMFD	0,002	ED	0,000	DCM*	-0,004	CR	-0,002
LSI	0,002	AWMSI	0,003	MPAR	0,000			IPQ	-0,004
EIR	0,000	MSI(b)	0,002					DCM	0,004
MPS*	0,001	SI	0,004					M1	0,000
LPI*	0,001							M2	0,000
								M3	0,000
<b>Q1</b>	0,000	<b>Q1</b>	0,002	<b>Q1</b>	0,000	<b>Q1</b>	-0,003	<b>Q1</b>	-0,001
<b>MED</b>	0,000	<b>MED</b>	0,003	<b>MED</b>	0,000	<b>MED</b>	-0,003	<b>MED</b>	0,000
<b>Q3</b>	0,001	<b>Q3</b>	0,004	<b>Q3</b>	0,001	<b>Q3</b>	-0,003	<b>Q3</b>	0,000

\* Inversões de sinal aplicáveis



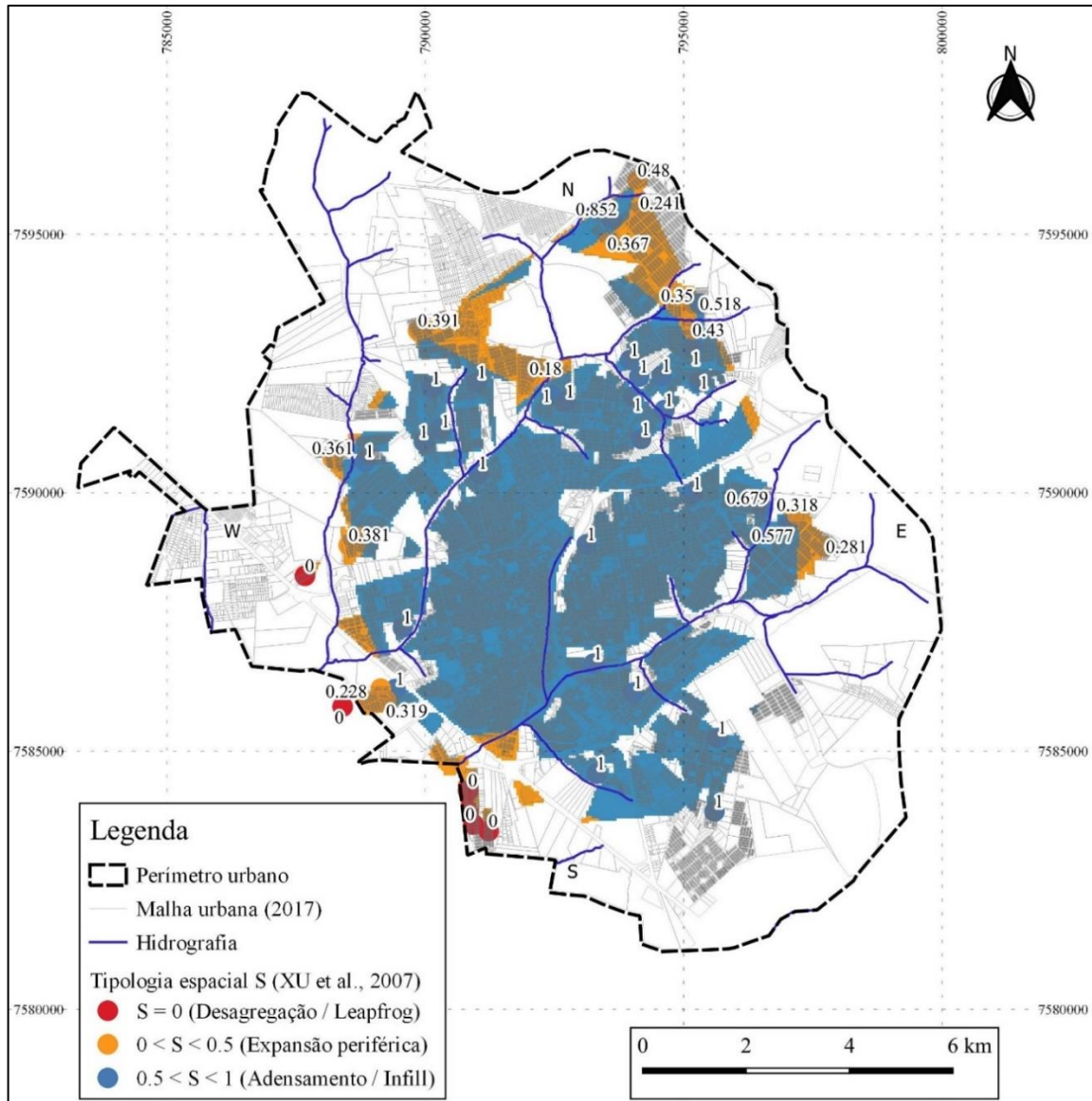
**Fig. 9.** Classificação tipológica espacial do período 2006 – 2013  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

**Tabela 10** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre os anos de 2009 e 2013

Fragmentação (escala macro)		Complexidade (escala micro)		Complexidade (escala macro)		Dispersão (escala macro)		Compacidade (escala macro)	
NP	0,000	FD	0,124	MSI(a)	0,015	CEN	-0,005	CI	-0,009
PD	-0,016	AWMFD	0,005	ED	-0,005	DCM*	-0,016	CR	-0,002
LSI	0,003	AWMSI	0,007	MPAR	-0,011			IPQ	-0,005
EIR	-0,011	MSI(b)	0,024					DCM	0,016
MPS*	-0,021	SI	-0,021					M1	0,005
LPI*	-0,011							M2	0,003
								M3	0,004
<b>Q1</b>	-0,014	<b>Q1</b>	0,005	<b>Q1</b>	-0,008	<b>Q1</b>	-0,013	<b>Q1</b>	-0,004
<b>MED</b>	-0,011	<b>MED</b>	0,007	<b>MED</b>	-0,005	<b>MED</b>	-0,010	<b>MED</b>	0,000
<b>Q3</b>	-0,003	<b>Q3</b>	0,024	<b>Q3</b>	0,005	<b>Q3</b>	-0,008	<b>Q3</b>	0,005

\* Inversões de sinal aplicáveis





**Fig. 10.** Classificação tipológica espacial do período 2006 – 2016  
 Fonte: Adaptada de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)

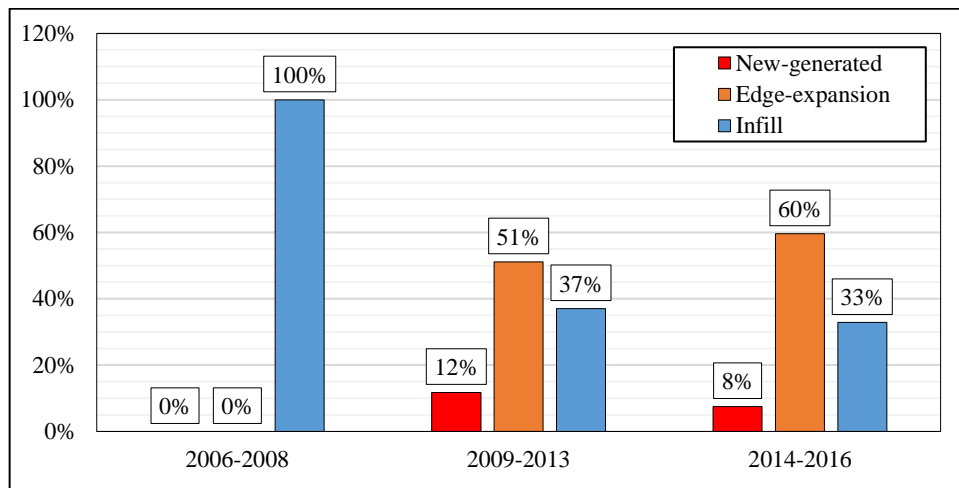
**Tabela 11** – Taxas CAGR por aspecto por métrica, entre os anos de 2014 e 2016

Fragmentação (escala macro)		Complexidade (escala micro)		Complexidade (escala macro)		Dispersão (escala macro)		Compacidade (escala macro)	
NP	0,046	FD	-0,178	MSI(a)	-0,015	CEN	-0,004	CI	-0,037
PD	0,030	AWMFD	-0,001	ED	0,002	DCM*	-0,010	CR	-0,008
LSI	0,009	AWMSI	0,002	MPAR	0,170			IPQ	-0,015
EIR	0,220	MSI(b)	-0,015					DCM	0,010
MPS*	0,032	SI	0,016					M1	-0,003
LPI*	-0,007							M2	-0,001
								M3	-0,002
<b>Q1</b>	0,014	<b>Q1</b>	-0,015	<b>Q1</b>	-0,006	<b>Q1</b>	-0,009	<b>Q1</b>	-0,013
<b>MED</b>	0,031	<b>MED</b>	-0,001	<b>MED</b>	0,002	<b>MED</b>	-0,007	<b>MED</b>	-0,005
<b>Q3</b>	0,042	<b>Q3</b>	0,002	<b>Q3</b>	0,086	<b>Q3</b>	-0,006	<b>Q3</b>	-0,002

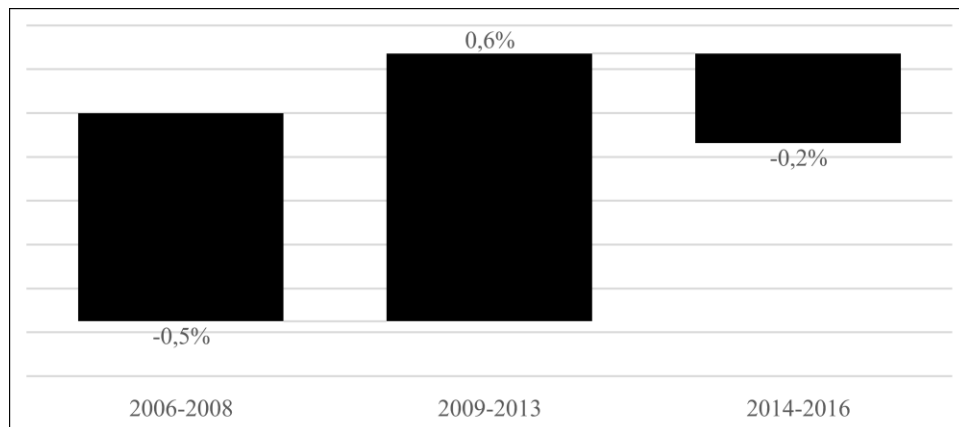
\* Inversões de sinal aplicáveis

**Tabela 12** – Tipologias espaciais do crescimento urbano observado entre 2006 e 2016

Período	% Área		
	<i>New-generated Leapfrog</i>	<i>Edge-expansion Expansão</i>	<i>Adensamento Infill</i>
<b>2006-2008</b>	0,0%	0,0%	100%
<b>2009-2013</b>	11,8%	51,2%	37,0%
<b>2014-2016</b>	7,5%	59,6%	32,9%



**Fig. 11.** Tipologias espaciais do crescimento urbano observado (% área) entre 2006 e 2016  
**Fonte:** Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b)



**Fig. 12.** Taxas CAGR na Densidade Populacional Urbana (DU)  
**Fonte:** Elaboração do autor (2021)

Apesar do enfoque nas métricas quantitativas explícitas e agregadas da escala macro, algumas métricas de abordagem limitada às manchas secundárias (periféricas) também foram incluídas, uma vez que as mesmas podem descrever propriedades espaciais importantes (HEROLD; COUCLELIS; CLARKE, 2005). Neste caso, os aspectos de Complexidade se mostraram relevantes na escala micro entre os anos de 2014 e 2016, em que a irregularidade das manchas

periféricas apresentou uma amplitude interquartílica de variação anual estimada entre -1,5% e +0,2% com mediana em -0,1%; diferentemente dos períodos anteriores, que apresentaram subsequentes aumentos, entre 0,2% e 0,4% (2006 – 2008) e 0,5% e 2,4% (2009 – 2013).

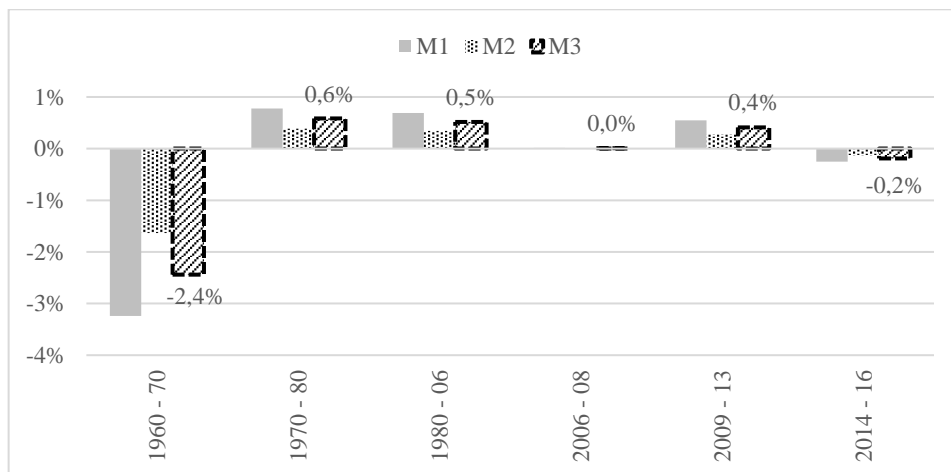
No que tange aos aspectos geométricos do espraiamento urbano, o primeiro período analisado, compreendido entre os anos de 2006 e 2008, as métricas espaciais não revelam variações significativas, em que a Compacidade, Fragmentação e Complexidade na escala macro se mantiveram praticamente nulas (ou seja, não existiram alterações significativas na forma da mancha total consolidada), e apenas a Dispersão ilustra discreta variação de -0,3% ao ano, como mostrado na Tabela 9. Ademais, a classificação tipológica espacial (Figura 8 e Tabela 12) demonstra que o crescimento observado entre os anos de 2006 e 2008 compreendeu exclusivamente adensamento ou *Infill* ( $S = 1$ ), mas também mostrou crescimento populacional negativo (IBGE, 2020), que impactou na métrica de Densidade Urbana (Figura 12).

No segundo período (2009 – 2013), as variações de Compacidade (entre -0,4% e +0,5% por ano) e Complexidade na escala macro (-0,8% e +0,5% por ano) se mostram estáveis, de certo modo, à medida que a Fragmentação (entre -0,3% e -1,4% ao ano) e Dispersão (entre -0,8% e -1,3% ao ano) reduziram, como mostrado na Tabela 10. Apesar de identificados aumentos na Densidade Urbana de 0,6% ao ano (Figura 12), entretanto, a classificação tipológica espacial (Figuras 9 e 12 e Tabela 12) ilustra um padrão de crescimento urbano muito mais expansivo (51,2% da ocupação do solo total do período), com incidência de loteamentos desagregados (11,8% de *Leapfrog*) e menor contribuição para o adensamento do núcleo urbano (37% de *Infill*) – que poderia indicar que a redução da Fragmentação e aumento da Compacidade se referiram ao adensamento de manchas secundárias periféricas, que, por sua vez, pode impactar na Dispersão tendo em vista o inerente preenchimento de vazios e agregação nessas regiões.

Por fim, o intervalo 2014 – 2016, representado pela implementação do PDPDA de 2014 durante Período B, evidenciou as maiores assimetrias (análises *Boxplot*) das variações das métricas espaciais (Apêndice R) e, de maneira geral, indicou aumentos na Fragmentação (entre 1,4% e 4,2% ao ano) e Complexidade na escala macro (entre -0,6% e +8,6% por ano), assim como redução da Compacidade (entre -0,2% e -1,3% ao ano) e Dispersão (entre -0,6% e -0,9%). A partir destes resultados, e considerando as aparentes reduções na Dispersão e Complexidade (na escala micro) observadas no último período, é possível ponderar que o crescimento urbano efetivamente apresentou um padrão de agregação das manchas periféricas (que reduziu sobremaneira a medida de Dimensão Fractal – FD, no Apêndice N) e fragmentação da mancha

total (com aumentos consideráveis nas Relações Perímetro-Área – MPAR e Borda-Interior – EIR, no Apêndice N), impactando negativamente nas medidas de compacidade.

Ademais, analisando os resultados da classificação tipológica espacial (Figuras 10 e 11, e Tabela 12), observa-se que o crescimento urbano se mostrou muito mais expandido (*Edge-expansion* = 59,6%) com reincidência de loteamentos desagregados (*Leapfrog* = 7,5%), do que compacto (*Infill* = 32,9%). Deste modo, o período representado pela implementação do PDPDA de 2014, durante o Período B, poderia caracterizar um crescimento urbano espraiado com inerente redução da compacidade urbana, sob as óticas geométrica e tipológica espaciais (algo já observado há cinco décadas atrás em Araraquara, por meio das métricas quantitativas e agregadas alçadas no Capítulo 1), como mostrado na Figura 13.

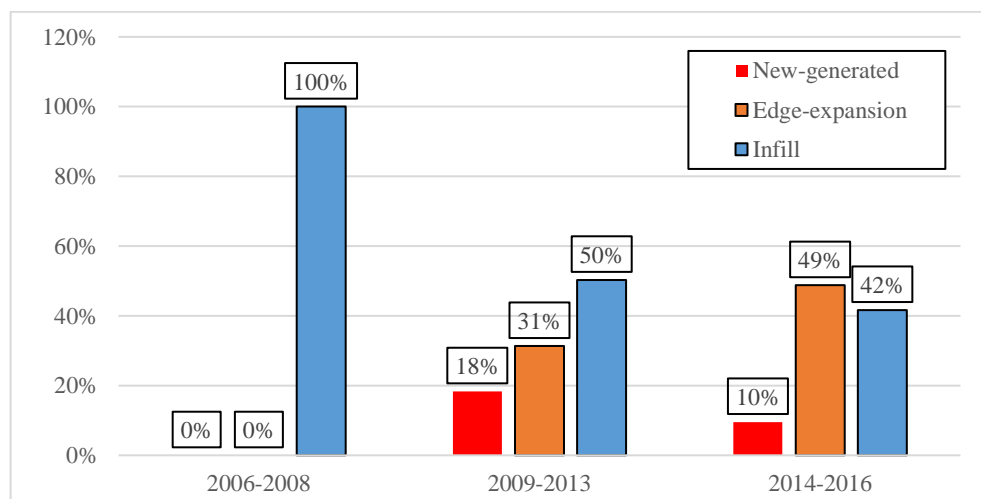


**Fig. 13.** Taxas CAGR de compacidade urbana (métricas M1, M2 e M3)

**Fonte:** Elaboração do autor (2021)

Não obstante, como mencionado anteriormente, existe um fator interveniente externo muito relevante a partir de 2009, representado pelo programa MCMV. No âmbito deste programa, são muito recorrentes os cenários em que há uma deliberada desarticulação entre as políticas urbana, habitacional e ambiental nos processos de atendimento às demandas por habitação e interesse social, favorecendo a abertura de novas frentes de expansão do mercado imobiliário (LOPES; SHIMBO, 2015), com localizações inadequadas dos Conjuntos Habitacionais de Interesse Social – CHIS (JESUS; DENALDI, 2018), seguindo a lógica da obtenção de maior rentabilidade imobiliária (SANTORO, 2015) com economia de escala em grandes extensões periféricas do território (LIBERTUN DE DUREN, 2018).

Assim, é válido assumir que o fenômeno MCMV contribuiu, de certo modo, nesse agravamento de não-conformidades e discrepâncias, observadas durante a implementação dos planos espaciais pela gestão administrativa entre os anos de 2009 e 2016. Entretanto, é possível inferir que as diferenças identificadas nas implementações dos planos não são justificadas exclusivamente pelo MCMV, pois os padrões espaciais contrastantes se mantêm (apesar de menos acentuados) mesmo quando desconsideradas<sup>8</sup> as 4.500 Unidades Habitacionais (UHs) dos CHIS Faixa 1 (Apêndice T) da classificação tipológica do crescimento, em que os resultados reiteram os níveis muito inferiores de compactidade (*Infill*) nos dois últimos períodos, em comparação ao primeiro mais compacto, como mostrado na Figura 14.



**Fig. 14.** Tipologias espaciais do crescimento urbano (% área) entre 2006 e 2016 (sem CHIS Faixa 1)  
**Fonte:** Elaboração do autor (2021)

Isso reforça a interpretação de diferentes padrões de implementação de planos espaciais associados a diferentes posturas de gestão territorial, também, quando considerada a revisão do PDPDA de 2014, que desconstruiu as estratégias de contenção da expansão urbana estabelecidas inicialmente no PDPDA de 2005, e implementou uma regulação do ordenamento territorial mais permissiva e favorável ao fenômeno do espraiamento urbano.

<sup>8</sup> Sendo esses os CHIS horizontais (casa/lote) denominados Residencial Laura Molina (que integra três empreendimentos dos Residenciais Barbieri), Jardim do Valle, Jardim Valle Verde, e um último CHIS, aprovado em 2016 ao norte do Res. Laura Molina, ainda em construção. Cabe uma ressalva referente ao Bairro São Rafael II, que apesar de ter sido viabilizado no âmbito do MCMV, sua aprovação municipal ocorreu antes do ano de 2006 e, inclusive, o mesmo não integra o mapa de aprovações disponibilizado pela prefeitura (PMA, 2016).

### 3.3.6 Análises correlacionais das taxas CAGR

A partir das análises do crescimento urbano observado nos três períodos, busca-se identificar se existem relações lineares (SAURA; CARBALLAL, 2004; HUANG; LU; SELLERS, 2007) entre os resultados de compacidade urbana e demais métricas aplicadas – representados por meio de variações anuais (CAGR) –, especialmente no que tange aos aspectos de Fragmentação, Complexidade, Dispersão, Compacidade e Densidade Populacional Urbana na qualidade de indicadores de espraiamento urbano (FRENKEL; ASHKENAZI, 2008). Os resultados dessas análises correlacionais estão representados nos Apêndices T e V.

As variações relativas anuais (CAGR), observadas a partir das métricas de Compacidade, apresentaram correlações fortes e perfeitas entre si ( $1,00 \geq r \geq 0,69$ ). Além disso, demonstraram relações lineares tanto fracas quanto fortes, de maneira positiva para com a Densidade Populacional ( $0,84 \geq r \geq 0,19$ ), e negativas fortes, muito fortes e perfeitas para com as métricas de Fragmentação ( $1,00 \geq r \geq 0,69$ ). Assim como relações positivas fortes e muito fortes para com as métricas de Complexidade das manchas secundárias ( $0,99 \geq r \geq 0,63$ ), assim como muito fortes e perfeitas ( $1,00 \geq r \geq 0,86$ ), e até negativas ( $-0,62 \geq r \geq -0,99$ ), para com as métricas de Complexidade na escala macro. Dispersão, por outro lado, mostrou relações lineares fracas, moderadas e fortes, positivas e negativas, ( $0,69 \geq r \geq 0,50$ ) para com as variações anuais observadas a partir das diferentes métricas de Compacidade.

De maneira geral, as variações relativas anuais de Compacidade (que representam os padrões geométrico-espaciais de crescimento urbano), evidenciam correlações muito fortes positivas para com a Densidade Populacional, e desde fortes até perfeitas negativas para com a Fragmentação, apesar de não indicarem significância ao nível 0.05 na maioria das observações. Ademais, foram identificadas correlações discrepantes com a Dispersão (possivelmente em função assimetria dos quartis, observada anteriormente), assim como desde fortes até muito fortes positiva na Complexidade das manchas secundárias – diferentemente do observado na escala macro, que apresentou correlações tanto positivas quanto negativas.

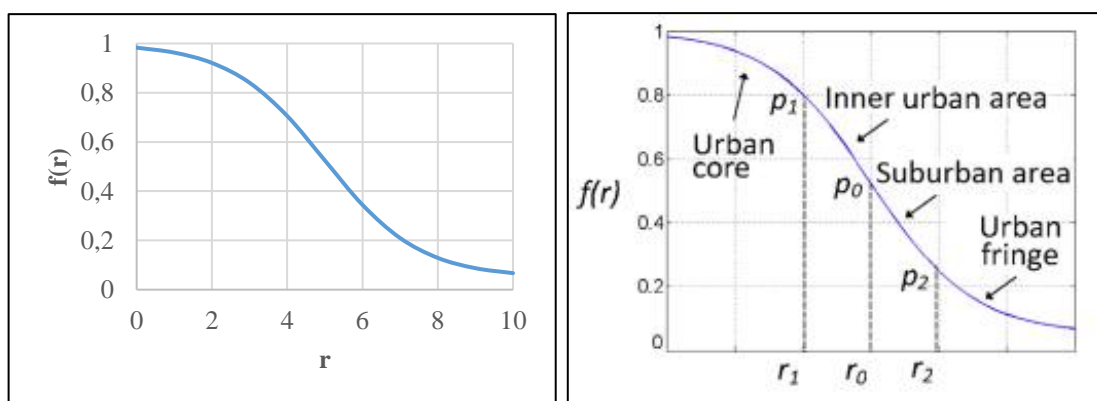
Esses resultados indicam que quanto maiores as densidades populacionais e compacidades urbanas (diretamente proporcionais), menores as fragmentações observadas (inversamente proporcionais), e vice-versa; assim como quanto maior a compacidade urbana, maior a irregularidade de forma observadas nas manchas secundárias. Isso poderia indicar que o aumento da compacidade urbana, de certo modo, foi acompanhado de aumentos na densidade populacional, e estaria relacionado ao adensamento das manchas secundárias e consequente

redução de sua fragmentação. Por outro lado, a redução da compactidade observada no último período (2014 – 2016), apesar de acompanhada de crescimento populacional, evidencia aumentos na fragmentação, assim como reduções na dispersão e complexidade urbanas, o que poderia representar a incidência de processos de crescimento urbano espraiado.

### 3.3.7 Método de ajuste de função não-linear de densidade de ocupação urbana

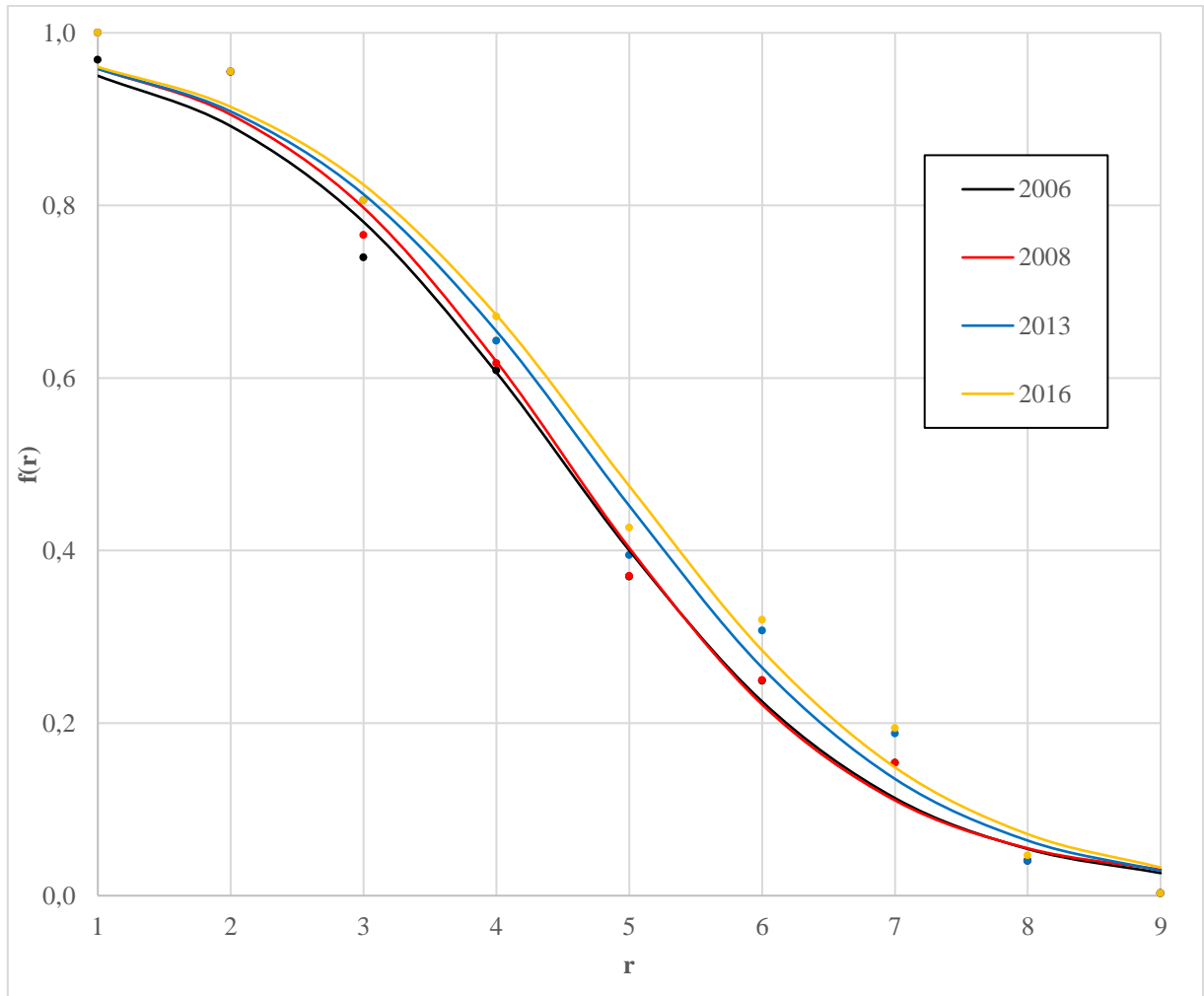
Considerando os mesmos cenários de mancha urbana, representados pelos resultados físico-espaciais dos três períodos notáveis de implementação de planos diretores, e de modo a corroborar as análises anteriores, é alçada uma mensuração da taxa de expansão, compactidade e grau de espraiamento da mancha urbana total, observados a partir do método de ajustamento de função não-linear da “*Inverse-S shape Rule*” pelos mínimos quadrados dos residuais (Apêndices AP até AT), na qualidade de indicadores de comparação da densidade (de ocupação do solo) urbana entre diferentes períodos de uma mesma cidade (JIAO, 2015).

Como dados iniciais para as análises, foram estabelecidas as constantes “ $a = 4$ ”; “ $c = 0,05$ ” e “ $D = 10$ ” para a função sigmoide “S-invertido” (Equação 1.1), de maneira similar a Jiao (2015), porém com escala adaptada para Araraquara. O gráfico do modelo “S-invertido” adotado está ilustrado na Figura 15, e os resultados dos ajustes das funções pelos mínimos quadrados estão dispostos na Figura 16 e Tabela 13.



**Fig. 15.** Modelo da função sigmoide “S-invertido” e suas derivações de densidade

**Fonte:** Adaptado de Jiao (2015, p.33)



**Fig. 16.** Curvas das funções de densidade de ocupação urbana ajustadas  
**Fonte:** Elaboração do autor (2021)

**Tabela 13** – Parâmetros das funções de densidade de ocupação urbana ajustadas

Cenário	a	c	D	R <sup>2</sup>	r1	f1	r2	f2	ks	kp	Sr
<b>2006</b>	3,785	0,004	9,014	0,991	2,939	0,789	6,075	0,214	0,183	0,348	*
<b>2008</b>	4,020	0,012	9,049	0,992	3,042	0,791	6,007	0,221	0,192	0,328	-0,318
<b>2013</b>	3,961	0,000	9,536	0,989	3,183	0,789	6,353	0,211	0,182	0,332	1,246
<b>2016</b>	4,009	0,000	9,755	0,991	3,275	0,789	6,479	0,211	0,180	0,328	0,684

Segundo Jiao (2015), e conforme ilustrado na Figura 15, o raio “ $r_1$ ” determina o limite do núcleo urbanizado (*urban core*), e o raio “ $r_2$ ” delimita o início da franja urbana (*urban fringe*, com densidade mínima “ $c$ ”). Assim, a diferença entre esses raios caracteriza a extensão das áreas intraurbana (*inner urban area*, com densidade máxima “ $f_1$ ”) e suburbana (*suburban area*, com densidade mínima “ $f_2$ ”), localizadas nas imediações do núcleo urbano, com densidades máxima e mínima representadas, respectivamente, por “ $f(r=1)$ ” e “ $f_1$ ”. O parâmetro “ $D$ ” descreve a extensão da área urbana principal da cidade analisada (incluindo o núcleo urbano, áreas



intraurbanas, suburbanas, e a franja urbana). A partir desses parâmetros (estabelecidos por meio do ajustamento da função “S-invertido” pelas variações na densidade de ocupação urbana), Jiao (2015) propõe um indicador denominado “Sprawl Ratio” (Relação de Espreadimento), representado pela sigla “Sr”.

Concerne destacar que este indicador possui limitações similares às métricas do tipo figura de referência. Por se tratar de uma abordagem amparada na relação entre “área ocupada” e “área não-ocupada” por raios de afastamento do centroide, através de anéis isométricos, seus resultados não consideram, por exemplo, a desagregação ou a irregularidade de forma das áreas ocupadas e, conseqüentemente, não possuem sensibilidade para descrever as propriedades de Fragmentação e Complexidade. Assim, a determinação do indicador espraio urbano Sr, por uma função sigmoide não-linear, oferece uma representação das dinâmicas territoriais e descrição da Compacidade por meio de parâmetros que são determinados exclusivamente pela função da densidade de ocupação urbana.

Alternativamente, as métricas espaciais e relações lineares, elencadas no Capítulo 1 e aplicadas neste capítulo, consideram as quatro propriedades geométricas principais de análise (Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão), de maneira relativa à mancha urbana total, em que o enfoque nas propriedades de Complexidade e Fragmentação é conferido por meio das métricas de Compacidade do tipo “relação área/perímetro” (CR e IPQ, por exemplo), assim como a descrição da Dispersão (e, conseqüentemente, da densidade de ocupação) é proporcionada pelas métricas de Compacidade do tipo “figura de referência” (CCM e DCM, por exemplo) – pondera-se que as métricas M1, M2 e M3 propostas representam combinações de ambos os tipos.

Não obstante, a caracterização do fenômeno do espraio urbano por uma função não-linear e ajustada de densidade oferece uma representação das dinâmicas territoriais mais detalhada, pela extensão da cidade em que, apesar das limitações supracitadas, possui potencial para descrever e subdividir as faixas de Compacidade por núcleo e área intraurbana, subúrbio e franja periurbana. Isso posto, os valores do indicador de espraio SR reforçam a interpretação de que o Período 2006 – 2008 foi descrito por um crescimento que reduziu o espraio urbano ( $SR = -0,318$ ), à medida em que os dois Períodos subsequentes (2009 – 2013 e 2014 – 2016) apresentam padrões espaciais de aumento no espraio urbano, com  $SR = 1,246$  e  $SR = 0,684$ ; respectivamente.

Mais do que isso, mesmo quando desconsiderados os CHIS horizontais do MCMV, em cenários hipotéticos a partir de 2009, as funções sigmóides ainda evidenciam discrepâncias nos padrões de adensamento territorial, em que os Períodos B e C de implementação dos planos espaciais ainda evidenciam aumentos no espraiamento urbano, com valores  $S_r$  de 0,590 (entre 2009 e 2013) e de 0,751 (entre 2014 e 2016), como mostrado na Tabela 14.

**Tabela 14** – Parâmetros das funções de densidade para os cenários hipotéticos, desconsiderando os CHIS do MCMV

Cenário	a	c	D	R <sup>2</sup>	r1	f1	r2	f2	ks	kp	Sr
2006	3,785	0,004	9,014	0,991	2,939	0,789	6,075	0,214	0,183	0,348	*
2008	4,020	0,012	9,049	0,992	3,042	0,791	6,007	0,221	0,192	0,328	-0,318
2013'	4,131	0,005	9,380	0,993	3,195	0,790	6,185	0,215	0,192	0,319	0,590
2016'	4,175	0,000	9,618	0,994	3,292	0,789	6,326	0,211	0,190	0,315	0,751

Presumivelmente, na cidade de Araraquara, a caracterização do espraiamento urbano nos períodos analisados estaria relacionada: a) ao aumento da Fragmentação e redução da Compacidade a partir de 2014, como descrito pelas métricas espaciais; b) às incidências de padrões de crescimento expansivos (*edge-expansion*) e desagregados (*new-generated*), ilustrados pela Classificação Tipológica a partir de 2009; c) e às variações de densidade de ocupação nas faixas suburbana e da franja urbana, a partir de 2009, estabelecidas pelos parâmetros de ajustamento das funções de densidade. Similarmente ao constatado por Keeratikasikorn (2018) em cidades asiáticas, estes resultados poderiam indicar que posturas específicas de implementação dos planos espaciais de regulação do uso e ocupação do solo influenciaram de maneira significativa “[...] nos resultados finais e evolução dos valores dos parâmetros da função de densidade” (KEERATIKASIKORN, 2018, p. 100) que, em termos de gestão territorial “[...] revelariam uma falta generalizada de capacidade que restringe ações regulatórias efetivas e eficientes como o controle do crescimento e desenvolvimento territorial, aplicação das políticas [públicas] e envolvimento ao nível local” (SUMARI et al., 2019, p.11, tradução própria).

Em contrapartida, o intervalo 2006 – 2008 (Período A) não foi caracterizado pela incidência de espraiamento urbano, pelo contrário, a classificação tipológica descreve um padrão espacial integralmente compacto, com redução do grau de espraiamento urbano apontada pela função sigmoide, e propriedades geométricas inalteradas, de acordo com as taxas CAGR das métricas espaciais. Assim sendo, é possível inferir que a prática de implementação do PDPDA de 2005

resultou em padrões espaciais mais compactos e menos espalhados (consoantes à estratégia de contenção do espraiamento urbano) entre os anos de 2006 e 2008 (Período A). Com a mudança da administração municipal (Período B), são observadas práticas de implementação dos planos espaciais que resultaram em padrões de crescimento que deixaram de ser contíguos à mancha urbana principal a partir de 2009, e passaram a representar predominância de tipologias de expansão e desagregação, com aumentos no indicador Sr de espraiamento urbano, acompanhados, também, de aumento na Fragmentação e redução da Compacidade urbanas, a partir da revisão do PDPDA de 2014 – reforçando a hipótese sobre a existência de distintas posturas de gestão territorial, de acordo com os diferentes períodos de administração municipal.

### **3.4 CONCLUSÃO**

Neste estudo foram alçadas propostas para identificação de diferenças nas configurações espaciais do crescimento urbano, de acordo com distintos arranjos de gestão territorial. Para tanto, foram examinadas as divergências entre o ordenamento físico-territorial e as diretrizes e regulações de planos diretores, por meio de análises descritivas e quantitativas do crescimento urbano observado em três períodos notáveis de gestão territorial.

Em função de diferenças na implementação de planos diretores, distintos padrões de crescimento urbano e níveis de conformidade emergiram na cidade de Araraquara, dependendo da gestão territorial em vigência. Consideráveis processos de desenvolvimento urbano foram, muito provavelmente, influenciados pela revisão do PDPDA de 2014 e suas alterações no uso e ocupação do solo, que abrandaram a regulação urbanístico-ambiental e repercutiram espacialmente de maneira contrastante e negativa para com os fundamentos do plano original.

Não obstante, processos ainda mais relevantes ocorreram no cenário representado por uma administração pública implementando um plano instituído na gestão anterior, em que o nível de conformidade identificado foi muito insignificante. Apesar da enorme significância dos CHIS Faixa 1 do MCMV aprovados a partir de 2010, especialmente relacionada a evidentes impactos ambientais nas APRM da região norte – e que hoje contemplam aproximadamente 20%<sup>9</sup> da população de Araraquara –, não é possível atribuir os padrões espaciais observados a partir de 2009 exclusivamente ao MCMV, pois esses contrastes na implementação dos planos se mantêm mesmo quando desconsiderados esses CHIS da classificação do crescimento urbano

---

<sup>9</sup> Estimativa considerando os mais de 30 mil habitantes do Selmi Dei (MANÉCOLO, 2019), juntamente com a população das 4.500 UHs dos CHIS do MCMV.

e, mais do que isso, são observados em todas as direções da mancha urbana – e não apenas limitados ao quadrante norte.

Considerando que a discussão sobre a localização inadequada dos CHIS do MCMV e seus impactos ambientais é quase axiomática (KOWALTOWSKI *et al.*, 2019) e não integra o escopo do objetivo principal deste estudo, os padrões espaciais de inerente exacerbação de não-conformidades poderia indicar que a gestão territorial afeta a distribuição espacial do crescimento urbano e, conseqüentemente, a regulação da expansão urbana. Neste contexto, seria válido aprofundar as análises quantitativas e espaciais ao nível de cada loteamento aprovado entre os anos de 2006 e 2016, em complementação às análises de configuração de mancha urbana total realizadas neste Capítulo.

Sumariamente, os resultados demonstram como distintas gestões territoriais influenciaram nas estratégias de contenção do espraiamento urbano. Essas constatações são relevantes e contribuem para um melhor entendimento de alguns aspectos relacionados à implementação de planos diretores em uma cidade média do interior paulista, fornecendo evidências empíricas sobre o papel da gestão territorial na gestão do crescimento urbano. Como limitação, entretanto, não se pode descartar a possibilidade de algumas interpretações e peculiaridades estarem associadas, também, à natureza aleatória do crescimento urbano, uma vez que nenhuma relação causal foi assumida – todavia, essa aleatoriedade torna-se muito improvável em um contexto onde todas legislações urbanísticas locais (no âmbito das cidades brasileiras) estão submetidas aos mesmos regimes jurídicos de produção e intencionalidades.

Por fim, existe um consenso crescente de que as políticas de contenção da expansão urbana podem não apenas otimizar o uso da infraestrutura e reduzir os custos operacionais dos serviços públicos, mas também mitigar os impactos relacionados à degradação ambiental e mudanças climáticas, estreitamente relacionados às funções ecossistêmicas, dinâmicas geohidrológicas e à qualidade de vida urbana. Fundamentalmente, no entanto, a busca por tais premissas no âmbito da gestão municipal depende fortemente da confluência de diversos fatores e forças concernentes, de modo a orientar e regular o desenvolvimento de encontro a formas urbanas mais sustentáveis.

## **CAPÍTULO 4 - ANÁLISES ESPACIAIS E QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO URBANO ENTRE 2006 E 2016 EM ARARAQUARA-SP**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Muitos problemas ambientais, sociais e até econômicos de uma cidade podem ser atribuídos ao crescimento urbano quando ocorre de forma desordenada e insustentável. Há evidências crescentes de que a expansão urbana, devido à conversão de ecossistemas naturais ou terras aráveis em novas áreas urbanas, representa profundos impactos sobre as componentes ambientais relacionadas aos processos geohidrológicos (BENINI; MENDIONDO, 2015; PATRA et al., 2018), assim como exerce um dos efeitos mais significativos nas mudanças climáticas (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

No Brasil, os processos de crescimento urbano devem seguir atos administrativos regulatórios (planos diretores), formulados e implementados pelas autoridades urbanas locais para regular e orientar o desenvolvimento urbano. No entanto, os planos diretores e seus instrumentos de planejamento não aparentam exercer forte influência em favor de crescimentos urbanos socialmente equilibrados e ambientalmente sustentáveis nas cidades brasileiras, pelo contrário, são frequentes as abordagens de expansão urbana dissociadas do crescimento populacional e indiferentes às condicionantes ambientais, visando favorecer a especulação imobiliária (BRAGA, 2016).

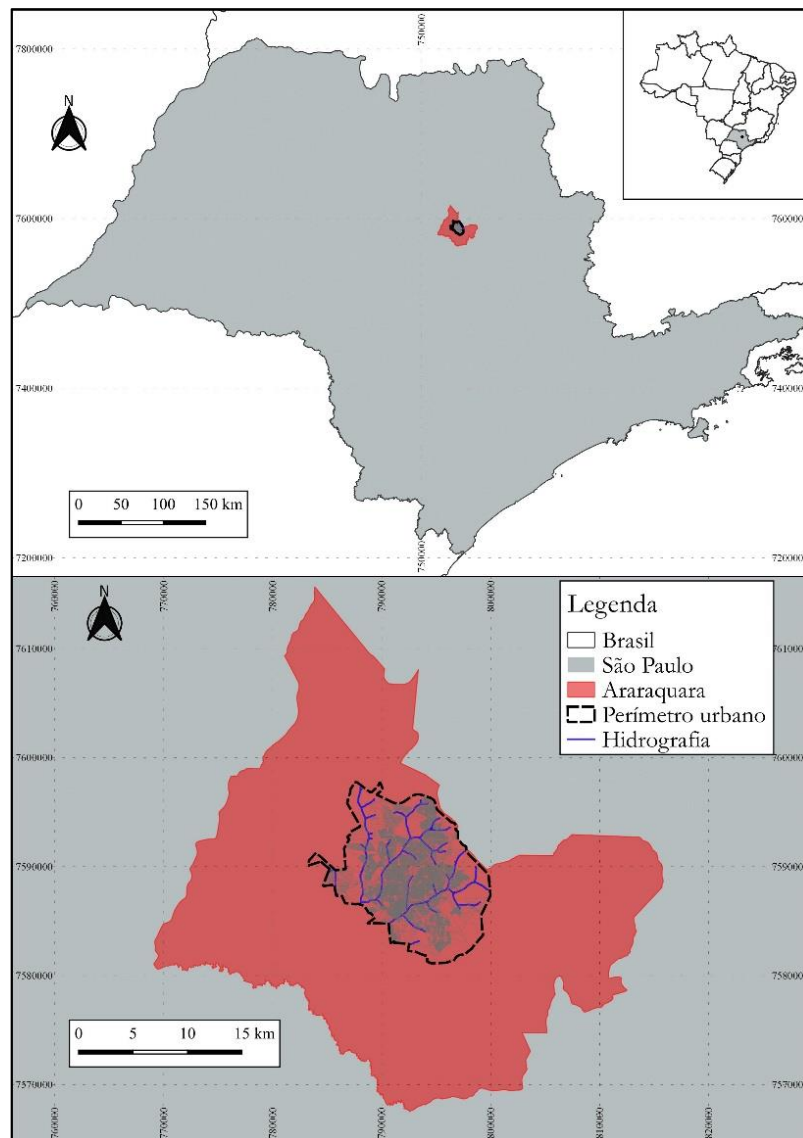
Tomando como exemplo o estudo realizado em Araraquara-SP, e por meio de uma análise espaço-temporal de conformidade, foram identificadas diferenças entre a estrutura dos planos e o crescimento urbano observado durante diferentes administrações municipais. No entanto, o referido critério de conformidade entre análises espaciais e diretrizes de planejamento, apesar de consolidados na literatura (OLIVEIRA; PINHO, 2010), poderia ser refinado por meio de análises de cunho inferencial e descritivo mais aprofundadas, amparadas em medidas quantitativas.

Nessa temática e contexto, são explorados os resultados do crescimento urbano na cidade de Araraquara, por meio de análises quantitativas e espaciais de áreas (CÂMARA *et al.*, 2002), ao nível dos loteamentos aprovados entre os anos de 2006 e 2016, considerando seus aspectos locais, sendo essas análises, também, aplicadas para os vazios urbanos intersticiais mapeados (MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019).

Tendo em vista o enfoque inerente aos aspectos geométricos do crescimento urbano, as abordagens desta seção podem proporcionar maior aprofundamento das análises de conformidade entre estruturas de planejamento e os cenários de crescimento urbano observados, favorecendo avaliações dos eventuais aspectos de convergência ou divergência entre seus resultados.

#### 4.2 ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS

Araraquara é um município brasileiro localizado no interior do Estado de São Paulo (Figura 1), à 270 km da capital. Possui população estimada em 227.681 habitantes, e uma taxa de urbanização estimada em 97% (SEADE, 2020).



**Fig. 1.** Brasil, Estado de São Paulo e Araraquara  
Fonte: Elaboração do autor, adaptado de IBGE (2020)

Na década de 1960, Araraquara teve um grande crescimento econômico impulsionado pelo Programa Nacional do Alcool (Proálcool), que foi acompanhado de processos de crescimento urbano intensivo (e disperso) a partir da década de 1970. Esses processos geraram inúmeros vazios urbanos e manchas secundárias dispersas em terras rurais (PERES, 2012), obrigando o governo municipal a estender o perímetro urbano (limite administrativo) três vezes seu tamanho original, em 1978 (GONÇALVES, 2010). Na Figura 2 são ilustradas as manchas urbanas das décadas de 1960, 1970 e 1980.

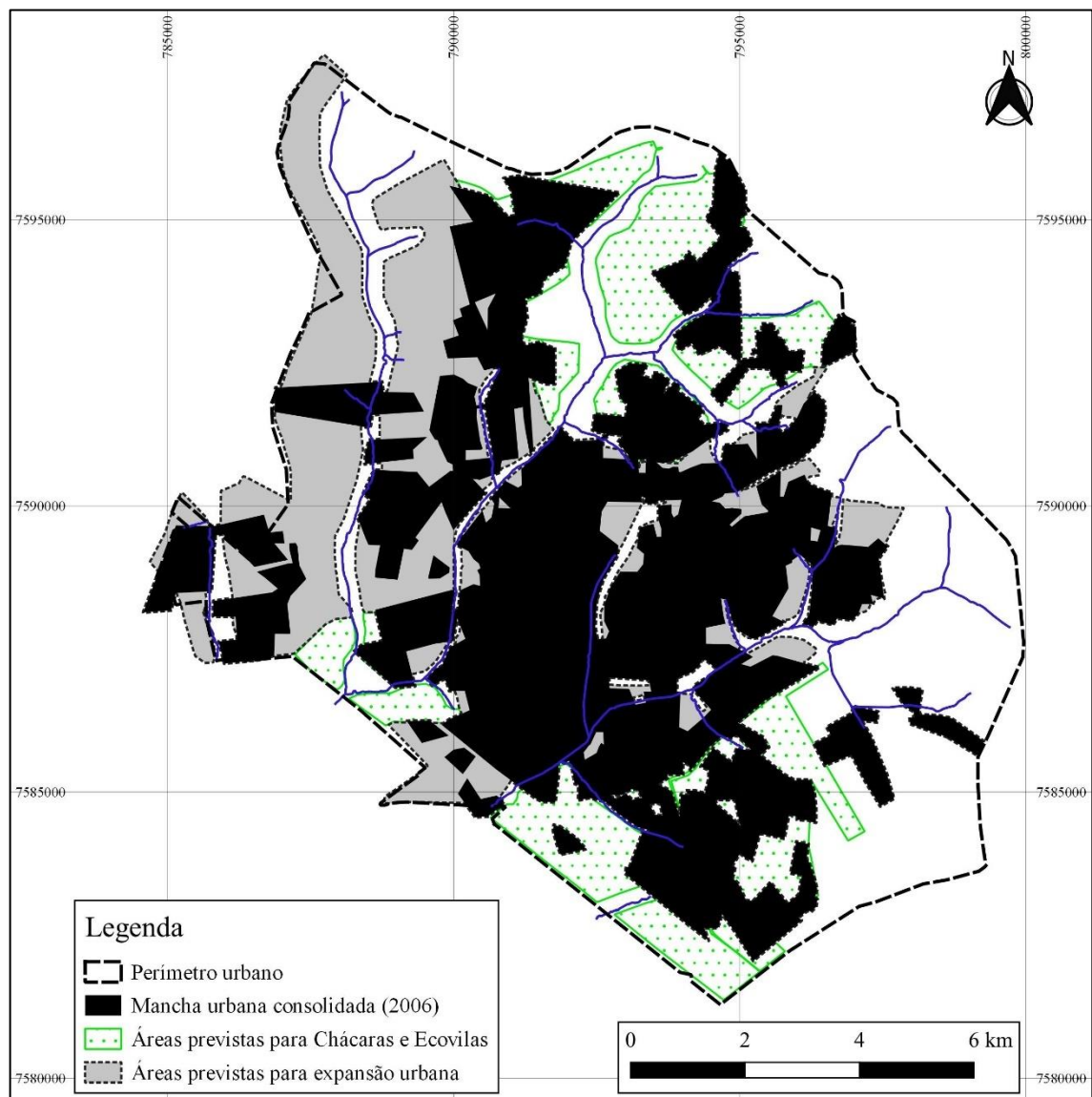


**Fig. 2.** Manchas urbanas das décadas de 1960, 1970 e 1980, e seus menores círculos envolventes  
 Fonte: Elaboração do autor, adaptado de Gonçalves (2010)

Em 1994, quase metade do território urbano era constituído por terrenos ociosos ou vazios, muitos deles vinculados à especulação imobiliária (GONÇALVES, 2010). Em atenção a esse cenário, e no que diz respeito às políticas de desenvolvimento urbano e aos princípios de função social da propriedade da Constituição Federal de 1988, a Lei Complementar municipal (LC) n. 350, de 27 de dezembro (PMA, 2005) instituiu o primeiro Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) pós-Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001).

O PDPDA de 2005 incorporou todos os instrumentos do Estatuto da Cidade de forma articulada (FALCOSKI, 2007), com o objetivo de regular o crescimento urbano e ao mesmo tempo desestimular o crescimento urbano extensivo. Conforme explicitado por Menzori (2018) e Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b), o plano apresentou uma estratégia de contenção da expansão e indução à compacidade urbana (*Infill*) por meio de um zoneamento ambiental urbano de cinturões verdes na orla urbana e corredores verdes ao longo de cursos d'água, ambos em regiões com notórias fragilidades ambientais, com destinações exclusivas a projetos de empreendimentos com grandes lotes (a partir de 2.500 m<sup>2</sup>) relacionados a chácaras de recreio e ecovilas.

Além disso, o plano estabeleceu uma grande Zona Espacial Mista (ZOEMI) com Áreas de Cidade Compacta e Ocupação Prioritária (ACOP), de maior adensamento, assim como Zonas Predominante Residenciais (ZOPRE), amplamente delimitadas na mancha urbana consolidada. Apresentou, também, as Áreas da Cidade de Transição e Expansão Urbana (ACITE) na qualidade de porções do território de menor criticidade ambiental destinadas à expansão da mancha urbana. Na Figura 3 é apresentado o conceito geral simplificado do zoneamento ambiental urbano do PDPDA de 2005.



**Fig. 3.** Conceito geral do zoneamento ambiental urbano do PDPDA de 2005  
 Fonte: Elaboração do autor, adaptado de Menzori (2018)

Entretanto, os resultados de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b) mostraram que a maior parte do crescimento urbano real não estava de acordo com o plano, principalmente a partir de 2009,



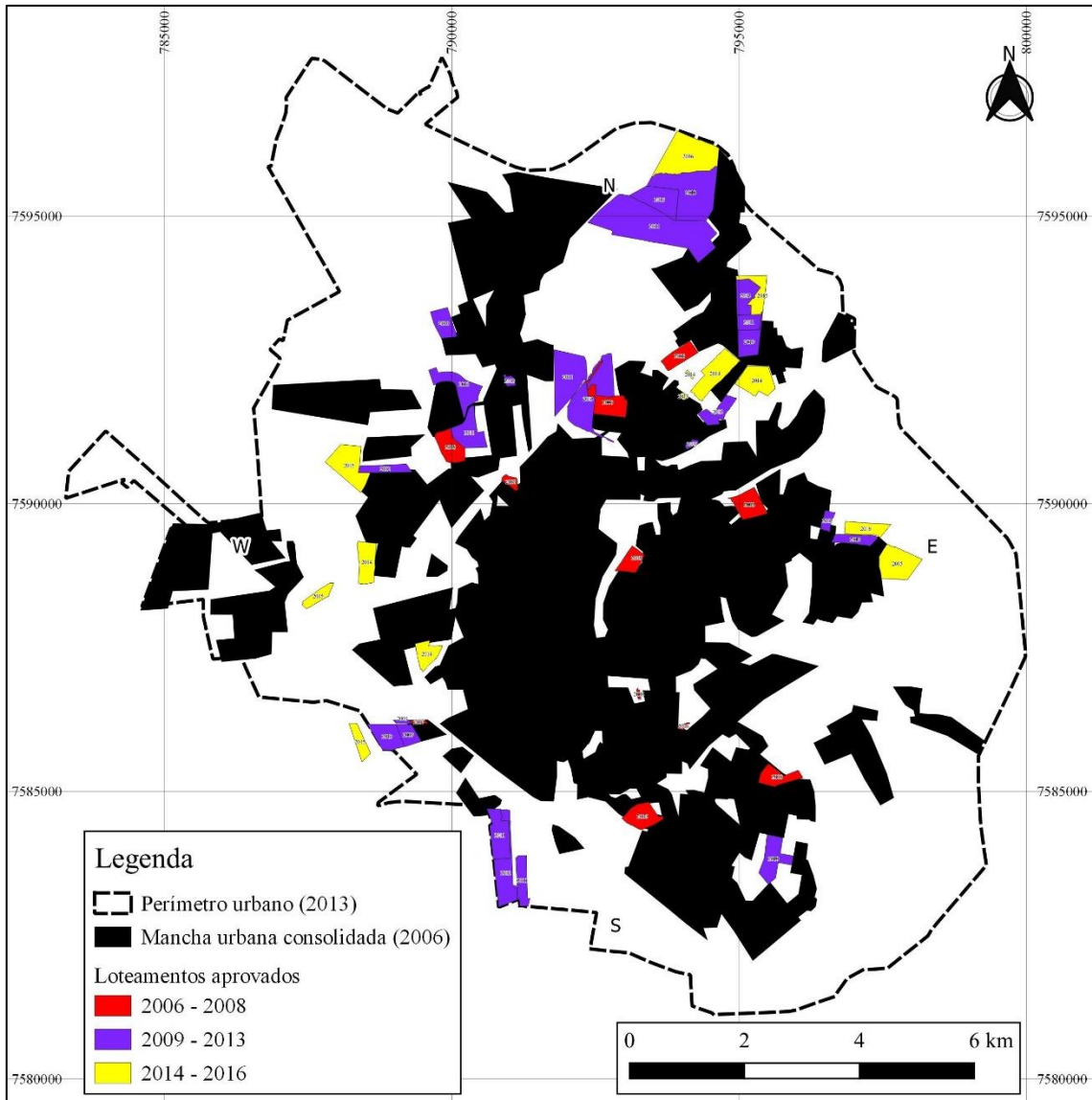
assim como a maior parte das estratégias de contenção do espraiamento urbano foram desconsideradas na revisão do PDPDA em 2014 (PMA, 2014a; 2014b). Nesse contexto, são alçadas análises mais aprofundadas do período 2006 – 2016, de modo a expandir a abordagem em direção a medidas quantitativas mais refinadas sobre os padrões de crescimento urbano, e seus efeitos nas condições ambientais.

#### 4.2.1 Métodos e pré-processamento dos dados

Para avaliar a dinâmica de crescimento urbano de Araraquara, foram realizadas análises espaço-temporais por meio de mapeamento de todos os empreendimentos aprovados entre os anos de 2006 e 2016 (PMA, 2016), assim como dos vazios urbanos intersticiais existentes no ano de 2017 (MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019), por meio do *software* QGIS, versão 3.2.0. No Apêndice A estão dispostos os resultados do georreferenciamento dos dados. A análise GIS foi feita sob a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *Datum* SAD/69 fuso 22. E os dados foram organizados em três períodos consecutivos:

- a) Pós-Plano Diretor de 2005 na mesma gestão municipal (2006-2008);
- b) Pós-Plano Diretor de 2005 a partir da mudança na gestão municipal (2009 - 2013);
- c) pós-Plano Diretor de 2014 na mesma gestão municipal (2014-2016).

A partir disso, foram procedidas análises de distribuição relativa dos loteamentos aprovados nos supracitados períodos (Figura 4), organizadas por quadrante (N, E, S, W); assim como análises de Dispersão pelo índice AWMDI (*Area-Weighted Mean Distance Index*) (Equação 1.1) e de Tipologia de Crescimento Urbano (S) (Equação 1.2), ambas de Xu *et al.* (2007). Ademais, foram realizadas análises de *layout* espacial (GUO, HU, ZHENG, 2020) representadas pelos índices de Eficiência do Controle da Expansão (*Effectiveness of Boundary Control* – ECB) (Equação 1.3) e de Equilíbrio Direcional (*Directional Balance* – DB) (Equação 1.4).



**Fig. 4** Empreendimentos aprovados entre 2006 e 2016  
 Fonte: Elaboração do autor, adaptado de Menzori (2018)

$$AWMDI(j) = \sum_i \left( dij \frac{A_{ij}}{A_j} \right) \quad (1.1)$$

Em que:

$AWMDI_j$  = Índice de distância média ponderada por área de crescimento urbano no período "j";

$d_{ij}$  = distância euclidiana da parcela "i" de crescimento urbano "j" ao centroide urbano;

$A_{ij}$  = Área parcela "i" de crescimento urbano "j"

$A_j$  = Área total de crescimento urbano "j"

$$S = \frac{Lc}{P} \quad (1.2)$$

Em que:

$S$  = Tipologia de Crescimento Urbano;

$P$  = Perímetro das novas parcelas urbanizadas;

$Lc$  = Comprimentos de bordas compartilhadas entre novas parcelas e mancha urbana existente.

Valores S iguais ou superiores a 0,5 são considerados como tipologias de adensamento (*infill*); valores S inferiores a 0,5 são considerados como tipologias de expansão (*extension*); e os valores S iguais a zero representam completa dispersão/desagregação (*leapfrog*).

$$EBC = \frac{NBLO}{NBLI} \quad (1.3)$$

*Em que:*

*EBC = Effectiveness of boundary control;*

*NBLO = Novos loteamentos construídos fora do zoneamento planejado;*

*NBLI = Novos loteamentos construídos dentro do zoneamento planejado.*

$$DB = \frac{NBLO}{NBLI} \quad (1.4)$$

*Em que:*

*DB = Directional Balance;*

*ABLD = Novos loteamentos construídos em um determinado quadrante;*

*PBLD = Zonas planejadas para expansão em um determinado quadrante.*

Os vazios urbanos respeitaram o mapeamento realizado por Menzori, Gonçalves e Kellner (2019), que contempla lotes e glebas urbanas com número de Cadastro Imobiliário, maiores do que 1.000 m<sup>2</sup> e localizados de maneira intersticial à mancha urbana existente (Apêndice W), ou seja, sem exceder os limites já urbanizados e evitando sobrepor áreas com notadas fragilidades ambientais. Essa situação representa um cenário moderado no que diz respeito à quantificação dos vazios, na qualidade de uma estimativa mínima, porém representativa do cenário da mancha urbana consolidada no ano de 2017.

As análises de distribuição espacial contemplaram modelos com variação discreta, que representam fenômenos localizados no espaço e associados a uma representação poligonal homogênea (loteamentos aprovados, lotes vazios, etc.), assim como variação contínua por meio de representação pontual (centroide geométrico de cada loteamento, por exemplo), de modo a explorar se os eventos (aprovações nos períodos) exibem padrões espaciais diferentes do aleatório (CÂMARA *et al*, 2002; PORTUGAL, 2014). Ademais, a partir das distribuições espaciais observadas, foram aplicadas estatísticas descritivas para auxiliar na compreensão dos dados coletados e utilizados (Apêndice U), e também inferenciais (Apêndice V), para auxiliar na dedução dos dados e no relacionamento dos achados da amostra.

Para isso, foram aplicados Testes de Hipótese paramétricos – grupos com distribuições normais – e não-paramétricos – grupos com distribuições não-normais e menores do que 15 (MINITAB, 2021) –, ao nível de significância 5%, assim como Coeficientes de Correlação Produto-Momento (r de Pearson) e Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ).

O Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) é uma medida aplicada para descrever o quanto uma dada variação de um fator é causada por sua correlação com outro fator. O Coeficiente de Correlação de Pearson (r) descreve o grau de relação linear de um fator para com outro. No Quadro 2 são apresentadas as estratificações adotadas para as medidas correlacionais, assim como suas interpretações.

**Quadro 2** – Estratificações adotadas para interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Coeficiente de Determinação

Valores	Força (interpretação)
0,00 – 0,10	Nula ou desprezível
0,10 – 0,30	Correlação fraca
0,30 – 0,60	Correlação moderada
0,60 – 0,90	Correlação forte
0,90 – 1,00	Muito forte ou perfeita

**Fonte:** Adaptado da Tabela 1 de Akoglu (2018, p. 92)

Por fim, considerando que processos de urbanização intensivos e desconformes ao planejamento agravam componentes ambientais críticas e comprometem a noção de desenvolvimento sustentável, e tendo em vista que a região norte da área urbana de Araraquara contemplava praticamente toda extensão das Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais (APRM) delimitadas no PDPDA de 2005, são alçadas análises mais detalhadas sobre as mudanças no uso e ocupação do solo nesta região, e seus impactos nos processos geohidrológicos (PATRA *et al.*, 2018), especificamente relacionados à redução da infiltração e recarga de aquíferos livres, e aumento das vazões máximas de escoamento superficial (BENINI; MENDIONDO, 2015).

Para isso, foi realizado um recorte da microbacia do Ribeirão das Cruzes (na região norte, à montante da represa de captação superficial de águas), de modo a subsidiar análises comparativas entre as vazões máximas de escoamento superficial estimadas para os cenários

dos anos de 2006 e 2017 (Apêndices X e Y), utilizando o Método Racional aprimorado de I-Pai-Wu (Equação 1.5), aplicável para bacias hidrográficas de até 200 km<sup>2</sup> (PMSP, 1999).

$$Q = 0,278 \cdot c \cdot i \cdot A^{0,9} \cdot K \quad (1.5)$$

Em que:

Q = vazão máxima (m<sup>3</sup>/s);

C = coeficiente de escoamento superficial

i = intensidade da chuva (mm/h)

K = coeficiente de distribuição espacial

Os coeficientes volumétricos de escoamento superficial (C2) foram classificados de acordo com os tipos de uso do solo identificados, com valores adotados a partir Wilken (1978, *apud* GAROTTI; BARBASSA, 2010, Tabela 1), e os dados da hidrografia e curvas de nível foram obtidos a partir de MENZORI (2018). A delimitação da microbacia foi realizada por meio de “*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*” (TauDEM), via *software* QGIS.

As declividades por tipo de uso do solo foram extraídas a partir de curvas de nível (MENZORI, 2018), interpoladas por “*Triangulated Irregular Networks*” (TIN), e com médias calculadas por meio de “Estatísticas Zonais”, via *software* QGIS. O coeficiente de distribuição espacial da chuva (K=0,94) foi adotado a partir de PMSP (1999), e a máxima intensidade a partir de DAEE (2016).

Cabe destacar que os métodos adotados não são exaustivos, mas podem ser considerados adequados para os objetivos alçados e compatíveis aos “[...] métodos de análises de dados espaciais cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos” (CÂMARA *et al.*, 2002, p.1), e às limitadas estruturas de dados espaciais disponíveis para uso em SIG.

## 4.3 RESULTADOS

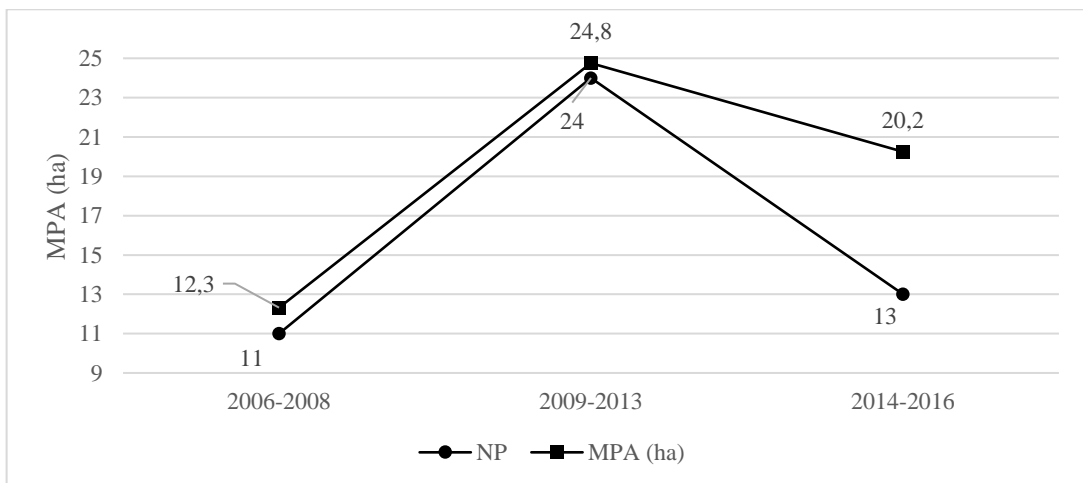
### 4.3.1 Visão geral dos loteamentos aprovados nos períodos

No período de 2006-2008, houve 11 empreendimentos aprovados (Número de Parcelas – NP) com Área Média de Parcelamento (MPA) de aproximadamente 12,3 ha (Figura 5), e uma Distância (Euclidiana) Média Ponderada (AWMRD) de 3,2 Km (do centroide da mancha

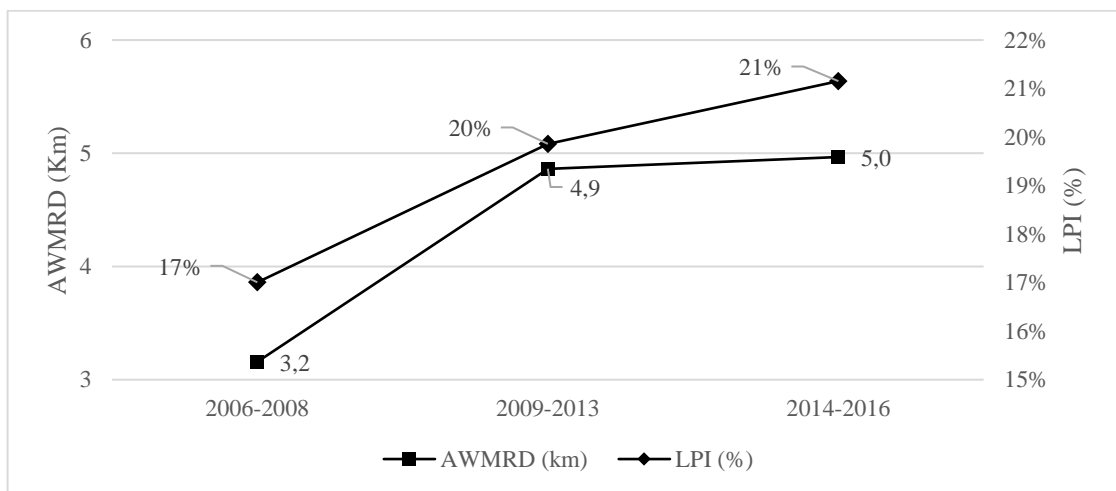
principal até o centroide de cada loteamento), com Índice de Maior Parcela (LPI) de 17% (Figura 6).

O período 2009-2013 apresentou 24 empreendimentos aprovados, com MPA de 24,8 ha, AWMRD de 4,9 Km e LPI de 20%; e o período 2014-2016 apresentou 13 empreendimentos aprovados, com MPA de 20,2 ha, AWMRD de 5,0 Km e LPI de 21%.

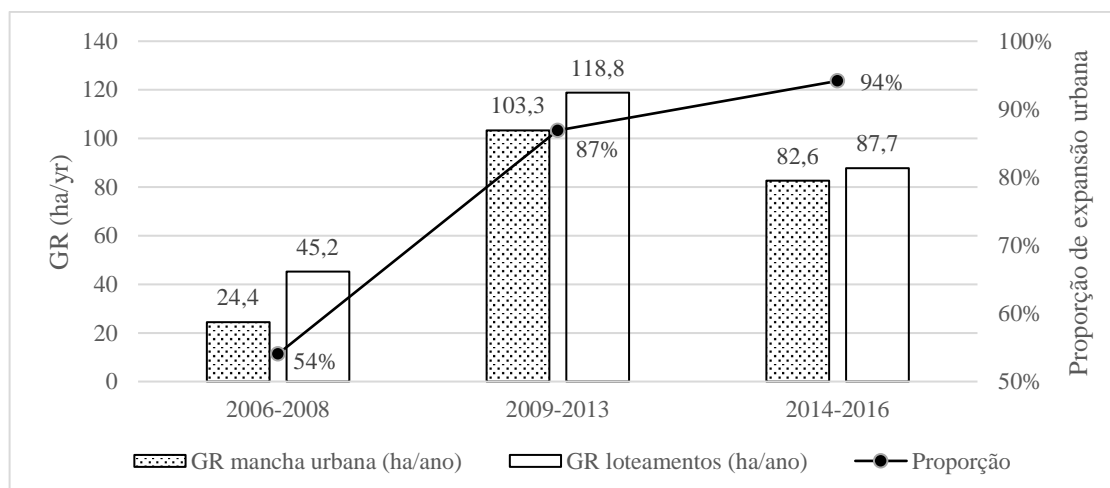
No geral, os loteamentos aprovados entre 2006 e 2008 representaram uma taxa de crescimento (GR) de aproximadamente 45,2 ha/ano. Concomitantemente, no mesmo período, a mancha urbana apresentou um crescimento de 24,4 ha/ano, ou seja, 54% dos loteamentos aprovados acarretaram em expansão da mancha urbana total. Na Figura 7 são apresentados esses resultados.



**Fig. 5** Número de Parcelas (NP) e Área Média de Parcelamento (MPA)  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 6** Distância média ponderada (AWMRD) e Índice de Maior parcela (LPI)  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 7** Taxa de crescimento físico da mancha total e dos loteamentos  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

Basicamente, isso significa que, em média, os loteamentos do período 2009-2013 foram duas vezes maiores e 1,5 vezes mais distantes do centro do que no período anterior. Subsequentemente, embora o período 2014-2016 tenha mostrado um MPA menor do que o período anterior, seu distanciamento médio do centro ainda é um pouco maior. Ademais, ambos LPI (de 2009-2013 e 2014-2016) mostraram aumentos ao longo do tempo. De maneira geral, isso poderia indicar que loteamentos cada vez mais distantes e maiores representaram o crescimento urbano, impactando sobremaneira na expansão da mancha urbana.

Isso porque os resultados do período 2009-2013 mostram uma taxa de crescimento de 118,81 ha/ano (87% dos quais impactaram na expansão urbana), enquanto que o período 2014-2016 mostrou uma taxa de crescimento de 87,72 ha/ano (94% dos quais impactaram na expansão urbana). Isso significa que a grande maioria dos loteamentos aprovados entre 2009 e 2016 impactou muito mais na expansão da mancha urbana, em comparação ao período 2006-2008 que apresentou uma proporção de 54% dos loteamentos incidindo em expansão.

Analisando as distâncias entre centroides dos loteamentos aprovados, que aparentam ter distribuição normal (Apêndice U), é possível afirmar que existem diferenças estatisticamente significativas, tanto pelo teste ANOVA simples ( $p = 0,0057$ ) quanto pelo teste de Kurskal-Wallis ( $p=0,0146$ ) (Apêndice V) – o mesmo não foi observado analisando as áreas dos loteamentos.

E aplicando o teste-t de Student (Apêndice V), é possível inferir que os períodos 2006-2008 e 2009-2013 são estatisticamente diferentes ( $p$ -valor 0,007). Por outro lado, os períodos de 2009-2013 e 2014-2016 não podem ser considerados como estatisticamente diferentes, uma vez que

as distâncias dos loteamentos (grupos) apresentam um valor  $p = 0,958$ . Resultados similares foram observados quando da aplicação do teste U de Mann-Whitney, que não assume normalidade (Apêndice V).

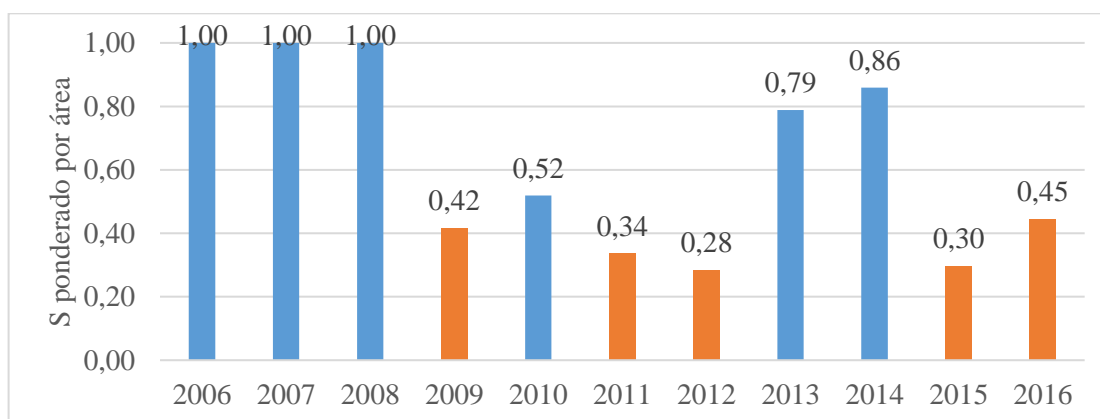
#### 4.3.2 Análise de tipologia dos crescimentos urbanos observados

Diferenças nos padrões de crescimento urbano entre os períodos também podem ser observadas quando da aplicação do índice S de Xu *et al.* (2007). De 2006 a 2008, cada loteamento aprovado resultou em uma tipologia de adensamento ( $S = 1$ ); ao passo que no período 2009-2013 apenas 37% das manchas de crescimento representou adensamento, e no período 2014-2016, menos de 33% representou adensamento.

Isso significa que a maioria das manchas de crescimento entre os anos de 2009 e 2016 representou expansão ou desagregação urbana. Na Tabela 2 são apresentados os percentuais de cada tipologia observada por área; e na Figura 5 são representadas essas tipologias ponderadas por área, e organizadas por ano.

**Tabela 1.** Tipologias de crescimento urbano entre 2006 e 2016  
% de crescimento

<i>Período</i>	<i>Leapfrog</i>	<i>Extension</i>	<i>Infill</i>
<b>2006-2008</b>	0,0%	0,0%	100,0%
<b>2009-2013</b>	11,8%	51,2%	37,0%
<b>2014-2016</b>	7,5%	59,6%	32,9%



**Fig. 8** Índice S ponderado por área, organizado por ano  
Fonte: Elaboração do autor (2021)



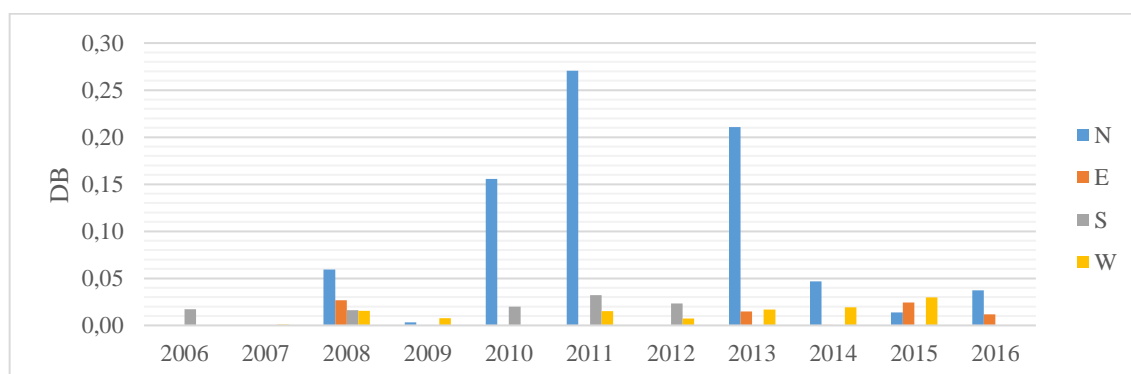
### 4.3.3 Índices de Equilíbrio Direcional e Eficiência no Controle da Expansão

Por meio da aplicação do índice de Equilíbrio Direcional (DB), é possível descrever a relação entre as áreas construídas (loteamentos) e as zonas planejadas para urbanização – representadas na Figura 3, e respeitando as análises de Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b). No geral, foram identificados resultados muito distintos entre os períodos e quadrantes analisados, em que o período 2009–2013 mostrou-se muito mais discrepante, principalmente no quadrante norte.

Na Tabela 2 e Figuras 9 e 10, são apresentados os resultados, por quadrante geográfico e de acordo com cada período observado (e respectivo zoneamento vigente).

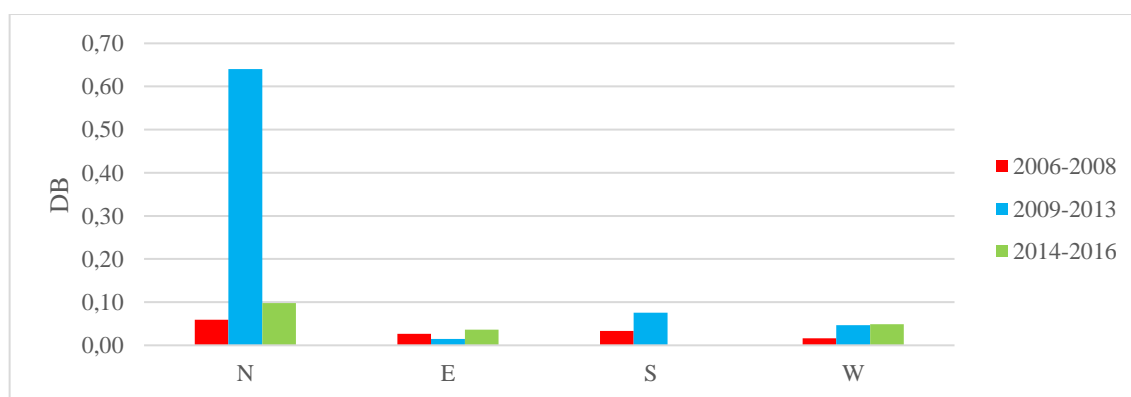
**Tabela 2.** Equilíbrio Direcional de 2006 a 2016

Ano Quadrante	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
N	0.00	0.00	0.06	0.00	0.16	0.27	0.00	0.21	0.05	0.01	0.02
E	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
S	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
W	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00



**Fig. 9.** Equilíbrio Direcional por ano

Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 10.** Equilíbrio Direcional por quadrante por período

Fonte: Elaboração do autor (2021)

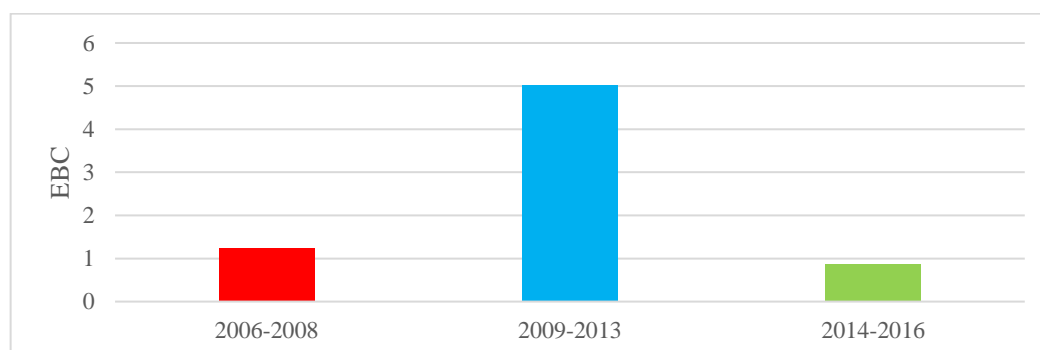
O índice de Eficiência no Controle da Expansão (ECB) descreve a razão entre as áreas construídas (loteadas) em desacordo, pelas áreas construídas em acordo, com o zoneamento planejado. Valores iguais a zero representam total conformidade com o zoneamento (plena eficiência); valores iguais a 1 (um) representam equilíbrio entre conformidades e não-conformidades na localização dos empreendimentos aprovados; e valores maiores do que 1 indicam maiores não-conformidades (maior ineficiência).

Os resultados reafirmam o período 2009-2013 como muito discrepante, como mostrado na Tabela 3 e na Figura 11. Não obstante o menor índice ECB observado no último período, este estaria mais relacionado à flexibilização das regulações do zoneamento do PDPDA de 2014 (MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b) do que associado a um aumento de eficiência.

Embora a taxa de crescimento anual composta (*Compound Annual Growth Rate – CAGR*) da população tenha sido maior no período intermediário, a baixa eficiência no crescimento urbano não pode ser considerada como uma resposta em termos de escassez de terrenos intersticiais à mancha urbana consolidada, mas sim como uma abstenção da estratégia de adensamento (*infill*), tendo em vista a disponibilidade de glebas vazias ou subutilizadas em quantidades suficientes para suprir o crescimento urbano observado (MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

**Tabela 3.** EBC e TCAC da população

	2006-2008	2009-2013	2014-2016
<b><i>EBC</i></b>	1.242	5.024	0.869
<b><i>TCAC população</i></b>	-0.1%	2.2%	1.0%



**Fig. 11.** EBC observados por período  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Mesmo se desprezados os Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) Faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), os indicadores de *layout* espacial permanecem discrepantes tanto no Equilíbrio Direcional (DB) quanto na Eficiência no Controle da Expansão (EBC), em que o período 2009 – 2013 ainda se destaca por sua maior ineficiência, e a predileção pela região norte manteve-se, principalmente a partir de 2009. Nos Apêndices AU e AV são apresentadas as análises de *layout* espacial hipotéticas, desconsiderando os CHIS Faixa 1 do MCMV.

#### 4.3.4 Análises quantitativas dos loteamentos aprovados

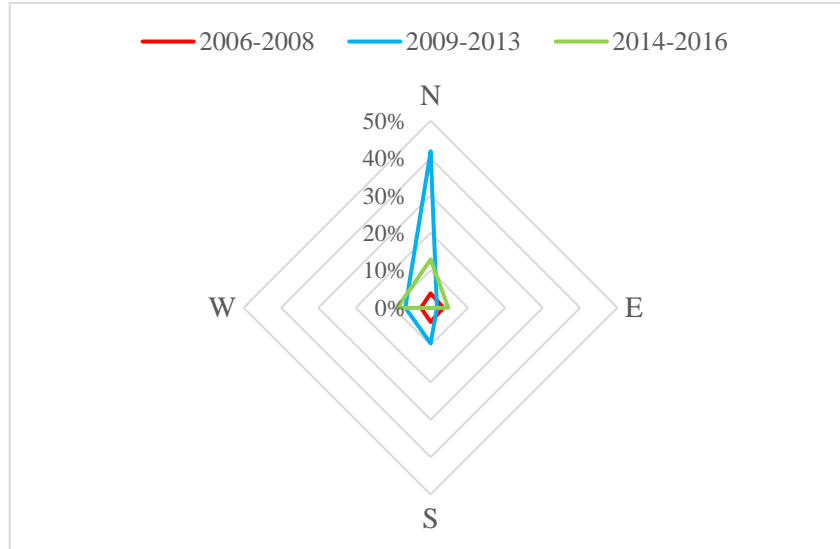
Nesta seção é analisada a distribuição relativa dos empreendimentos aprovados no território, organizada por quadrante da área urbana (N, E, S e W), e considerando individualmente todas as porções do território que tiveram empreendimentos aprovados (polígonos homogêneos), assim como suas informações de ano de aprovação, tamanho e distância a partir do centro (entre centroide da mancha urbana e centroide do loteamento).

Além disso, são realizadas análises correlacionais entre tamanho (área) e distância (dispersão) dos loteamentos aprovados por ano, por quadrante. Busca-se identificar se existem correlações entre área e distância dos loteamentos aprovados, assim como entre a distância dos empreendimentos e seus anos de aprovação.

Em números relativos, a quantidade de área construída (urbanizada) no quadrante norte foi notória nos períodos 2009-2013 e 2014-2016 nos quais, combinados, representaram mais da metade da área total construída em todos os quadrantes e períodos analisados, conforme mostrado na Tabela 4 e Figura 12.

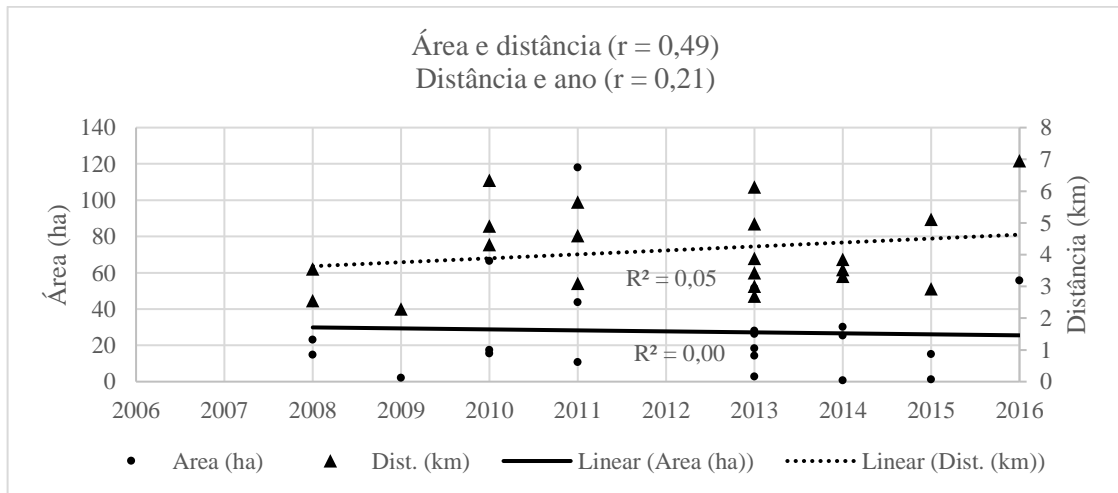
**Tabela 4.** Quantitativos de área de loteamentos aprovados, por período por quadrante, proporcionais à área total loteada no período

<b>Quadrante</b>	<b>2006-2008</b>	<b>2009-2013</b>	<b>2014-2016</b>
Norte	3.81%	41.81%	12.89%
Leste	3.43%	1.70%	4.73%
Sul	3.83%	9.58%	0 %
Oeste	2.58%	6.75%	8.89%



**Fig. 12.** Áreas loteadas relativas por quadrante por período  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

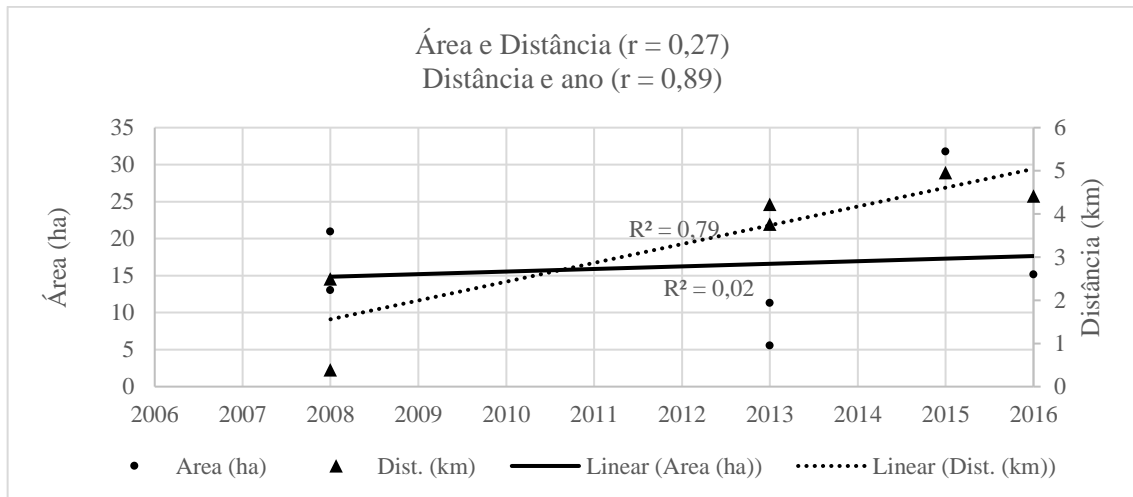
Apesar de apresentar a maior quantidade de área urbanizada, o quadrante norte apresentou Correlação de Pearson moderada entre Área e Distância ( $r = 0,49$ ) com Coeficiente de Determinação nulo ( $R^2 = 0$ ) entre Área e Ano de aprovação; assim como Correlação fraca ( $r = 0,21$ ) com  $R^2$  desprezível (0,05) entre Distância e Ano de aprovação. Na Figura 13 são ilustradas essas relações.



**Fig. 13** Relações entre Área, Distância e Ano de aprovação dos loteamentos no quadrante norte  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

O quadrante leste evidencia uma Correlação fraca entre Área e Distância ( $r = 0,27$ ) com  $R^2$  desprezível (0,02) entre Área e Ano de aprovação. No entanto, descreve uma Correlação forte

( $r = 0,89$ ) com forte Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,79$ ) entre Distância e Ano. Na Figura 14 são ilustradas essas relações.



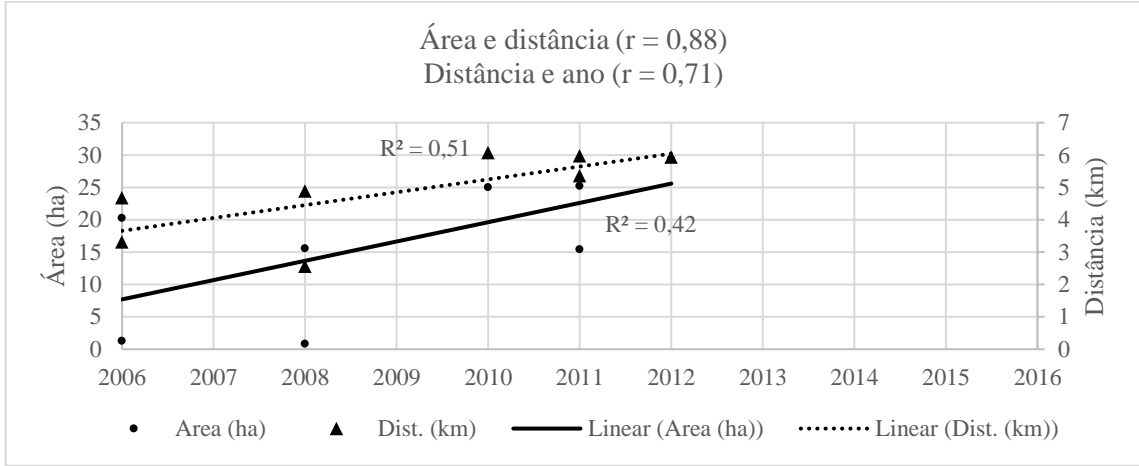
**Fig. 14** Relações entre Área, Distância e Ano de aprovação dos loteamentos no quadrante leste  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Isso significa que maiores Distâncias são observadas ao longo dos anos, mas concerne destacar, todavia, que o quadrante leste apresentou a menor distribuição relativa de loteamentos aprovados nos períodos analisados. Tendo em vista a disposição do centroide urbano adotado, localizado no centro geométrico do perímetro urbano, os quadrantes sul e oeste englobam a maior parte da região central da cidade. Essa particularidade pode representar maiores distâncias observadas nesses quadrantes.

Os loteamentos aprovados no quadrante sul apresentam Correlação forte ( $r = 0,88$ ) entre Área e Distância, com moderado Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,42$ ) entre Área e Ano; assim como Correlação forte ( $r = 0,71$ ) com  $R^2$  moderado (0,51) entre Distância e Ano. Esses resultados indicam que loteamentos de maiores tamanhos foram aprovados a maiores distâncias, assim como maiores distâncias foram observadas ao longo dos anos – apesar de nenhum loteamento ter sido aprovado depois de 2013. Na Figura 15 são ilustradas essas relações.

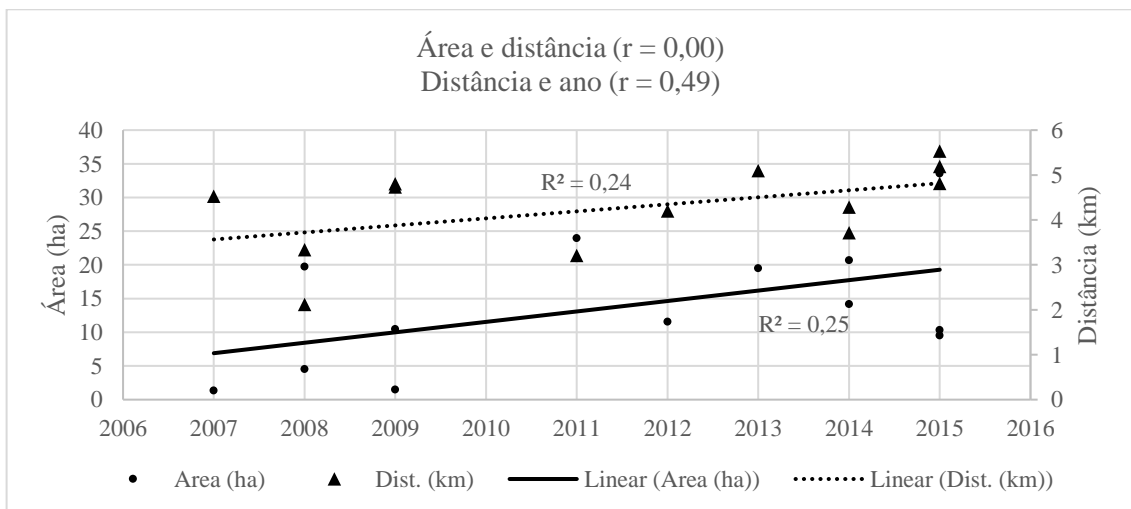
Observando os loteamentos aprovados no quadrante sul, os mesmos evidenciam menores empreendimentos aprovados a distâncias mais curtas, de maneira adjacente a bairros consolidados, assim como condomínios fechados de média e alta renda construídos a maiores

distâncias. Assim sendo, os resultados supracitados poderiam indicar uma transição na região sul, caracterizada por padrões contrastantes de crescimento urbano.



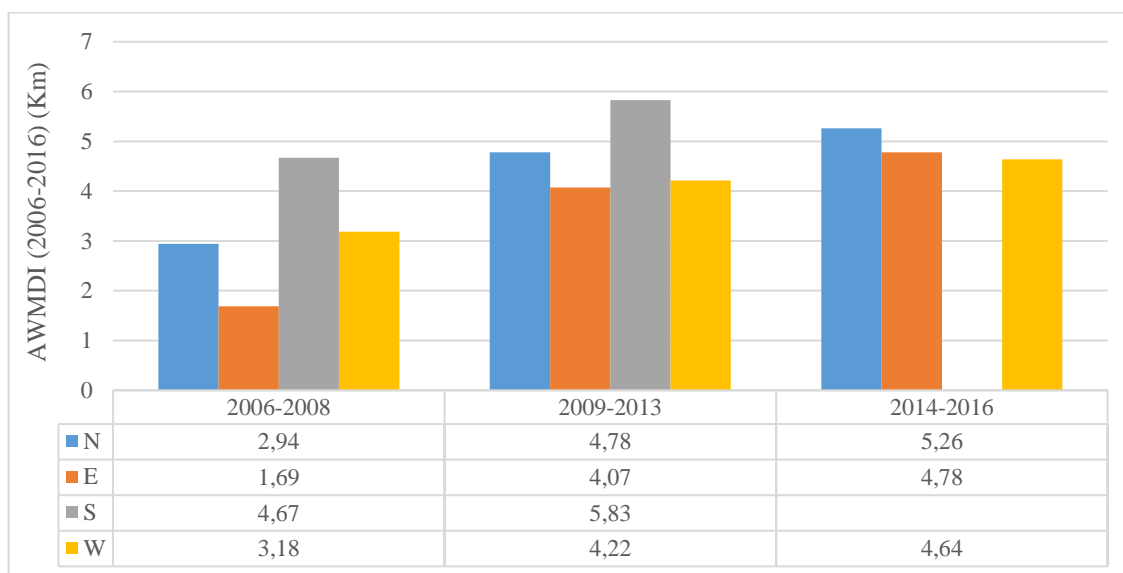
**Fig. 15** Relações entre Área, Distância e Ano de aprovação dos loteamentos no quadrante sul  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Por último, os resultados do quadrante oeste mostram correlação nula ( $r = 0$ ) entre Área e Distância, com  $R^2$  fraco (0,25) entre Área e Ano de aprovação; assim como Correlação moderada ( $r = 0,49$ ) e  $R^2$  fraco entre Distância e Ano. Na Figura 16 são ilustradas essas relações. Pondera-se que a região oeste tem, nos últimos anos, se desenvolvido por meio de empreendimentos comerciais e residenciais fechados para classes sociais de média e alta renda.



**Fig. 16** Relações entre Área, Distância e Ano de aprovação dos loteamentos no quadrante oeste  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Aplicando o Índice de Distância Média Ponderada por Área (AWMDI) (XU *et al.*, 2007), foram procedidas análises correlacionais entre as distâncias médias por período, e os três períodos analisados, conforme ilustrado na Figura 17.



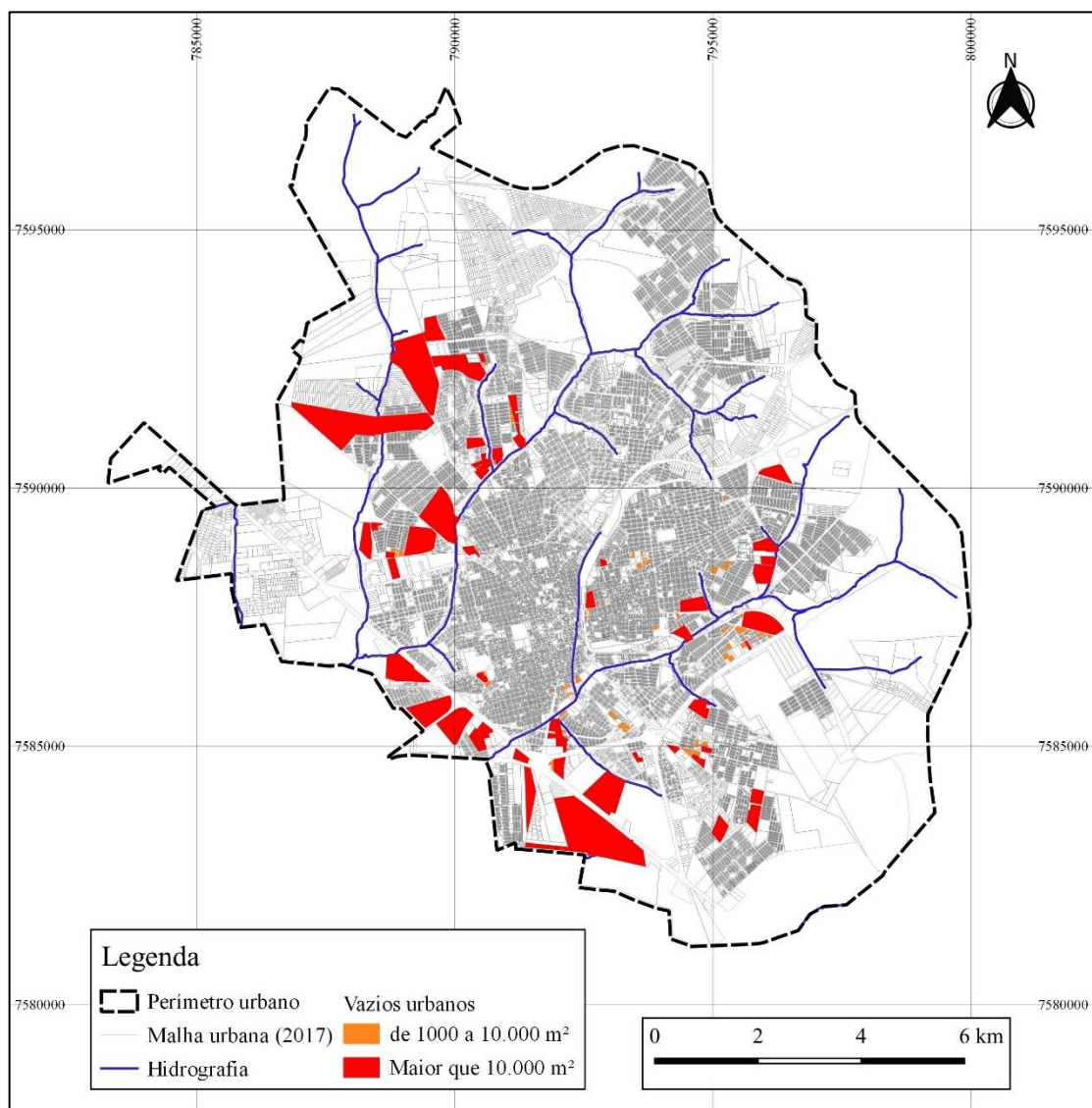
**Fig. 17** Relações entre distância média ponderada e os períodos analisados  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Analisando o AWMDI (2006-2016) na Figura 17, o gráfico mostra padrões ascendentes com Coeficientes de Determinação muito fortes em todos os quadrantes – entretanto, conforme explicitado anteriormente, o quadrante sul teve loteamentos aprovados apenas nos dois primeiros períodos analisados. O quadrante sul mostra um AWMDI 25% maior entre 2009-2013 em comparação ao período anterior; e o quadrante oeste apresenta um AWMDI 32% maior em 2009-2013 em comparação ao período anterior, assim como 10% maior em 2014-2016 em comparação ao período 2009-2013.

No quadrante norte, os loteamentos aprovados no período 2009-2013 tiveram um AWMDI 63% maior do que no período 2006-2008, assim como os loteamentos do período 2014-2016 um AWMDI 10% maior do que o período anterior. Já no quadrante leste, o período 2009-2013 teve um AWMDI 141% maior do que o período 2006-2008, assim como 2014-2016 teve um AWMDI 17% maior do que 2009-2013. Isso significa que, ao longo dos anos, os loteamentos aprovados se mostraram maiores e mais distantes do centroide urbano.

### 4.3.5 Análises dos vazios urbanos

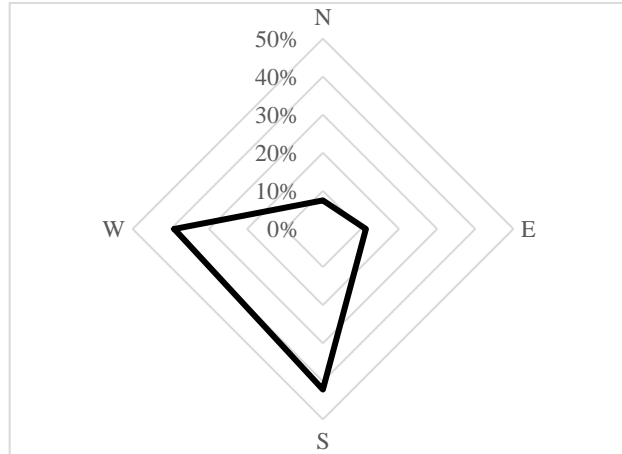
A partir do mapeamento de Menzori, Gonçalves e Kellner (2019), com base em imagens de satélite do ano de 2017 e com auxílio da base cadastral da Prefeitura de Araraquara (PMA, 2017), foram elencados todos os lotes e glebas urbanos maiores do que 1.000 m<sup>2</sup>, vazios ou subutilizados, e inseridos de maneira contígua ou intersticial à mancha urbana consolidada, evitando as regiões de maior criticidade ambiental. Os resultados apontam para uma estimativa de, no mínimo, 845 ha vazios, sendo quase 65% desses constituídos por glebas maiores que 10.000 m<sup>2</sup>. Sua distribuição espacial relativa descreve maiores extensões de vazios urbanos concentradas nos quadrantes sul e oeste, sendo mais reduzidas nas regiões norte e leste. Na Figuras 18 a 23 são ilustradas essas distribuições.



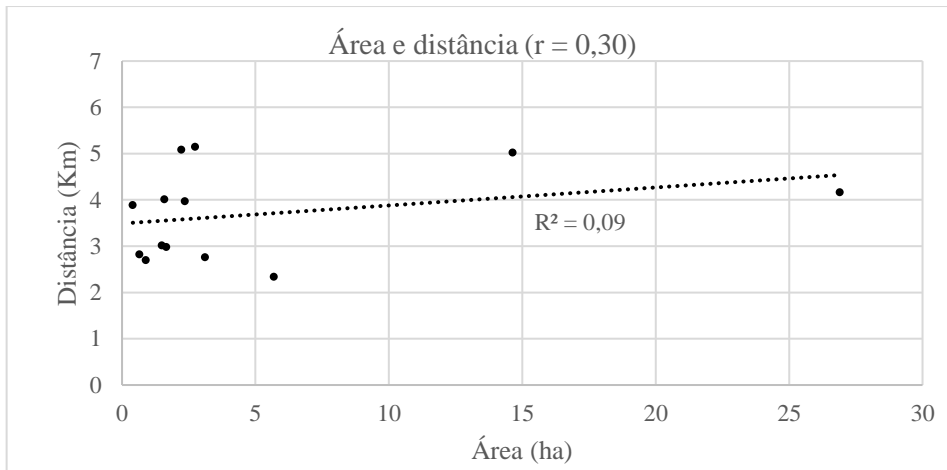
**Fig. 18.** Vazios Urbanos maiores do que 1.000 m<sup>2</sup>

Fonte: Elaboração do autor, adaptado de Menzori, Gonçalves e Kellner (2019)

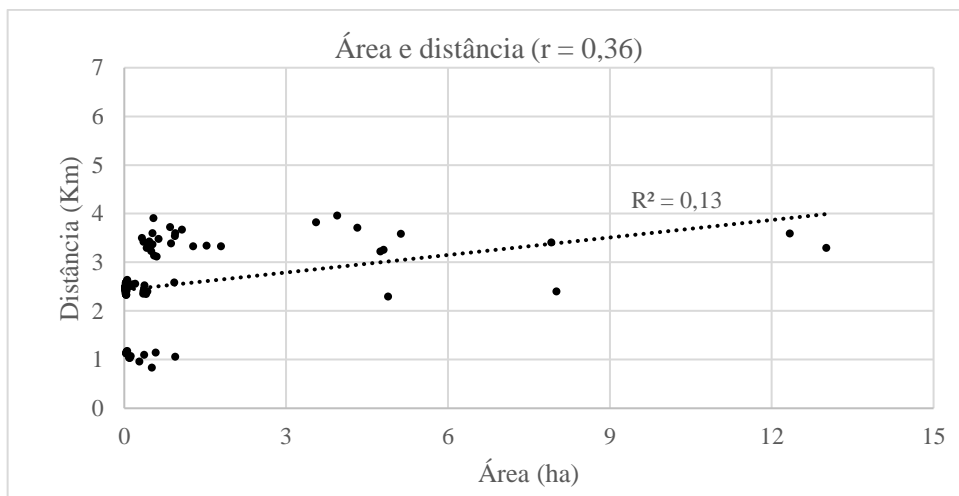




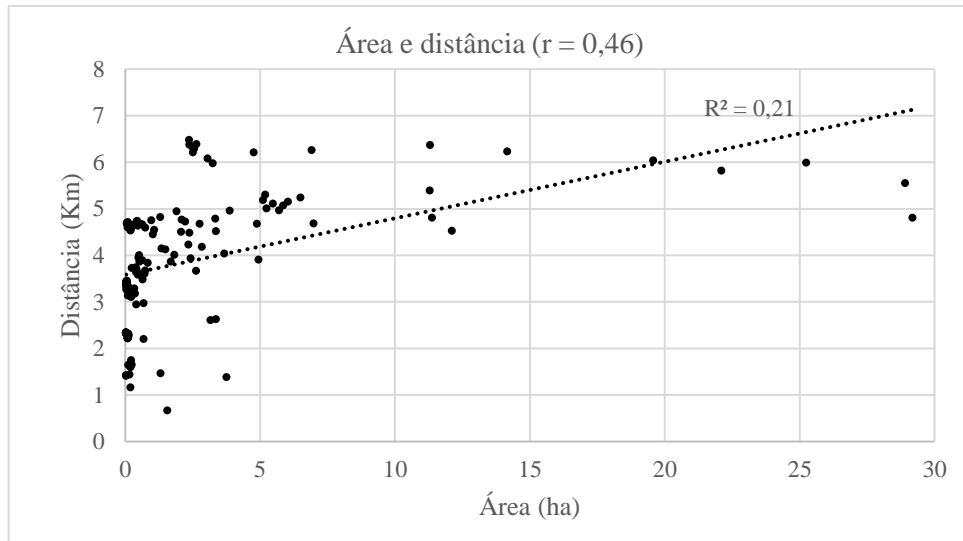
**Fig. 19.** Distribuição relativa dos vazios urbanos  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



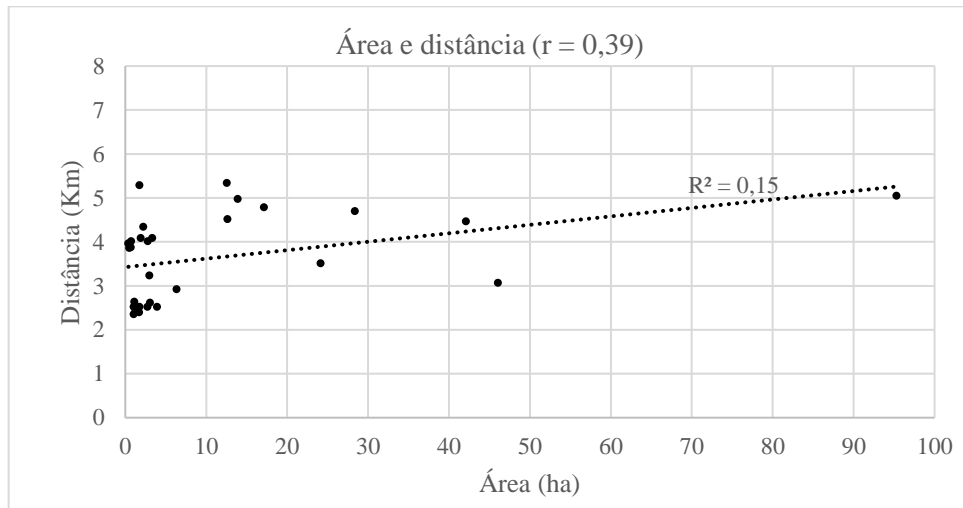
**Fig. 20.** Distribuição relativa dos vazios urbanos no quadrante norte  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 21** Distribuição relativa dos vazios urbanos no quadrante leste  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 22.** Distribuição relativa dos vazios urbanos no quadrante sul  
Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 23.** Distribuição relativa dos vazios urbanos no quadrante leste  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Como descrito na Figura 19, os quadrantes oeste e sul compreendem a maior distribuição relativa em hectares (aproximadamente 81%) de todos os lotes e glebas urbanos vazios ou subutilizados, e contíguos à mancha urbana, entretanto, existe um contraste significativo entre ambas as regiões. O quadrante sul apresentou a maior distribuição desses vazios intersticiais (42% do total em hectares) majoritariamente representados por maiores quantidades de terrenos de menor tamanho (Figura 22), à medida em que o quadrante oeste apresentou 39% da distribuição dos vazios, amplamente representados por menores quantidades de terrenos de grandes dimensões.

A região leste apresentou 11% do total dos vazios (em hectares) e, assim como a região sul, amplamente descritos por terrenos de menor tamanho em grandes quantidades. Como

explicitado anteriormente, os quadrantes sul e oeste englobam a maior parte da região central da cidade, o que poderia justificar a maior presença de lotes vazios de menores dimensões, e reduzida distribuição de grandes glebas contíguas à mancha urbana.

Com distribuição de apenas 8% dos lotes e glebas vazios e intersticiais, a região norte, assim como trechos mais distantes das regiões leste e sul, possuem notórias fragilidades ambientais relacionadas à contaminação e degradação de aquíferos (MENZORI; GONÇALVES; KELLNER, 2019; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). De tal modo que, no PDPDA de 2005, essas áreas constituíam um cinturão verde de APRM para contenção da expansão urbana, destinado a projetos de baixo impacto ambiental representados por chácaras de recreio, ecovilas e produção agrícola sustentável – uma vez que para garantir um crescimento urbano mais sustentável, faz-se necessário restringir tanto a expansão quanto o adensamento (PATRA *et al.*, 2018) em direção a essas áreas.

Entretanto, como observado na Tabela 4 e na Figura 12, a região norte apresentou a maior distribuição relativa dentre os loteamentos aprovados entre 2006 e 2016, principalmente após o ano de 2009, em que 58,5% do total em hectares, de todos os loteamentos, foram aprovados no quadrante norte – em contrapartida, o período 2006-2008 correspondeu a aproximadamente 3,8%. E as regiões oeste e sul, que descreveram as maiores porções de vazios urbanos intersticiais, contemplaram aproximadamente 18% e 14%, respectivamente, do total de hectares ocupados por todos os loteamentos aprovados. Os 10% restantes do total, foram observados no quadrante leste.

#### **4.3.6 Análise da microbacia da região norte**

A represa do Ribeirão das Cruzes (antigamente considerada a principal fonte de abastecimento da cidade) hoje contribui com apenas com 19% do volume abastecido (DAAE, 2017), tendo se deteriorado muito em meio a severos processos de erosão e assoreamento decorrentes da expansão urbana observada na região norte, apontada como principal responsável pela aceleração desses processos na microbacia (SANTOS, 2014; PORTAL MORADA, 2017).

Leite (2017) explicita que os processos de expansão urbana na região norte impactaram profundamente as dinâmicas do Ribeirão das Cruzes, afetando de forma muito negativa “o meio ambiente e a qualidade de vida da população”, assim como os aspectos operacionais e

financeiros dos processos de captação, tratamento e distribuição da água para abastecimento da cidade (PORTAL MORADA, 2017, *online*).

Nesse contexto, e de modo a quantificar (ao menos parcialmente) esses processos observados no quadrante norte da área urbana de Araraquara, são alçadas análises complementares sintéticas dos cenários relativos às ocupações do solo observadas nos anos de 2006 e 2017, estimando os impactos representados por aumentos no escoamento superficial, descritos por meio de cálculos de vazões máximas.

A partir de dados hipsométricos e de hidrografia (extraídos de PMA, 2017; MENZORI, 2018), por meio de delimitação automatizada de bacia utilizando a ferramenta TauDEM, e com base nos dados de PMSP (1999), foram calculadas as informações referentes ao Tempo de Concentração ( $T_c = 97$  minutos), Fator de Forma ( $KF = 3,26$ ) e Coeficiente de Forma ( $C1 = 0,76$ ) da microbacia analisada. A máxima intensidade de precipitação foi adotada a partir da Tabela 4.3 de DAEE (2016), específica para a cidade de Araraquara, por meio de interpolação do valor correspondente à duração ( $t$ ) de 90 minutos ( $T_c \cong t$ ), em um Tempo de Retorno (TR) adotado em 50 anos. Assim, o valor adotado para máxima intensidade de precipitação foi de 68 mm/h.

Tendo em vista os vários tipos de uso observados, os coeficientes volumétricos de escoamento para os cenários de 2006 e 2017 foram obtidos por meio de média ponderada por área (PMSP, 1999). Ademais, considerando que os valores adotados a partir de Wilken (1978, *apud* GAROTTI; BARBASSA, 2010) correspondem a faixas de coeficiente volumétrico de escoamento, os coeficientes *runoff*, ou de escoamento superficial (C), para os cenários de 2006 e 2017, foram calculados tanto para os menores quanto para os maiores valores observados.

Na Tabela 5 é apresentada a classificação dos usos do solo e respectivos coeficientes. Na Tabela 6 são apresentadas as vazões máximas calculadas para os cenários de 2006 e 2017, considerando tanto os menores ( $Q'$ ) quanto os maiores ( $Q''$ ) coeficientes de escoamento superficial adotados. Nos Apêndices H e I estão descritos e ilustrados os procedimentos realizados.

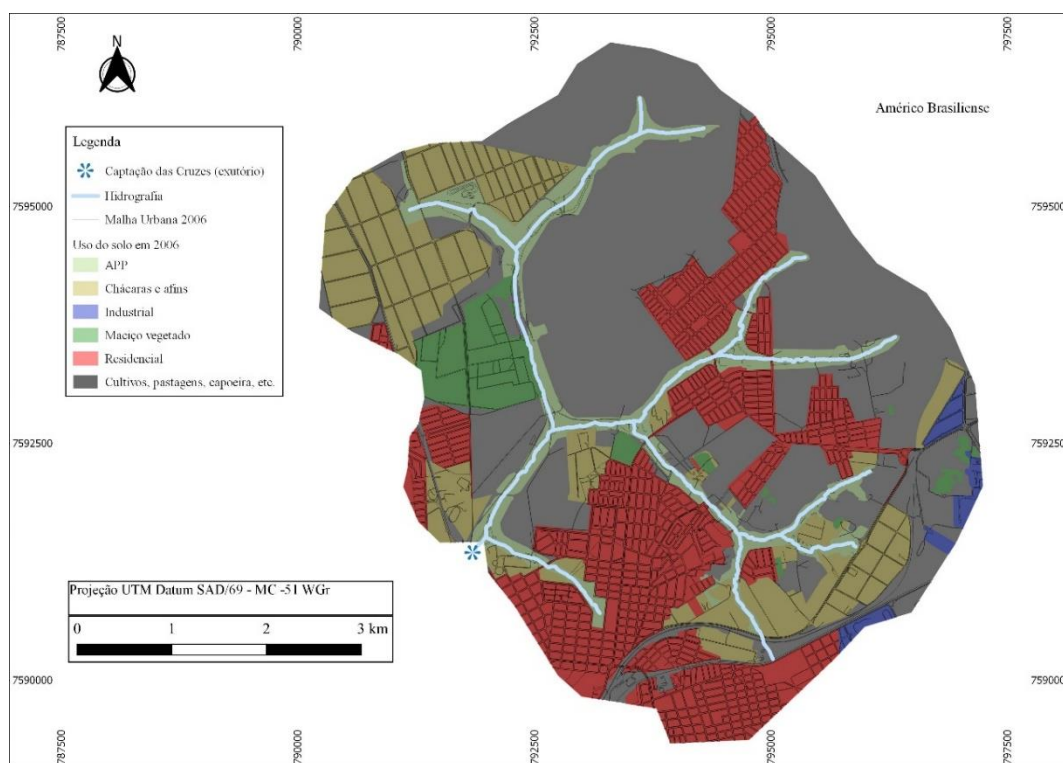
**Tabela 5.** Classificações de uso do solo e respectivos coeficientes *runoff*

Tipo de USO	Declividade Média (%)	Coef. Vol. (C2)	Área (m <sup>2</sup> )		Variação
			2006	2017	
<b>APP</b>	3,0	0,05 - 0,20	3191266	3191266	0,0%
<b>Chácara e afins</b>	3,4	0,05 - 0,20	5513889	5686135	+3,1%
<b>Industrial e afins</b>	3,1	0,25 - 0,50	383150	383150	0,0%
<b>Maçiços Vegetados</b>	4,6	0,05 - 0,20	1351554	792047	-41,4%
<b>Loteamentos</b>	3,2	0,70 - 0,95	8264299	12115742	+46,6%
<b>Cultivos / Pastagens / Capoeira</b>	3,4	0,05 - 0,20	14361182	10897000	-24,1%
<b>Extensão da Hidrografia (metros)</b>			21145		

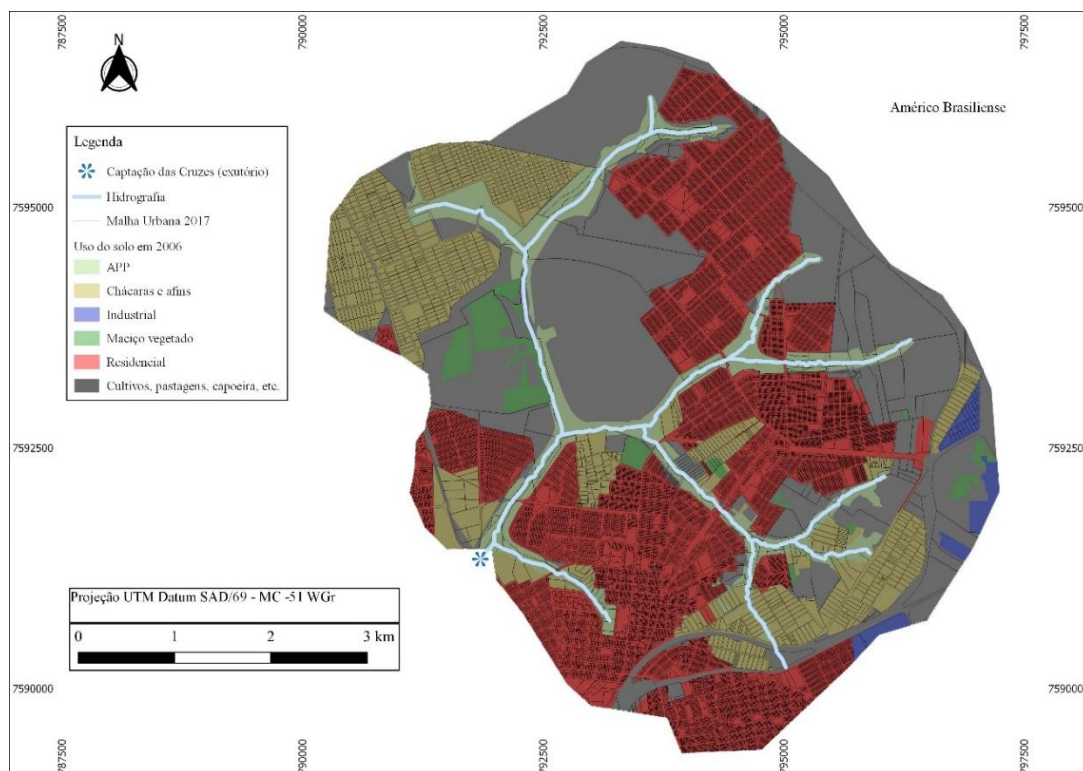
**Tabela 6.** Vazões máximas estimadas para os cenários de 2006 e 2017

Cenário	Coeficiente Runoff (C')	Vazão Max. (Q') m <sup>3</sup> /s	Variação	Coeficiente Runoff (C'')	Vazão Max. (Q'') m <sup>3</sup> /s	Variação
<b>2006</b>	0,133	54,56	<b>+35,3%</b>	0,241	99,30	<b>+22,3%</b>
<b>2017</b>	0,179	73,79		0,295	121,49	

Nas Figuras 24 e 25 são contemplados ambos os cenários de uso e ocupação do solo, dispostos na microbacia delimitada.

**Fig. 24.** Microbacia e uso/ocupação do solo em 2006

Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 25.** Microbacia e uso/ocupação do solo em 2017  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

A partir da comparação realizada entre os cenários de 2006 e 2017, é possível estimar um aumento na vazão máxima de escoamento entre 22,3% e 35,3%, decorrente das alterações no uso e ocupação do solo, com impactos diretos no “[...] aumento do movimento de águas superficiais, além de diminuição da recarga dos aquíferos” (BENINI; MENDIONDO, 2015, p.212). Isso porque com o solo impermeabilizado, parte das águas pluviais que antes infiltravam e contribuía com a recarga do aquífero livre, passa a escoar superficialmente com maior velocidade e menor resistência, em função da falta de vegetação para retardar o escoamento (MELLO, 2005; BENINI; MENDIONDO, 2015). Isto representa maiores vazões máximas de escoamento (como observado nos resultados) e, conseqüentemente, agravamento de erosões, assoreamentos e enchentes urbanas.

Leite (2017, *online*) explicita que esses processos de expansão ocorreram em desacordo “[...] com um plano diretor moldado em anos de debate, envolvendo toda a comunidade [...]”, e proporcionaram o “[...] favorecimento de poucos em detrimento de muitos [...]”. Esse favorecimento está relacionado a processos de especulação imobiliária, com ociosidade de áreas dotadas de centralidade em contraposição a extensos processos de crescimento espreado em que, na maioria das vezes, os mais pobres são prejudicados com a precariedade de

infraestrutura, equipamentos e serviços urbanos, sem contar os impactos ambientais inerentes (*Ibid.*).

#### **4.4 CONCLUSÃO**

No âmbito do desenvolvimento urbano sustentável, as estratégias apresentadas e introduzidas no PDPDA de 2005, objetivavam estabelecer padrões de crescimento urbano mais equilibrados e ambientalmente sustentáveis, por meio da promoção da compactidade urbana – impulsionada pela efetivação da função social dos vazios urbanos –, assim como da contenção do espraiamento urbano sobre áreas ambientalmente frágeis – por meio de um zoneamento ambiental urbano de cinturões verdes na orla urbana e corredores verdes junto às redes hídricas.

Durante seus três primeiros anos de vigência (2006 – 2008), as análises evidenciam um padrão de crescimento intersticial à mancha urbana consolidada, com menor taxa de expansão urbana, distribuição espacial mais homogênea e com menores índices de dispersão e não-conformidade. Entretanto, a partir de 2009, o crescimento urbano foi marcado por uma heterogeneidade espacial, com loteamentos maiores e cada vez mais dispersos.

Como observado nos resultados, os intervalos 2009–2013 e 2014–2016 (Períodos B e C), apresentaram uma distribuição espacial dos loteamentos com alta concentração em regiões específicas (quadrante norte), maior dispersão, fragmentação e expansão dos limites da mancha urbana, caracterizadas por uma baixa eficiência na regulação do crescimento urbano, principalmente na região norte. Apesar de essa concentração ser atribuída, em grande parte, aos CHIS Faixa 1 do MCMV aprovados a partir de 2010, os demais contrastes nos padrões espaciais observados se mantêm mesmo quando desconsiderados esses CHIS da classificação das tipologias do crescimento urbano (como descrito no Capítulo 3) e, mais do que isso, estão presentes no contexto urbano como um todo – e não apenas limitados ao quadrante norte.

Não obstante o período 2014–2016 demonstrar maior conformidade entre planejamento e crescimento observado, esta estaria mais associada às desregulações estabelecidas pela revisão do PDPDA em 2014, do que a efetivos ganhos de eficiência em prol da compactidade e redução do espraiamento urbano – isso se torna ainda mais evidente quando da análise dos impactos na microbacia da região norte (Ribeirão das Cruzes), com aumentos na vazão máxima de escoamento (e consequentes reduções na recarga do aquífero livre) estimadas entre 22% e 35%, em um intervalo de pouco mais de uma década – nesse sentido, as transformações no uso e

ocupação do solo motivadas no âmbito do MCMV foram sobremaneira significativas, considerando as largas extensões e os graus de adensamento desses CHIS em uma porção do território com notórias fragilidades ambientais.

A partir das constatações deste estudo, é possível inferir que existiram distintos padrões de crescimento urbano observados, a partir da implementação de planos por parte de distintas administrações municipais de alinhamentos contrastantes. Isso é manifesto não apenas em função das distribuições relativas, correlações e testes de hipótese observados, que reiteram padrões espaciais que se distinguem do aleatório, mas também em função da própria revisão do PDPDA em 2014, que possivelmente expressa uma postura de implementação de planos (no âmbito da gestão territorial) mais alinhada com a agenda política da administração municipal dos Períodos B e C – e contraditória ao PDPDA de 2005 e suas estratégias de crescimento urbano mais sustentável.



## **CAPÍTULO 5 – ANÁLISES ESPACIAIS E QUANTITATIVAS DO VALOR DA TERRA E PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO POR APRENDIZAGEM SUPERVISIONADA**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

No Brasil, os processos de crescimento urbano devem respeitar os atos administrativos manifestos pelos planos diretores, de modo a regular e orientar o desenvolvimento local com vistas à efetivação da função socioambiental da propriedade e da cidade, no âmbito do desenvolvimento urbano sustentável (JABAREEN, 2008; FIORETTI *et al.*, 2020). Entretanto, a realidade nas cidades brasileiras evidencia padrões de gestão territorial desconformes ao desenvolvimento sustentável e socialmente equilibrado, com cenários de expansão urbana dissociados do crescimento populacional e negligentes às condicionantes ambientais do meio físico, mas que favorecem processos de especulação imobiliária (BRAGA, 2016) – principalmente por meio de estratégias expansionistas e retenção de vazios urbanos para fins de valorização (GONÇALVES, 2010).

Tomando como exemplo o estudo realizado por Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b), que identificou diferenças entre a estrutura dos planos e o crescimento urbano observado durante diferentes administrações municipais de alinhamentos políticos contrastantes, são alçadas análises complementares sobre o crescimento urbano observado. A proposta reside na identificação de padrões relacionados às valorizações do preço da terra, e suas relações com os padrões de gestão territorial identificados pelos autores (*Ibid.*).

Ademais, é alçada uma proposta de classificação dos crescimentos urbanos observados em três períodos (2006–2008, 2009–2013 e 2014–2016), por meio de um sistema de aprendizagem de máquina supervisionado<sup>10</sup> representado por um dos classificadores de árvore de decisão mais populares (OKADA; NEVES; SHITSUKA, 2019). A partir disso, busca-se generalizar os conceitos principais por trás das variáveis observadas em cada período (classes), de modo a distinguir e evidenciar seus principais padrões espaciais e de valorização do preço da terra.

---

<sup>10</sup> “Programa capaz de induzir uma descrição de um conceito a partir de um conjunto de exemplos previamente conhecidos e rotulados com suas respectivas classes” (BARTH, 2015, *online*).

## 5.2 MATERIAIS, MÉTODOS E ÁREA DE ESTUDO

As análises dos valores da terra e valorização média contemplaram modelos com variação contínua, por método determinístico de efeitos locais – interpolação de amostras mais próximas –, e representações pontuais homogêneas – centroide geométrico de cada loteamento aprovado (CÂMARA *et al*, 2002; PORTUGAL, 2014). Além de modelos com variação discreta, associada a uma representação poligonal homogênea dos loteamentos aprovados, com estimativas médias (AWMLV) dos valores venais e valorizações da terra nua por meio de índice ponderado por área (Equação 1.1), de modo a explorar se os eventos (aprovações de loteamentos) exibem padrões espaciais diferentes do aleatório (CÂMARA *et al*, 2002; PORTUGAL, 2014).

$$AWMLV(ij) = \sum_i \left( v_{ij} \frac{A_{ij}}{A_j} \right) \quad (1.1)$$

*Em que:*

$AWMLV(ij)$  = Índice de valor médio (ou valorização) da terra de crescimento urbano “i” no período “j”

$v_{ij}$  = Valor médio (ou valorização) da parcela “i” de crescimento no período “j”;

$A_{ij}$  = Área da parcela “i” do crescimento urbano no período “j”

$A_j$  = Área total de crescimento urbano no período “j”

A partir da Lei Complementar (LC) nº 6502/2006 (ARARAQUARA, 2006), assim como da LC nº 882/2017 (ARARAQUARA, 2017; MENZORI, 2018), foram procedidas as especializações das Plantas Genérica de Valores (PGV) referentes ao primeiro ano do primeiro período (2006) e imediatamente após o último ano (2016) do último período analisado. Ademais, de modo a corroborar o cenário representado pela PGV de 2017 (mais atual), foram alçadas avaliações mercadológicas sintéticas, por meio de 189 amostras de preços de terrenos sem benfeitorias (Apêndice Z), obtidas a partir de ofertas divulgadas pelas principais<sup>11</sup> imobiliárias da cidade de Araraquara, durante a terceira semana do mês de janeiro de 2018.

Os valores foram interpolados por meio de *Triangulated Irregular Networks* (TIN), e as comparações entre distribuições espaciais foram realizadas por meio da Calculadora *Raster*, ambas utilizando o *software* QGIS, versão 3.2. Os índices de valorização (Equação 1.2) foram analisados por meio de Estatísticas Zonais (*software* QGIS), de modo a obter índices médios de valorização por área observada. Apesar de existir uma legislação intermediária (LC nº

---

<sup>11</sup> Integrantes da Rede Imobiliária de Araraquara.

856/2014), essa não foi adotada pois refere-se a um simples reajuste de 6,5% da LC nº 6502/2006 (FALCOSKI *et al.*, 2018), ou seja, não compreendeu avaliação mercadológica.

$$i (\%) = 100 * \left( \frac{V_2}{V_1} - 1 \right) \quad (1.2)$$

*Em que:*

*i = Índice de valorização;*

*V2 = Valor final;*

*V1 = Valor inicial.*

Os períodos analisados respeitaram o estabelecido desde o Capítulo 3, e caracterizam subdivisões de períodos de implementação de planos, representados pelos anos 2006 a 2008 (administração do Período A com implementação do PDPDA de 2005) e 2009 a 2013 (mudança da administração no Período B com implementação do PDPDA de 2005) (PMA, 2005); assim como 2014 a 2016 (administração do Período C com implementação da revisão do PDPDA de 2014) (PMA, 2014a; 2014b). Para fins de comparação entre as valorizações observadas, foi adotada a média aritmética das variações percentuais dos principais índices financeiros do Brasil, observados no período de 01/01/2006 até 31/12/2017, e representados no Quadro 1.

<b>Índice financeiro</b>	<b>Variação</b>
Índice Nacional da Construção (INCC-DI)	119,49%
Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)	94,68%
Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC)	94,63%
Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)	93,06%
<b>Média</b>	<b>100%</b>

**Quadro 1** – Variações percentuais dos principais índices entre 01/01/2006 e 31/12/2017

Fonte: Elaboração própria.

Ademais, a partir das distribuições espaciais observadas, foram aplicadas estatísticas descritivas para auxiliar na compreensão dos dados coletados e utilizados (Apêndices H e I), e também inferenciais (Apêndice AB), para auxiliar na dedução dos dados e no relacionamento dos achados da amostra. Para isso, foram aplicados Testes não-paramétricos nos grupos com distribuições não-normais e menores do que 15 amostras (MINITAB, 2021), ao nível de

significância 5%, assim como Coeficientes de Correlação Produto-Momento ( $r$  de Pearson) e Coeficientes de Determinação ( $R^2$ ).

O Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) é uma medida aplicada para descrever o quanto uma dada variação de um fator é causada por sua correlação com outro fator. O Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ) descreve o grau de relação linear de um fator para com outro. No Quadro 2 são apresentadas as estratificações adotadas para as medidas correlacionais, assim como suas interpretações.

**Quadro 2** – Estratificações adotadas para interpretação do Coeficiente de Correlação de Pearson e do Coeficiente de Determinação

Valores	Força (interpretação)
0,00 – 0,10	Nula ou desprezível
0,10 – 0,30	Correlação fraca
0,30 – 0,60	Correlação moderada
0,60 – 0,90	Correlação forte
0,90 – 1,00	Muito forte ou perfeita

**Fonte:** Adaptado da Tabela 1 de Akoglu (2018, p. 92)

Por fim, foi alçada uma proposta de classificação do crescimento urbano por período, utilizando um dos classificadores de árvore de decisão mais populares (OKADA; NEVES; SHITSUKA, 2019), representado pela implementação J48 do algoritmo C4.5 de J. Ross Quinlan, por meio do software “*Waikato Environment for Knowledge Analysis*” (WEKA). O intuito é permitir que o algoritmo “interprete” o conceito geral por trás dos dados, e classifique-os dentre os três períodos analisados a partir das variáveis observadas: área, dispersão e valorização (Apêndice AE), de modo a distinguir e evidenciar os principais padrões espaciais e de valorização atribuídos para cada período.

### 5.2.1 Área de estudo

Araraquara é uma cidade localizada no interior do Estado de São Paulo, a 270 km da capital. Possui população estimada em 227.681 habitantes, e uma taxa de urbanização estimada em 97% (SEADE, 2020). Depois de mais de uma década após a instituição do primeiro Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) (PMA, 2005) pós-Estatuto

da Cidade e PGV correspondente (ARARAQUARA, 2006), o município realizou uma atualização dos valores venais “[...] contendo o recadastramento imobiliário e a atualização cartográfica e digital, [...] por meio da contratação de empresa autorizada pelo Município por edital de licitação pública no ano de 2017” (FALCOSKI *et al.*, 2018, p.4).

A LC nº 882 (ARARAQUARA, 2017), estabelecida no final do ano de 2017, contemplou um processo de avaliação mercadológica por meio da determinação de amostras de preços e zonas homogêneas na cidade de Araraquara. De modo a corroborar essa homogeneização e validar a adoção da PGV2017 para os fins deste estudo, foram alçadas análises por meio de pesquisas de preços de lotes urbanos sem benfeitorias, ofertados na Rede Imobiliária de Araraquara em janeiro de 2018.

### 5.3 RESULTADOS

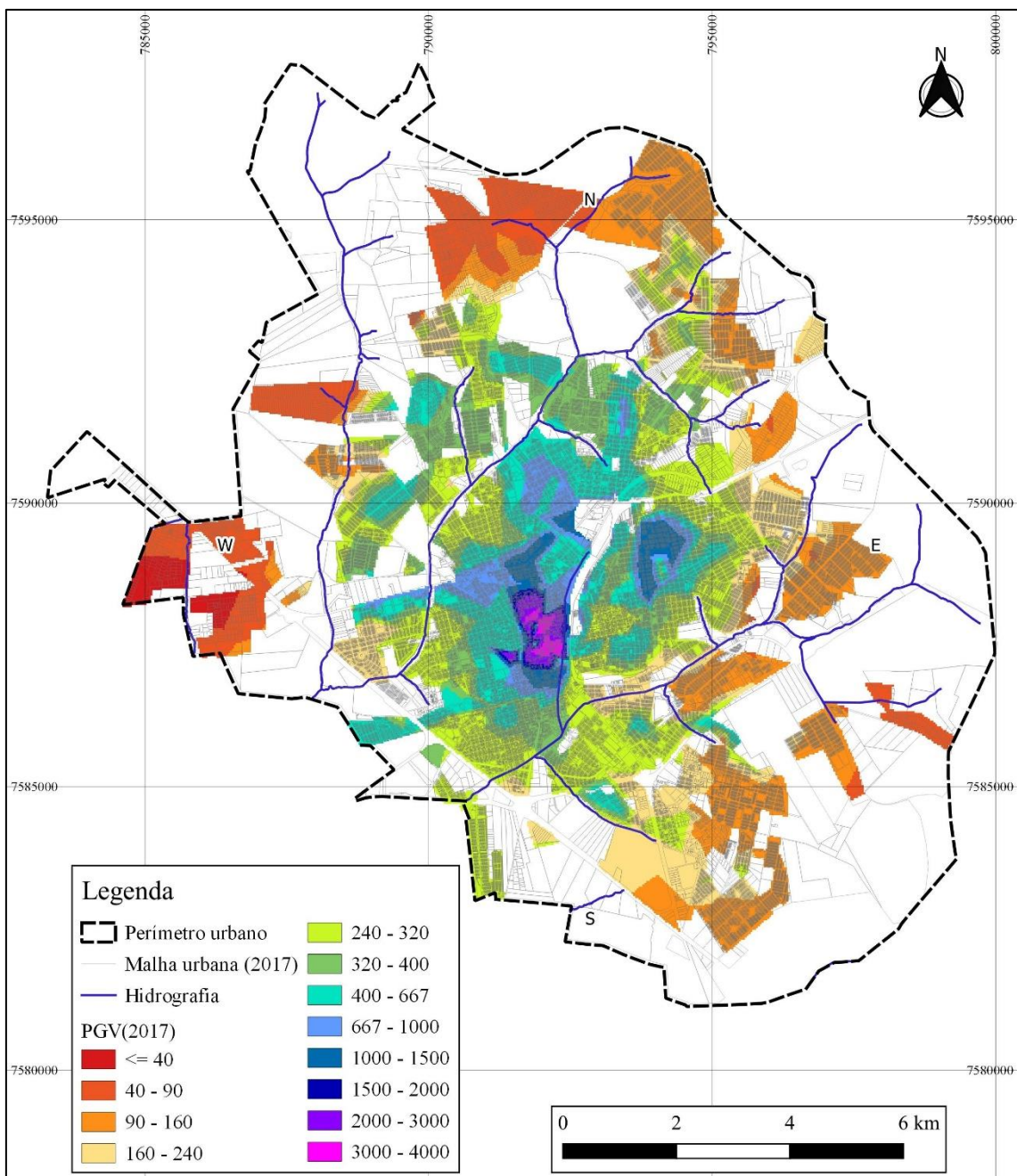
Por meio da comparação da distribuição espacial entre os valores constantes na PGV2017, e os valores observados e avaliados<sup>12</sup> por bairros urbanos, buscou-se identificar o grau de representatividade da PGV em relação aos preços praticados no mercado, por meio da razão entre a espacialização da LC nº 882/2017 e a interpolação dos preços médios homogeneizados por bairro (Apêndice Z).

Analisando as espacializações, observa-se que a PGV2017 apresenta valores sobremaneira inferiores aos praticados no mercado para os lotes mais periféricos, e consideravelmente superiores em alguns pontos isolados na região central, eixos comerciais e de mobilidade, e bairros mais tradicionais como a Vila Xavier. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as espacializações da PGV2017 e da interpolação dos preços homogeneizados, respectivamente, em R\$ / m<sup>2</sup>.

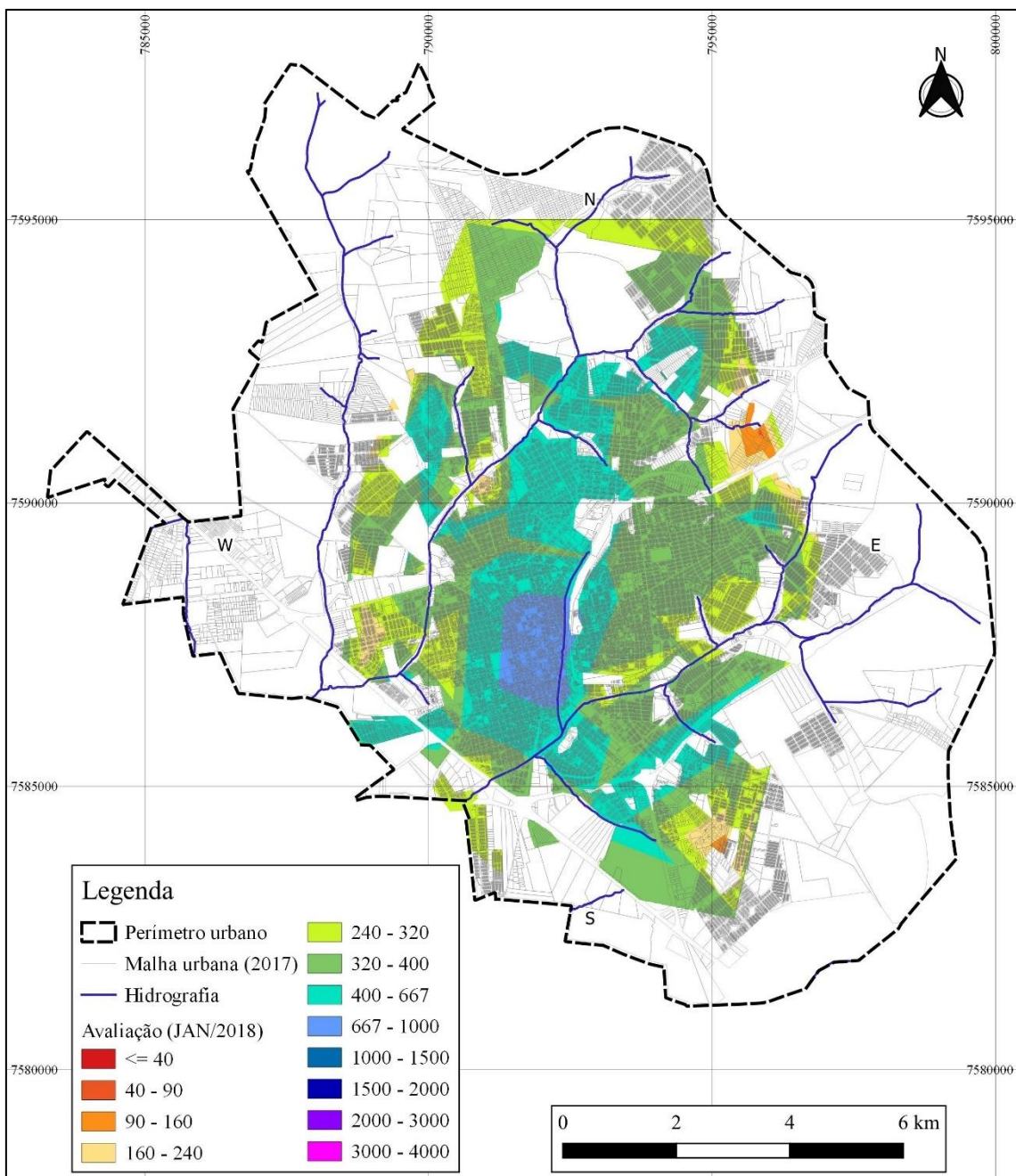
As maiores discrepâncias observadas no Centro, eixos comerciais e bairros mais antigos poderiam ser justificadas pela reduzida disponibilidade de terrenos vazios – tendo em vista que são regiões consolidadas. Como a análise considerou as ofertas de terrenos vazios, esses locais específicos apresentaram menor representatividade na interpolação e, conseqüentemente, descreveram uma distribuição espacial menos detalhada em função da escassez de ofertas de terrenos vazios nessas regiões.

---

<sup>12</sup> Com Fator Oferta (FO) moderado, adotado em 0,80, que favorece estimativas mais moderadas e com maiores probabilidades de representarem os valores mínimos praticados pelo mercado imobiliário.



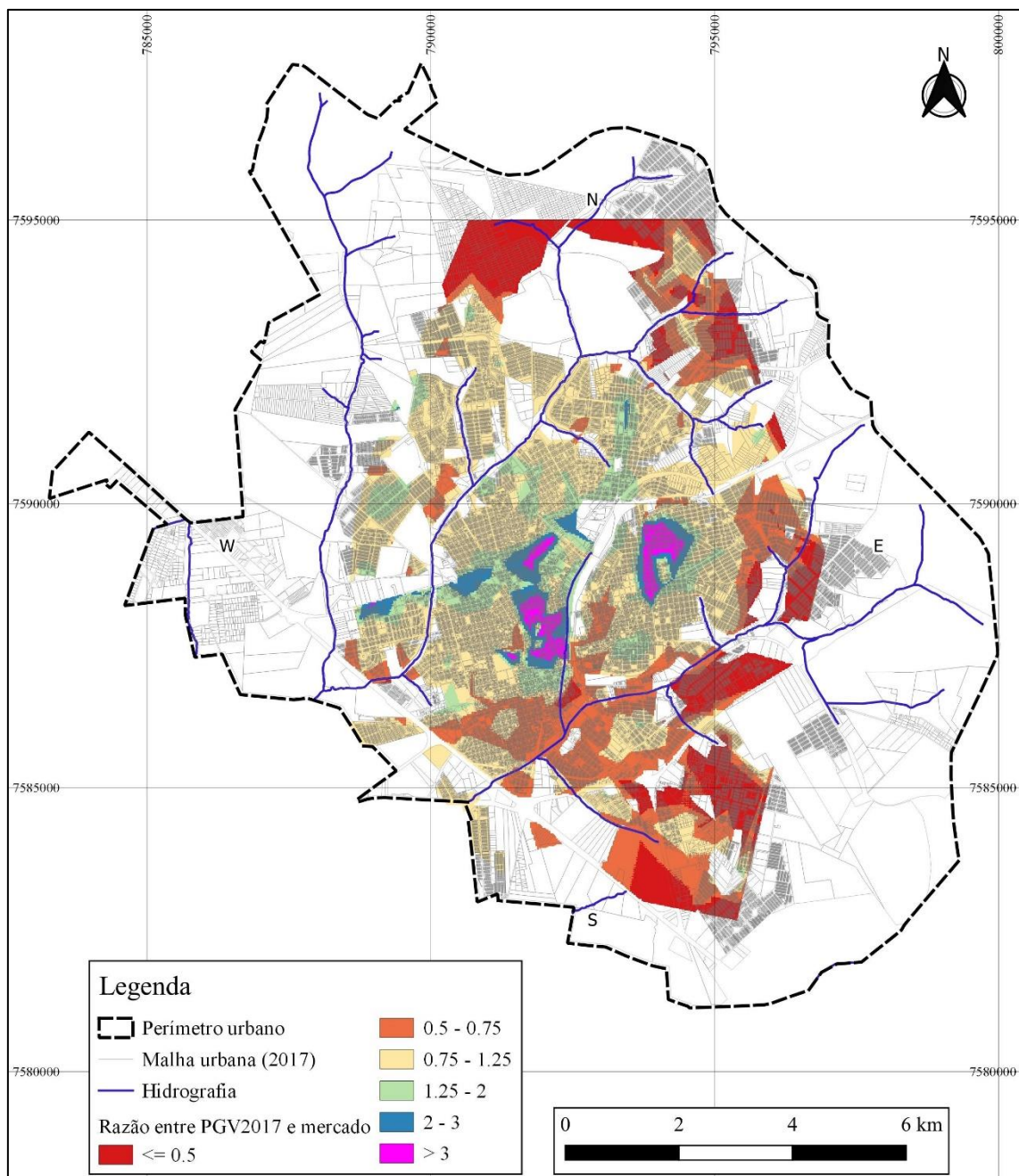
**Fig. 1.** Espacialização da PGV da LC n° 882/2017 em R\$/m<sup>2</sup>  
 Fonte: Elaboração do autor, adaptado de Menzori (2018)



**Fig. 2.** Interpolação dos preços homogeneizados (Apêndice Z) em R\$/m<sup>2</sup>  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

Entretanto, os menores preços observados nas periferias não se enquadram na limitação supracitada, e poderiam ser reflexo tanto da presença de conjuntos habitacionais Faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), quanto de uma avaliação mais cautelosa (menos impactante) na carga tributária sobre a população mais pobre, amplamente distribuída em bairros periféricos (MENZORI, 2018). Na Figura 3 são ilustradas as razões entre a PGV2017 e os preços homogeneizados interpolados.





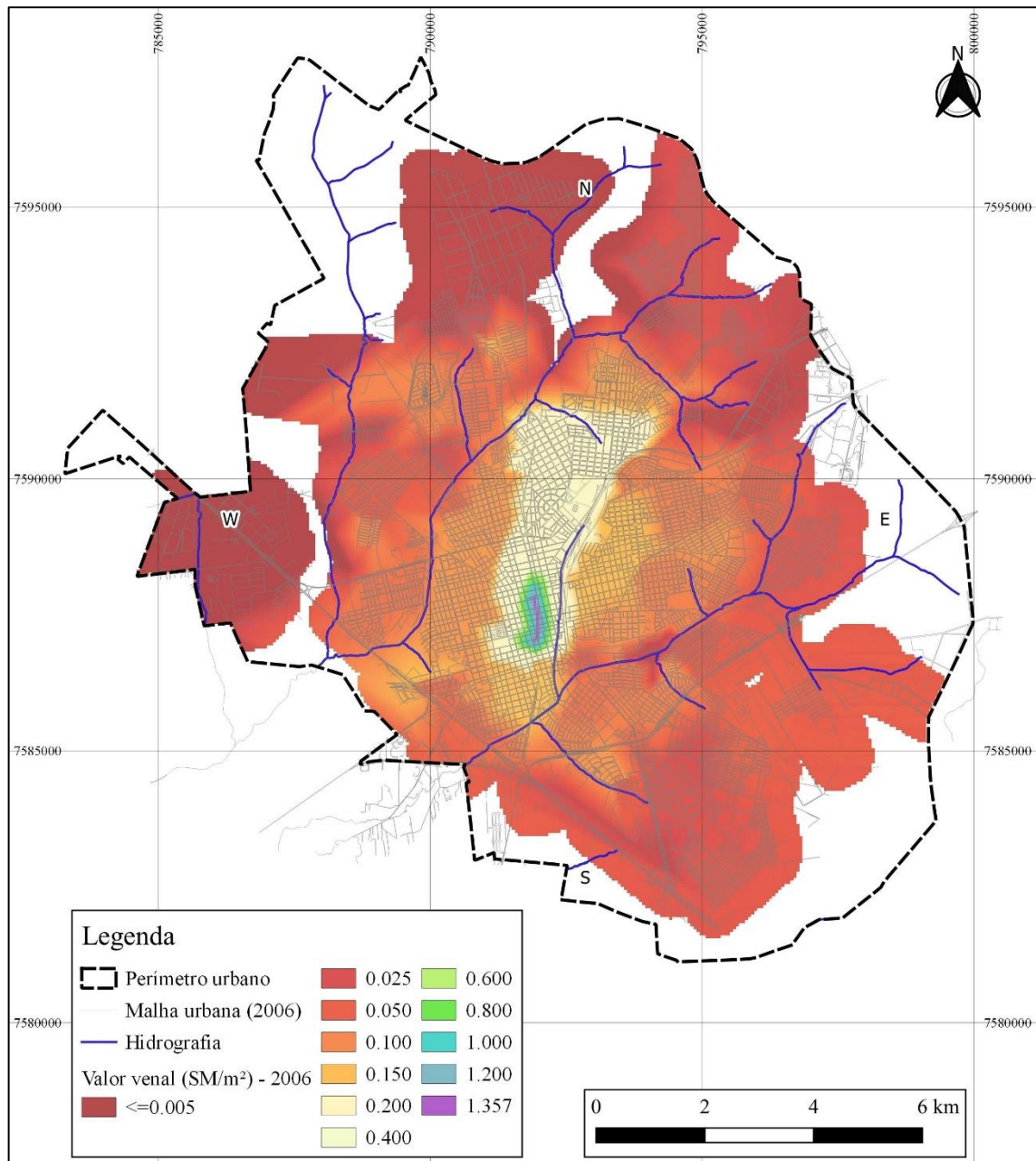
**Fig.3.** Razão entre PGV2017 e preços homogeneizados (Apêndice Z)  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

Apesar da crítica apresentada por Falcoski *et al.* (2018), a maior parte dos valores espacialmente distribuídos pela PGV2017 mostrou-se compatível e/ou inferior aos valores praticados no mercado imobiliário, com proporções predominantemente inseridas entre 0,75 - 1,25; e menores do que 0.75 (Figura 3), considerando os preços médios praticados no mercado em janeiro de 2018. Assim sendo, para os fins das demais análises alçadas neste estudo, a PGV2017 mostra-se adequada – e até moderada – no que diz respeito ao preço da terra urbana.

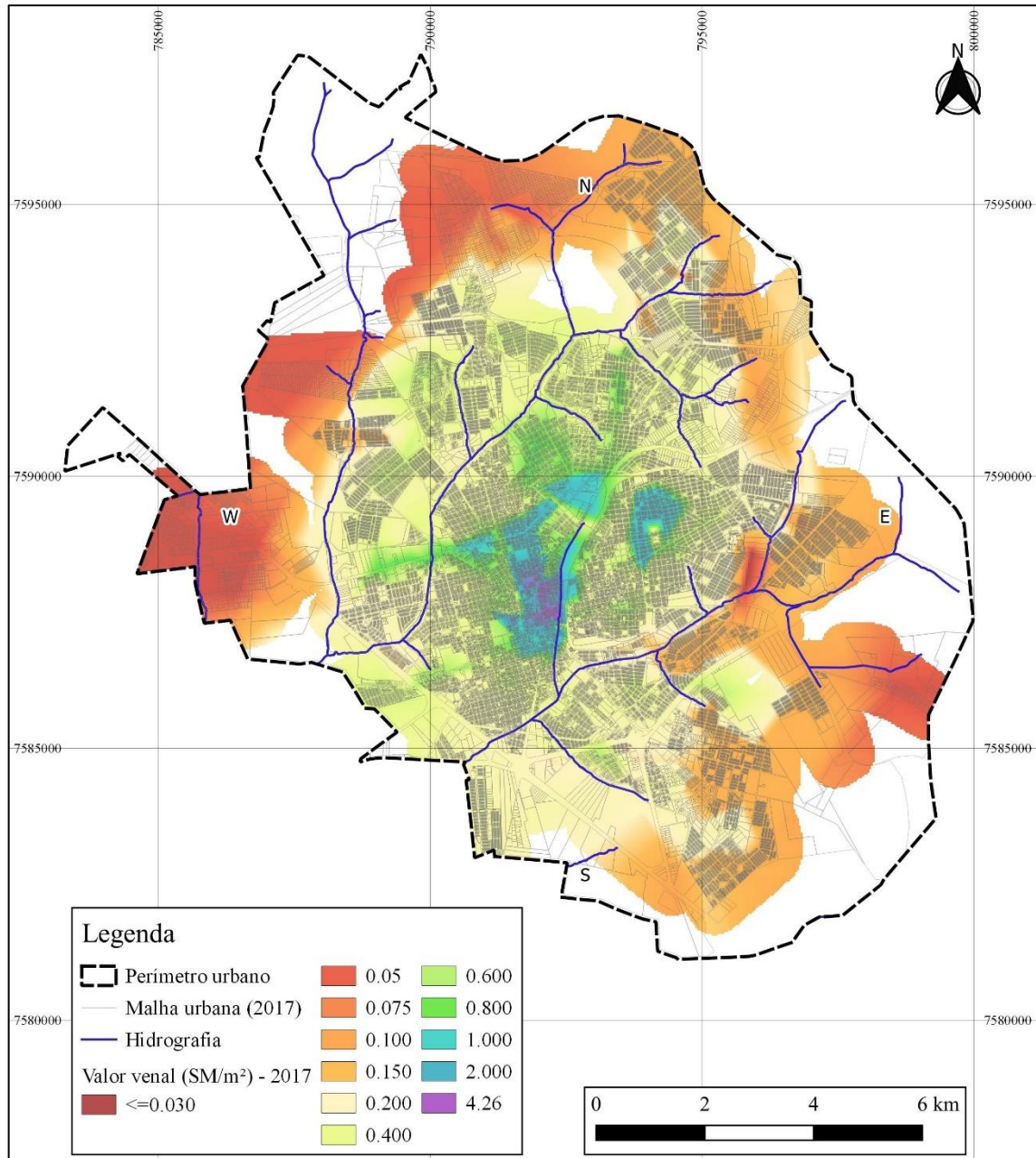


### 5.3.1 Análises de valorização do preço da terra e de crescimento urbano

Nesta seção, são alçadas análises de valorização da terra, assim como sua intrínseca relação com os empreendimentos aprovados nos três períodos observados desde o Capítulo 3. Para isso, foram adotadas as PGV referentes ao primeiro ano do primeiro período, e imediatamente após o último ano do último período analisado, adaptadas para os respectivos Salários Mínimos (SM) vigentes. Assim, as análises alçadas nesta seção limitam-se à observação dos valores inicial em 2006 (Figura 3), final em 2017 (Figura 4), e dos índices de valorização observados (Figura 5).

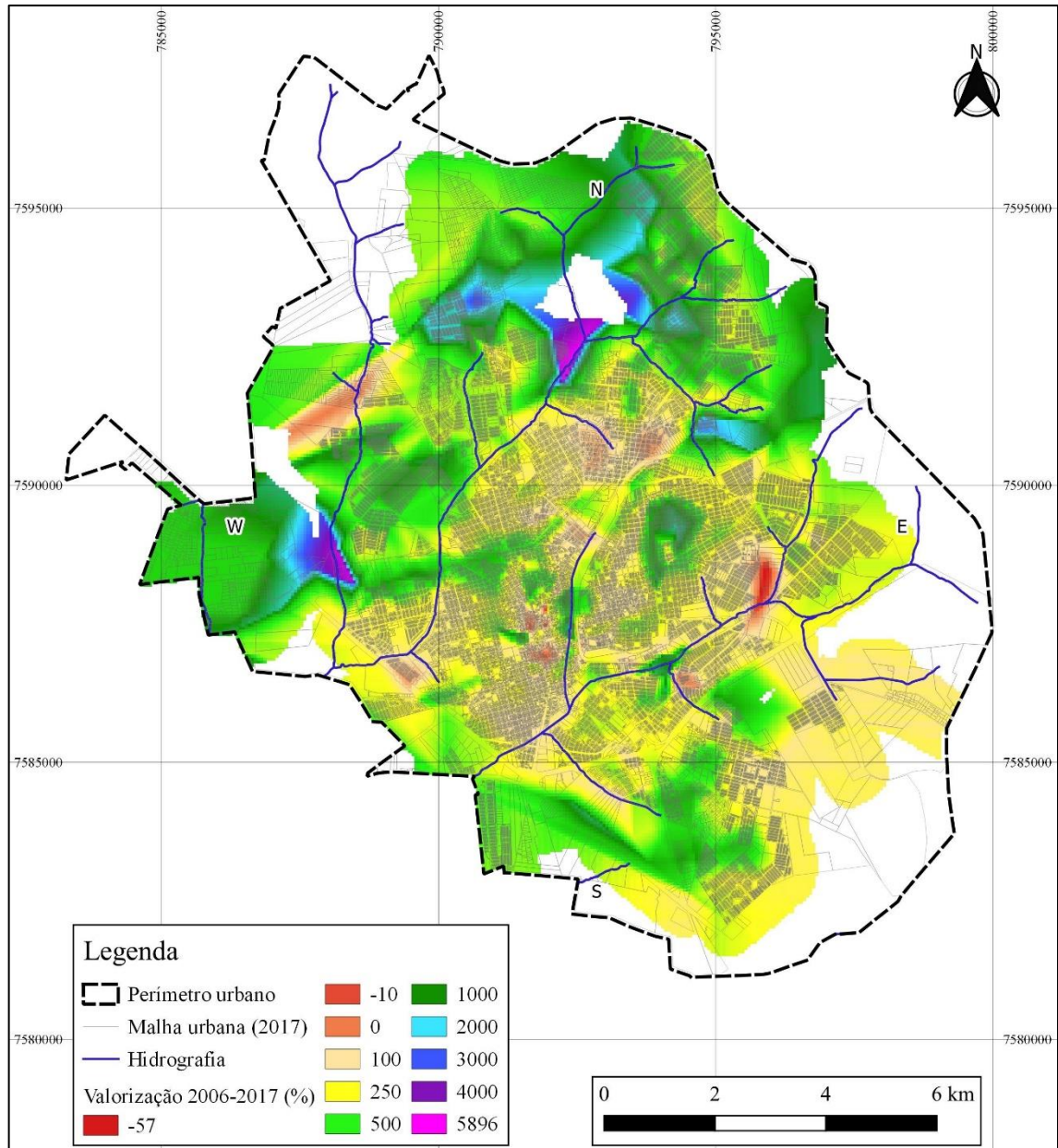


**Fig. 3.** Espacialização da PGV da LC n° 6502/2006 em SM/m²  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 4.** Espacialização da PGV da LC nº 882/2017 em SM/m<sup>2</sup>  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

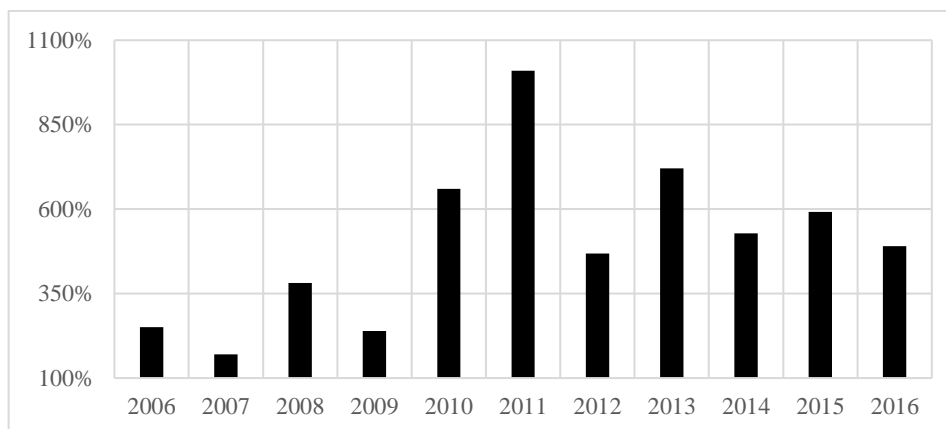
A partir da espacialização dos índices de valorização (Figura 5), observa-se que a maior parte do território urbano apresentou valorizações sobremaneira elevadas, com destaque para as regiões norte e oeste que apresentaram índices que ultrapassaram 5.000% de valorização real (normalizada pelo SM) – resultados similares também foram observados por Falcoski *et al.* (2018). Em comparação, e no mesmo período, a média dos principais índices financeiros representou uma variação nominal de 100% (incluindo a inflação acumulada).



**Fig. 5.** Espacialização da valorização entre 2006 e 2017  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

A partir da sobreposição entre os índices de valorização especializados e a localização dos loteamentos aprovados, foram extraídos os Índices de Valorização Média (MVI) por loteamento e, subsequentemente, foram obtidos Índices de Valorização Média Ponderada por Área (AWMVI) por ano de aprovação dos loteamentos – considerando a valorização real normalizada pelo SM. Esse arranjo de análise proporcionará identificar, na média, qual a valorização da terra observada (dentro do período de 2006–2017) nas localizações dos empreendimentos aprovados em cada ano analisado.

Por exemplo, considerando as localizações dos empreendimentos aprovados em 2006, essa abordagem identifica a valorização média observada no período compreendido entre 2006 e 2017 (intervalo entre PGV) nas exatas localizações dos empreendimentos aprovados em 2006; o mesmo para 2007, 2008 e assim sucessivamente. Os resultados são apresentados nas Figuras 6 e 7, e na Tabela 1.

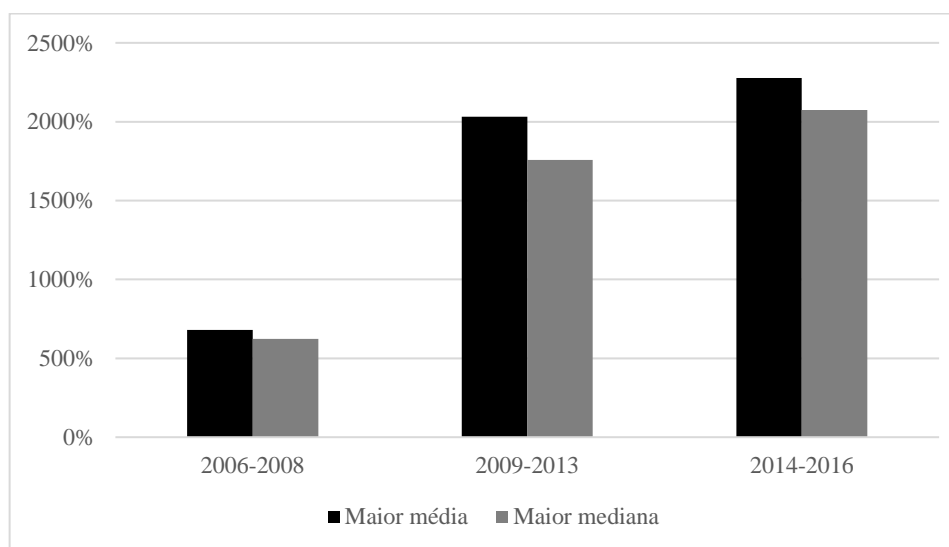


**Fig. 6.** AWMVI entre 2006 e 2016

Fonte: Elaboração do autor (2021)

**Tabela 1.** AWMVI por ano

Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AW-MVI (%)	250	170	381	239	660	1009	469	720	528	592	490

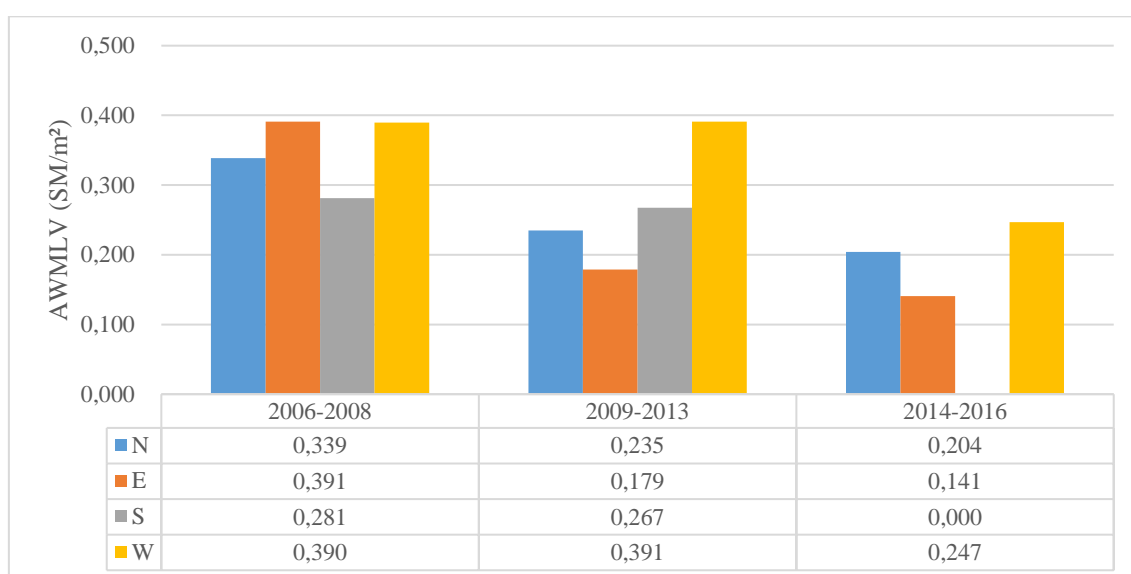


**Fig. 7.** Maiores médias e medianas das valorizações observadas nos períodos

Fonte: Elaboração do autor (2021)



Analisando os períodos, são observadas médias de valorizações ponderadas (Figura 6) substancialmente mais elevadas a partir de 2010, com as maiores médias e medianas (por ano), sobremaneira elevadas ao longo dos três períodos. Por outro lado, analisando os Valores Médios Ponderados (AWMLV) em SM/m<sup>2</sup> da PGV 2017, por quadrante e por período (Figura 8), identifica-se que as localizações dos empreendimentos aprovados, de maneira média e ponderada, apresentaram valores da terra decrescentes ao longo dos períodos – pondera-se que o quadrante sul não teve loteamentos aprovados no último período.



**Fig. 8.** AWMLV por quadrante por período  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Em termos relativos (tomando por base a LC nº 882/2017 e o valor do SM em 2017) (Apêndice AA), o período 2009-2013 apresentou loteamentos aprovados em terrenos mais baratos do que o período anterior (2008-2006). Por sua vez, o período de 2014-2016 também teve os empreendimentos aprovados em terrenos mais baratos do que o período anterior (2009-2013), com exceção do quadrante sul, conforme supracitado.

Adicionalmente, os terrenos com empreendimentos aprovados nos períodos 2009-2013 e 2014-2016 apresentam valorizações médias ponderadas (AWMVI) sobremaneira maiores do que os terrenos que tiveram loteamentos aprovados no período 2006-2008, como observado nas Figuras 6 e 7. Esses padrões distintos também podem ser observados quando da aplicação do Teste U de Man-Whitney (Apêndice AB), em que são identificadas diferenças estatisticamente significativas entre as valorizações médias (reais, normalizadas pelo SM) das glebas (MVI) dos

loteamentos aprovados nos períodos 2006-2008 e 2009-2013 ( $p = 0,026$ ), diferentemente do observado nos períodos 2009-2013 e 2014-2016 que não são estatisticamente diferentes ( $p = 0,750$ ).

### 5.3.2 Análises de distribuição espacial e valorização dos vazios urbanos

Por meio de análises descritivas dos vazios urbanos intersticiais mapeados por Menzori, Gonçalves e Kellner (2019), assim como seus valores venais e valorizações observados neste estudo (Figuras 3 a 5), foram identificadas valorizações reais ponderadas (com base nos valores em SM/m<sup>2</sup>) entre 254 – 363%, assim como nominais entre 849 – 1139%, de acordo com o tamanho dos lotes ociosos.

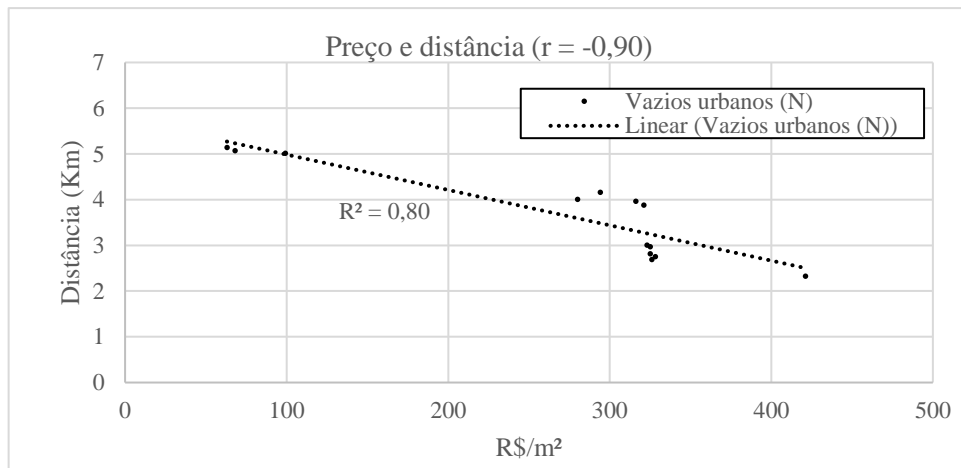
Apesar de não ter sido observada correlação linear entre valorização e tamanho da área, existem diferenças estatisticamente significativas entre as valorizações observadas nos vazios urbanos maiores do que 10.000 m<sup>2</sup>; para com as faixas de 1.000 a 10.000 m<sup>2</sup> (teste U com p-valor=0,000) e de até 1.000 m<sup>2</sup> (p-valor=0,000), como mostrado no Apêndice AI. Concerne destacar que as amostras de até 1.000 m<sup>2</sup> se referem a aglomerados de lotes que, em conjunto, perfazem áreas vazias com pelo menos 1.000 m<sup>2</sup>. Na Tabela 2 são apresentados esses resultados.

**Tabela 2.** Valorizações observadas nos vazios urbanos intersticiais

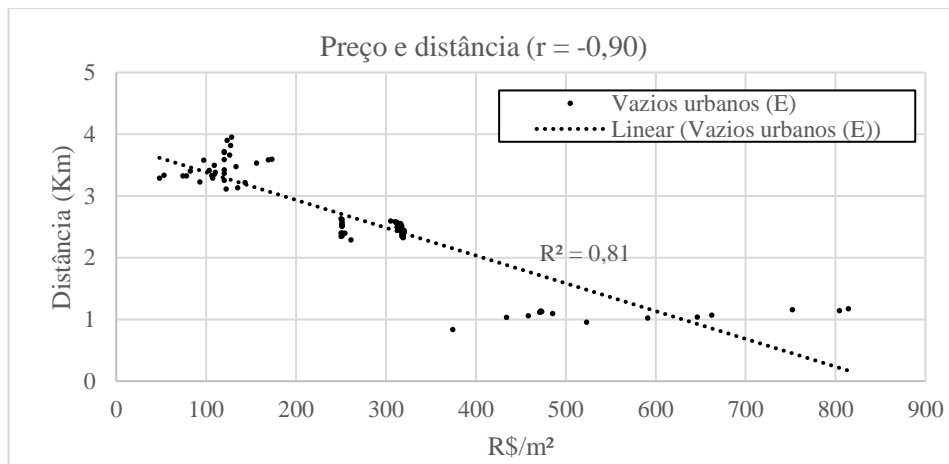
Tamanho	Amostras	Correlação linear (valorização x área)	Valorização real média ponderada	Valorização nominal média ponderada
Até 1.000 m <sup>2</sup>	109	0,253 (fraca)	254%	849%
1.000 a 10.000 m <sup>2</sup>	92	-0,025 (desprezível)	273%	898%
> 10.000 m <sup>2</sup>	106	-0,008 (desprezível)	363%	1139%

Já as análises de distribuição espacial dos vazios urbanos mostram relações lineares muito fortes entre valor da terra e dispersão, nas regiões norte e leste. Os vazios urbanos da região norte descrevem uma correlação muito forte negativa ( $r = -0,90$ ) entre distância de afastamento do centro (dispersão) e preço médio ponderado (AWMLV da PGV 2017) dos terrenos, com forte Coeficiente de Determinação ( $R^2 = 0,80$ ). Resultados similares são observados na região leste, com  $r = -0,90$  e  $R^2 = 0,81$ , indicando que quanto mais afastado do centro é um determinado terreno, menor seu preço observado, e vice-versa. Nas Figuras 9 e 10 são ilustrados esses resultados.

O mesmo padrão não foi observado nos quadrantes sul ( $-0,58$  e  $R^2 = 0,33$ ) ou oeste ( $-0,37$  e  $R^2 = 0,13$ ), como mostrado no Apêndice AC. Ademais, quando considerados os tamanhos (área) dos vazios urbanos, os resultados ilustram correlações desprezíveis para com os valores da terra (Apêndice AD). Ademais, cabe destacar que as regiões norte e leste, juntas, corresponderam a aproximadamente 69% do total em hectares de todos os loteamentos aprovados entre 2006 e 2016 (conforme observado no Capítulo 4).



**Fig. 9.** Distribuição relativa dos vazios urbanos na região norte  
Fonte: Elaboração do autor (2021)



**Fig. 10.** Distribuição relativa dos vazios urbanos na região leste  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Libertun de Duren (2018) conclui que a predileção pela urbanização periférica, por parte de empreendedores, mostra-se mais associada à disponibilidade de glebas maiores (e sua inerente

economia de escala) do que a menores preços da terra. Não obstante, os resultados deste estudo mostram que ambas as frentes de raciocínio podem ter sido observadas em Araraquara, principalmente a partir de 2010.

Tanto em função da alta concentração da urbanização (observada no Capítulo 4) e suas correlações entre distância e valor da terra (Figuras 9 e 10), quanto da ausência de relação entre tamanho e preço da terra observada nos vazios urbanos (Apêndice AD), as distribuições espaciais relativas reforçam a existência de distintos padrões de gestão territorial em que, a partir de 2009, são observadas tendências de urbanização mais acentuadas em direção a áreas ambientalmente frágeis (com maior valorização observada), e menos relacionadas à disponibilidade de vazios urbanos intersticiais (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

### **5.3.3 Análise do crescimento urbano e classificação por árvore de decisão**

Não obstante as constatações anteriores, manifestas por meio de análises que claramente evidenciam diferentes padrões de gestão territorial entre distintos períodos de administração municipal, nesta seção é alçada uma proposta de classificação do crescimento urbano por período, utilizando o método de árvore de decisão gerada pela implementação J48 do algoritmo C4.5 de J. Ross Quinlan.

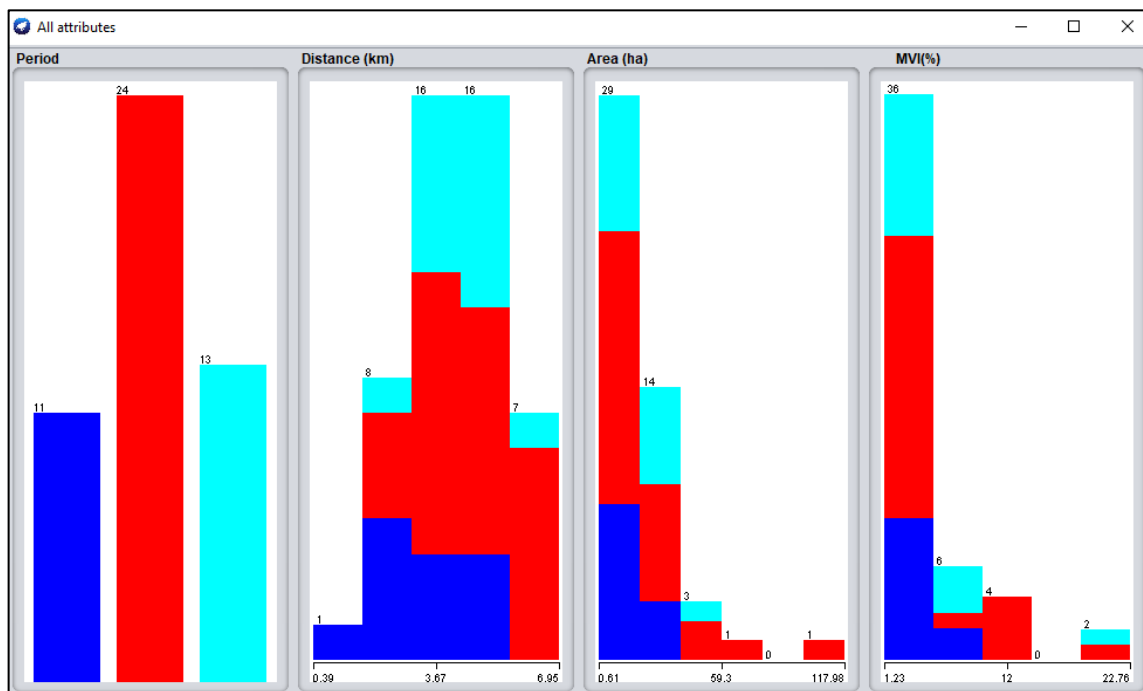
O propósito nesta seção não é, de forma alguma, desenvolver um modelo de aprendizagem de máquina de precisão – que exigiria um número muito maior de amostras, conjunto de teste, etc., além de um grande aprofundamento em um arcabouço teórico muito específico. A proposta é permitir que o algoritmo “interprete” o conceito geral dos dados, e classifique-os dentre os três períodos analisados a partir das variáveis observadas: área (ha), distância (km) e valorização média MVI (%) (Apêndice AE).

Para isso, foi empregado o software WEKA, disponibilizado pela Universidade de Waikato, da Nova Zelândia. No Quadro 3 são descritas as variáveis introduzidas, e na Figura 11 é apresentada a pré-classificação observada.



**Quadro 3.** Variáveis introduzidas no WEKA

Variável	Unidade	Tipo	Representada no WEKA como
<b>Período</b>	*	Nominal	“A = 2006-2008”
			“B = 2009-2013”
			“C = 2014-2016”
<b>Distância</b>	Km	Numérica	Km
<b>Área</b>	Ha	Numérica	Ha
<b>MVI</b>	%	Numérica	Decimal



**Fig. 11.** Pré-classificação das variáveis no WEKA  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

Em uma primeira abordagem, foram selecionadas as variáveis Período, Distância e Área, conforme observadas nas análises de distribuição espacial do Capítulo 4. Espera-se que o algoritmo classifique e diferencie os dados com base nas variáveis supracitadas, e associe-os aos três períodos observados por meio das classes: A (2006-2008); B (2009-2013); e C (2014-2016).

No software WEKA, foi selecionado o classificador “J48 *tree Classifier*”, usando todo o conjunto como treinamento pela opção “*Use training set*”, em que os resultados são designados

por “estimativa de resubstituição<sup>13</sup>”, uma vez que os conjuntos de dados são pequenos e representam a totalidade dos loteamentos aprovados, e não apenas uma amostra. Os resultados (*Classifier Output 1*) são apresentados nas Tabelas 3 e 4, Figura 12 e no Apêndice AF.

**Tabela 3.** *Classifier Output 1*

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Classe
<b>0,636</b>	0,027	0,875	0,636	0,737	0,687	0,817	0,667	A
<b>0,958</b>	0,625	0,605	0,958	0,742	0,410	0,670	0,603	B
<b>0,154</b>	0,000	1,000	0,154	0,267	0,342	0,674	0,429	C
<b>0,667</b>	0,319	0,774	0,667	0,612	0,455	0,705	0,570	Weighted Avg.

**True Positive (TP) e False Positive (FP) Rate:** porcentagem de itens corretamente / falsamente classificados em uma determinada classe;

**Precision:** proporção de instâncias classificadas corretamente dividida pelo total de instâncias em uma determinada classe;

**Recall:** proporção de instâncias classificadas como uma determinada classe dividida pelo total de instâncias dessa classe;

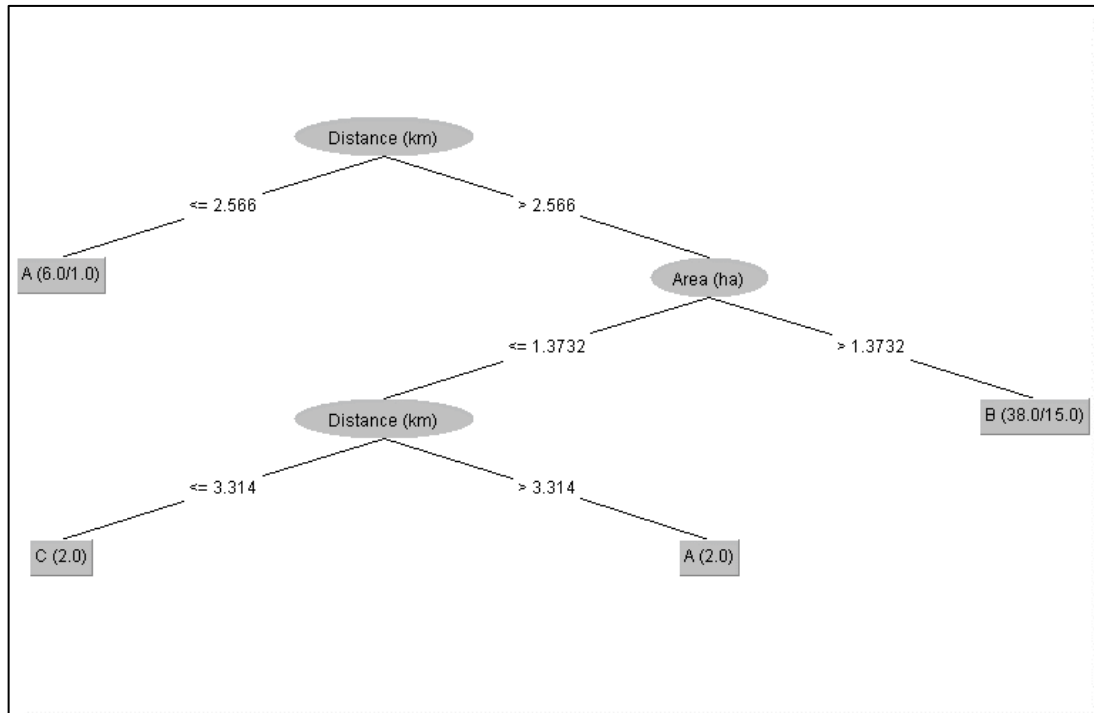
**F-Measure:** média harmônica entre Precisão e Recall combinados;

**Receiver Operator Characteristic (ROC) Area:** Medida de precisão. Valores superiores a 0,50 (de preferência mais próximos de 1) significam que a saída do classificador do modelo representa um resultado melhor do que apenas mera adivinhação.

**Tabela 4.** Matriz de Confusão do *Classifier Output 1*

a	b	c	<-- classificado como
<b>7</b>	4	0	a = A
<b>1</b>	23	0	b = B
<b>0</b>	11	2	c = C

<sup>13</sup> Estimador de erro não-aleatório, rápido, que reutiliza os dados de treinamento no modelo final. Apesar de apresentar tendências de subestimação de erros e viés otimista nos resultados, oferece boa precisão se o conjunto de treinamento for representativo de todos os dados (BRAGA-NETO; DOUGHERTY, 2005).



**Fig. 12.** Árvore de decisão do *Classifier Output 1*  
 Fonte: Elaboração do autor (2021)

As classes A e C (11 e 13 elementos, respectivamente) são muito menores do que a Classe B (24 elementos), o que pode ser uma limitação para o modelo. Isso é observado na Classe C (Tabela 4), em que 11 dos 13 elementos foram classificados como Classe B (recall = 0,154); assim como na classe A, em que 4 de 11 também foram classificados como classe B (recall = 0,636) – em termos de classificadores, este não pode ser considerado um bom modelo, pois não pôde diferenciar a Classe C da Classe B.

Entretanto, em termos de análise de crescimento urbano, isso poderia representar que, considerando a área e distância loteamentos aprovados, as Classes A e B se destacam com as medidas *F-Measure* mais altas (0,737 e 0,742; respectivamente), enquanto que os elementos da Classe C foram majoritariamente classificados como Classe B (lembrando que B e C representam padrões de gestão territorial sob uma mesma gestão política). Isso também pode ser observado quando considerado que a Classe A apresentou uma precisão de classificação (ROC) maior (0,817) do que as classes B (0,670) e C (0,674).

Analisando a Árvore de Decisão (Figura 12), a maioria dos elementos da Classe A efetivamente classificados como A (TP Rate = 0,636) resultaram da divisão de nós com Distâncias mais curtas ( $\leq 2,566$  Km). Os elementos da Classe B classificados como B (taxa de TP = 0,958)

resultaram amplamente da divisão do nó com distâncias e áreas maiores. E os elementos da Classe C foram considerados majoritariamente como Classe B, conforme explicitado.

Subsequentemente, foram selecionadas as variáveis Período, Distância e MVI (valorização real média observada nas glebas com empreendimentos aprovados, conforme Figura 5). Novamente, espera-se que o algoritmo classifique e diferencie as classes por estimativa de resubstituição. Os resultados do *Classifier Output 2* são apresentados no Apêndice AG, nas Tabelas 5 e 6, e Figura 13.

**Tabela 5.** *Classifier Output 2*

<b>TP Rate</b>	<b>FP Rate</b>	<b>Precision</b>	<b>Recall</b>	<b>F-Measure</b>	<b>MCC</b>	<b>ROC Area</b>	<b>PRC Area</b>	<b>Classe</b>
<b>0,818</b>	0,081	0,750	0,818	0,783	0,715	0,946	0,767	A
<b>0,917</b>	0,458	0,667	0,917	0,772	0,494	0,738	0,658	B
<b>0,154</b>	0,029	0,667	0,154	0,250	0,230	0,690	0,404	C
<b>0,688</b>	0,255	0,686	0,688	0,633	0,473	0,773	0,614	Weighted Avg.

**True Positive (TP) e False Positive (FP) Rate:** porcentagem de itens corretamente / falsamente classificados em uma determinada classe;

**Precision:** proporção de instâncias classificadas corretamente dividida pelo total de instâncias em uma determinada classe;

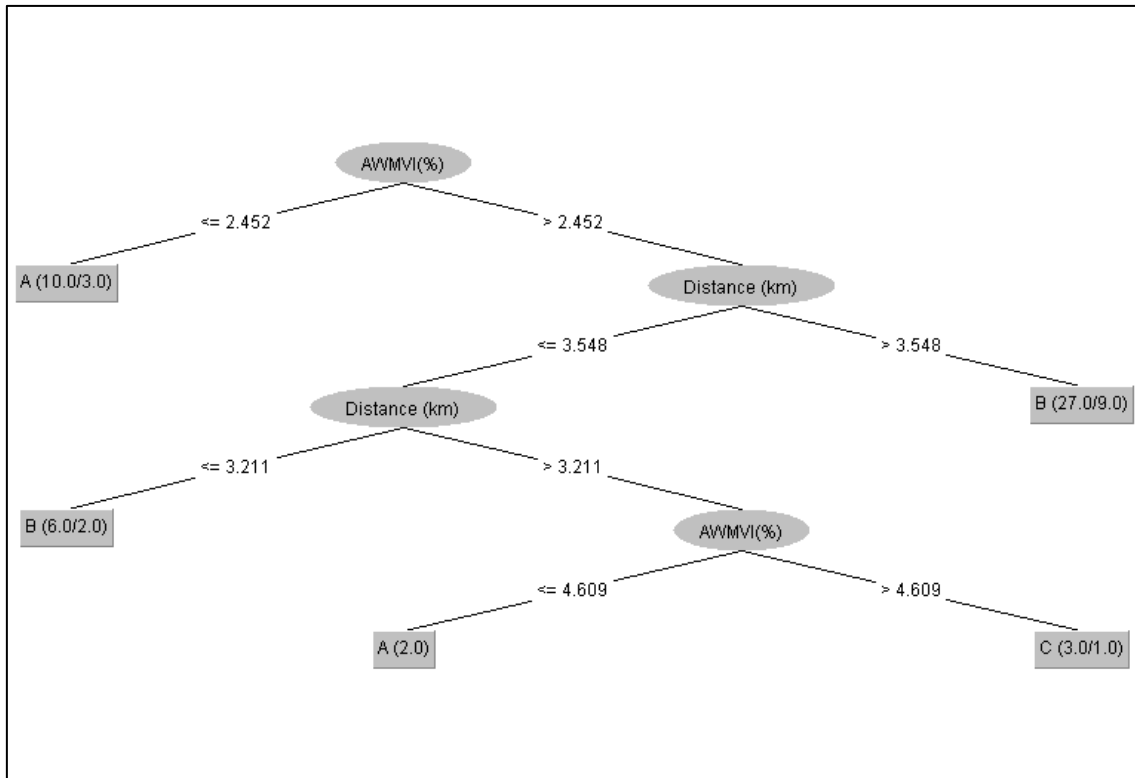
**Recall:** proporção de instâncias classificadas como uma determinada classe dividida pelo total de instâncias dessa classe;

**F-Measure:** média harmônica entre Precisão e Recall combinados;

**Receiver Operator Characteristic (ROC) Area:** Medida de precisão. Valores superiores a 0,50 (de preferência mais próximos de 1) significam que a saída do classificador do modelo representa um resultado melhor do que apenas mera adivinhação.

**Tabela 6.** Matriz de Confusão do *Classifier Output 2*

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>&lt;-- classificado como</b>
<b>9</b>	1	1	a = A
<b>2</b>	22	0	b = B
<b>1</b>	10	2	c = C



**Fig. 13.** Árvore de decisão do *Classifier Output 2*  
Fonte: Elaboração do autor (2021)

Mais uma vez, as Classes A e B se destacaram com medidas *F-Measure* ainda mais altas (0,783 e 0,772 respectivamente), e os elementos da classe C foram amplamente desprezados e majoritariamente classificados como B. A diferenciação da Classe A mostra um ROC mais alto (0,946) do que as classes B (0,738) e C (0,690). No geral, isso significa que o modelo diferenciou a Classe A das Classes B e C; mas não conseguiu diferenciar a Classe C de B com mesma acurácia.

Além disso, como pode ser visto na Figura 13, a maioria dos elementos da Classe A efetivamente classificados como A (TP Rate = 0,818) resultaram da divisão do nó com menor valorização da terra observada (MVI  $\leq$  2,452). Os elementos da Classe B classificados como B (taxa de TP = 0,917) resultaram principalmente da divisão do nó com MVI mais alto e distâncias mais longas. E os elementos da Classe C foram considerados majoritariamente como Classe B.

Por fim, foi alçada uma abordagem similar a anterior, porém substituindo Distância por Área, ou seja, foram selecionadas as variáveis Período, Área e MVI. Os resultados do *Classifier Output 3* são mostrados no Apêndice AH, Tabelas 7 e 8, e na Figura 14.

**Tabela 7.** Classifier Output 3

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Classe
0,636	0,027	0,875	0,636	0,737	0,687	0,817	0,667	A
1,000	0,667	0,600	1,000	0,750	0,447	0,694	0,633	B
0,000	0,000	?	0,000	?	?	0,595	0,314	C
0,646	0,340	?	0,646	?	?	0,695	0,555	Weighted Avg.

**True Positive (TP) e False Positive (FP) Rate:** porcentagem de itens corretamente / falsamente classificados em uma determinada classe;

**Precision:** proporção de instâncias classificadas corretamente dividida pelo total de instâncias em uma determinada classe;

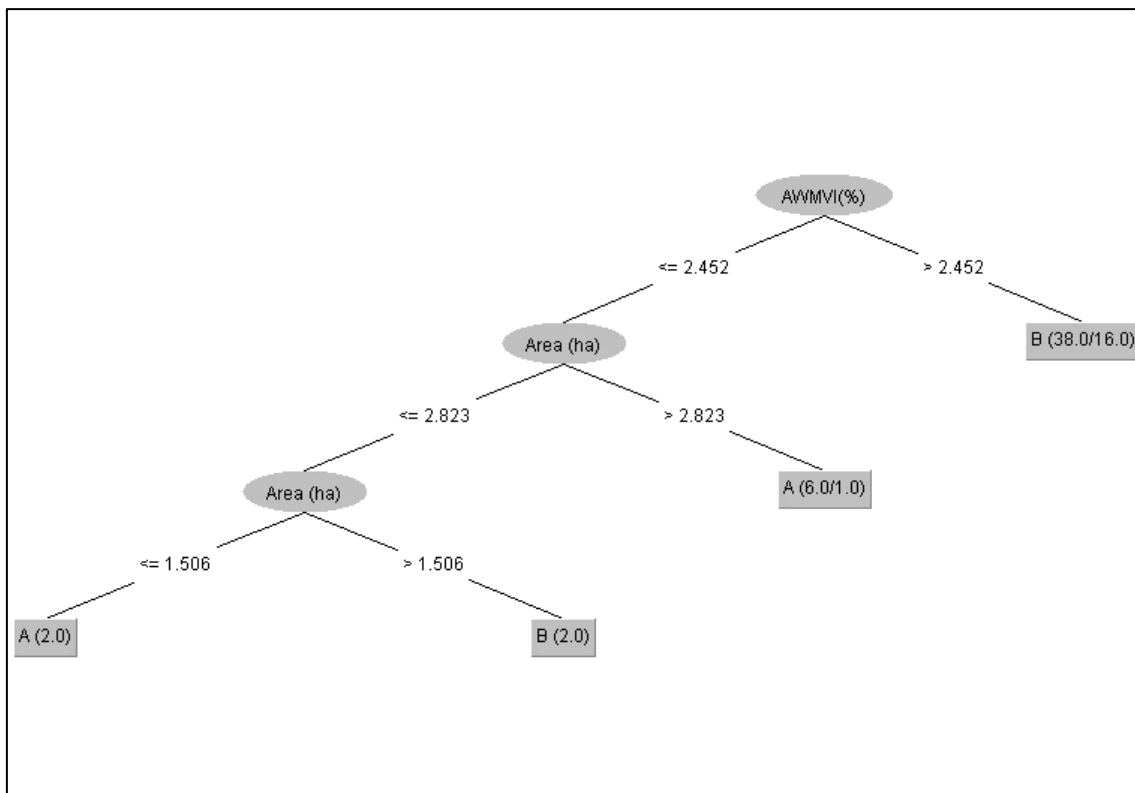
**Recall:** proporção de instâncias classificadas como uma determinada classe dividida pelo total de instâncias dessa classe;

**F-Measure:** média harmônica entre Precisão e Recall combinados;

**Receiver Operator Characteristic (ROC) Area:** Medida de precisão. Valores superiores a 0,50 (de preferência mais próximos de 1) significam que a saída do classificador do modelo representa um resultado melhor do que apenas mera adivinhação.

**Tabela 8.** Matriz de Confusão do Classifier Output 3

a	b	c	<-- classified as
7	4	0	a = A
0	24	0	b = B
1	12	0	c = C

**Fig. 14.** Árvore de decisão do Classifier Output 3

Fonte: Elaboração do autor (2021)

Novamente, as Classes A e B apresentaram medidas *F-Measure* mais elevadas (0,737 e 0,750 respectivamente), e os elementos da Classe C foram quase integralmente classificados como Classe B (sem medida *F-Measure* atribuída). Além disso, a diferenciação da Classe A mostra um ROC mais alto (0,817) do que as Classes B (0,694) e C (0,595). No geral, isso significa que o algoritmo diferenciou a Classe A da Classe C, e parcialmente da Classe B, mas não conseguiu diferenciar as Classes C e B.

Observando a árvore de decisão na Figura 14, a maioria dos elementos da Classe A classificados como A (TP Rate = 0,636) resultaram da divisão do nó com menor valorização ( $MVI \leq 2,452$ ) e áreas maiores ( $> 2,823$ ), concomitantemente. Os elementos da Classe B classificados como B (TP Rate = 1,000) resultaram principalmente da divisão do nó com valorização mais alta ( $MVI > 2,452$ ). E os elementos da Classe C foram predominantemente considerados como Classe B.

Todos esses resultados reforçam o raciocínio de que os períodos 2009 – 2013 (Classe B) e 2014 – 2016 (Classe C) não foram considerados como classes distintas pelo algoritmo, mas sim como elementos de uma mesma classe em função das similaridades observadas a partir das variáveis – que descrevem o padrão de gestão territorial estabelecido por uma mesma gestão político-administrativa. Por outro lado, o período 2006 – 2008 (Classe A) pôde ser diferenciado das outras classes, ao menos em algum grau de precisão superior à mera adivinhação (*F-Measure*  $> 0,50$ ).

Considerando todas as saídas do classificador J48, é possível inferir que o algoritmo diferenciou o crescimento urbano observado no período 2006 – 2008 (Classe A) a partir das seguintes características observadas nos loteamentos aprovados:

- Distâncias mais curtas ( $Distance \leq 2,566$  km), na Figura 12;
- Áreas maiores ( $Area > 2,823$  ha) e valorizações menos acentuadas ( $MVI \leq 2,452$ ), na Figura 14;
- Menor valorização observada ( $MVI \leq 2,452$ ) na Figura 13.

Por outro lado, os loteamentos aprovados no período 2009 – 2013 (Classe B) foram predominantemente diferenciados por:

- Distâncias maiores ( $Distance > 2,566$ ) e áreas maiores ( $Area > 1,3732$ ), na Figura 12;
- Distâncias maiores ( $Distance > 3,548$ ) e valorizações maiores ( $MVI > 2,452$ ), na Figura 13;
- Valorizações maiores ( $MVI > 2,452$ ), na Figura 14.

A Classe C não foi diferenciada da Classe B em nenhuma das saídas do classificador. Como explicitado anteriormente, isso pode significar que o algoritmo pôde diferenciar claramente o último período de uma administração (Período A) do primeiro período de outra de alinhamento político contrastante (Período B), mas não foi capaz de diferenciar os dois últimos períodos (2009 – 2013 e 2014 – 2016) de uma mesma administração municipal.

E mesmo quando desconsiderados os Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) Faixa 1 do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), como apresentado no Apêndice AE, as três classificações supracitadas (*Classifier Outputs* 1, 2 e 3) permanecem virtualmente idênticas (Apêndices AJ, AL, AM, AN e AO), ou seja, a existência desses CHIS a partir de 2009 não pode ser considerada como um fator preponderante para o estabelecimento do conceito geral por trás da implementação dos planos nos dois últimos períodos analisados, e, conseqüentemente, não foi determinante nos resultados espaciais representativos das posturas de gestão territorial, de acordo com a concepção do algoritmo.

Em suma, os conceitos gerais estabelecidos pelo classificador, para os conjuntos de dados observados, podem ser resumidos conforme disposto Tabela 9.

**Tabela 9.** Conceito geral estabelecido pelo classificador para os períodos observados

Período	Distância	Área	MVI	Gestão Territorial
2006-2008	↓	↑	↓	Período A
2009-2013	↑	↑	↑	Período B
2014-2016	Predominantemente associado ao período anterior			Período C

Conforme já observado nas seções e capítulos anteriores, esses resultados reforçam o raciocínio de que existiram distintos padrões de implementação de planos espaciais associados a diferentes administrações da gestão municipal (noção de *Territorial Governance*). O padrão estabelecido durante o Período A foi associado à aprovação de loteamentos que favoreceram menores distâncias e apresentaram menores valorizações entre os anos de 2006 e 2017 – ou seja, possivelmente atrelado ao preenchimento de vazios em áreas já consolidadas, com menor potencial para extração de mais-valias urbanísticas uma vez que já eram dotadas de centralidade (MENZORI, 2018).

Por outro lado, o padrão de gestão territorial estabelecido nos dois últimos intervalos analisados (Períodos B e C), mostraram-se amplamente associado a áreas mais distantes, de maior tamanho



e com maiores índices de valorização observados. Essas características se sobrepõem aos maiores índices de expansão de periferias, e menor controle do espraiamento urbano via regulação do uso do solo, em que as maiores valorizações, observadas neste estudo, podem estar associadas às estratégias especulativas do mercado imobiliário, decorrentes da retenção de espaços intersticiais ociosos e transformação de terras cultiváveis, ou com restrições ambientais, em novas áreas urbanizadas (GONÇALVES, 2010).

#### **5.4 CONCLUSÃO**

No contexto das cidades brasileiras, é manifesta a falta de interlocução entre função socioambiental e políticas urbanas, em que agendas políticas e influências do mercado imobiliário ainda são predominantes na esfera do planejamento urbano, visando constante valorização da terra e reduzindo o espaço urbano a mero elemento de reprodução do capital.

No que diz respeito ao valor da terra urbana em Araraquara, e a partir da avaliação mercadológica realizada, é possível afirmar que a atualização da PGV em 2017 se mostra consoante aos preços praticados no mercado imobiliário da cidade, sendo até comedida nas porções mais periféricas do território urbano. Não obstante esse caráter moderado da PGV2017, são observadas valorizações sobremaneira elevadas em um intervalo de pouco mais de uma década (2006 – 2017), que caracterizaram padrões distintamente acentuados no que concerne ao crescimento urbano nos períodos analisados, principalmente em terrenos maiores e mais periféricos.

Os resultados da classificação por aprendizagem supervisionada evidenciam diferenças categóricas entre as variáveis observadas, representativas dos padrões de gestão territorial estabelecidos nos períodos 2006–2008 (Classe A), 2009–2013 (Classe B) e 2014–2016 (Classe C). Basicamente, a generalização estabelecida pelo classificador claramente distingue o primeiro período (A) do segundo (B), porém considera o segundo e último períodos (gestão territorial de uma mesma administração municipal) como equivalentes, em que a Classe A se destacou em função de menores distâncias e valorizações, ao contrário da Classe B (e conseqüentemente C), que apresentaram maiores distâncias (dispersão) e valorizações mais acentuadas.

Adicionalmente, existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores e valorizações da terra observados nos três períodos analisados. De maneira geral, interpreta-se

que os dois últimos intervalos marcados por uma mesma administração municipal (Períodos B e C) apresentaram maior concentração da urbanização em regiões específicas com valores venais mais baixos, maior dispersão e ostensiva valorização – ao contrário do primeiro período (2006–2009), que apresentou loteamentos aprovados em porções mais valorizadas do território, com menores dispersões e valorizações observadas.

Em suma, os arranjos de análise propostos reforçam a interpretação de distintos padrões de gestão territorial estabelecidos por diferentes administrações municipais. Supostamente, a concepção de um plano – inicialmente focado na efetivação da função socioambiental da cidade –, foi sucedida por implementações que favoreceram a extração de mais-valias urbanísticas, por meio de estratégias expansionistas e de retenção dos vazios urbanos, que enfraquecem as garantias das salvaguardas ambientais e comprometem a noção de desenvolvimento urbano sustentável e socialmente equilibrado.

## DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

O enfoque, nesta pesquisa, residiu na avaliação de padrões espaciais por meio da mensuração e classificação do crescimento observado em uma mancha urbana específica, associando seus resultados quantitativos espaciais aos arranjos de gestão territorial, representados pelas práticas de implementação de planos diretores e seus consequentes resultados físicos-territoriais. Trata-se de uma abordagem diferente da adotada por de Lei, Flacke e Schwarz (2021), que investigaram as influências de planos diretores nos padrões de crescimento urbano, assim como de Chatel e Sposito (2015), que expressaram que uma classificação quantitativa de manchas urbanas não se encaixava em seu estudo.

Em função de diferenças na implementação dos planos espaciais, distintos níveis de conformidade, assim como diversos aspectos contrastantes relacionados à distribuição relativa, classificação e configuração espacial do crescimento urbano foram observados, de acordo com a dimensão de *Territorial Governance* adotada. Assumindo que o crescimento urbano é um processo que segue tendências diferentes do aleatório, embora aparentemente desordenadas (CHATEL; SPOSITO, 2015), os resultados deste estudo poderiam reforçar a tese de que tanto as diferenças de formulação quanto de implementação de políticas públicas são relacionadas às distintas administrações municipais estabelecidas (CAPANO; HOWLETT, 2020).

Preconizando “uma visão de Cidade Sustentável” (PERES, 2012, p. 226) em seu Plano Diretor e Política de Desenvolvimento Ambiental de Araraquara (PDPDA) de 2005, o município de Araraquara-SP formulou uma política urbana que não apenas restringia o crescimento físico para áreas periféricas e ambientalmente frágeis, como também buscava induzir um crescimento mais compacto com melhor aproveitamento dos vazios urbanos – representando um avanço em prol dessa visão, especialmente considerando que “[...] a legislação brasileira, no geral, impõe poucos limites à expansão territorial [...], permitindo que, seguidamente, se amplie a área passível de loteamento [...]” (CHATEL; SPOSITO, 2015, p. 135).

Por outro lado, as alterações promovidas no PDPDA em 2014 desconstruíram a maior parte das regulações ambientais urbanas do PDPDA de 2005, favorecendo e repercutindo espacialmente de maneira muito destoante da visão inicial de desenvolvimento urbano mais sustentável – não por coincidência, os loteamentos aprovados a partir de 2014 foram descritos por aumentos na Fragmentação e reduções na Compacidade, algo observado na cidade de Araraquara pela última vez na década de 1970, de acordo com os resultados das métricas.

As análises espaço-temporais de crescimento urbano, apesar de sintéticas, proporcionaram uma melhor compreensão da evolução urbana em Araraquara nas últimas cinco décadas, por meio de análises exploratórias dos padrões físico-espaciais, especialmente por métodos quantitativos que descrevem a forma urbana e seus aspectos geométricos inerentes. Apesar de limitadas aos aspectos espaciais em duas dimensões, as métricas estudadas e propostas contribuíram para a representação dos principais aspectos geométricos do fenômeno do espraiamento urbano em um contexto específico, em que os resultados reforçam o discurso de que a década de 1970 foi marcada por processos intensivos de crescimento urbano espraiado com viés especulativo (GONÇALVES, 2010; PERES, 2012).

Todavia, as décadas subsequentes não caracterizaram a continuidade do espraiamento urbano (sob a ótica das métricas espaciais), pelo contrário, apresentaram medidas espaciais mais compactas e menos fragmentadas ao nível da mancha urbana total, com exceção dos últimos três anos da última década analisada (2014 – 2016). De modo geral, na última década, houve uma propensão ao adensamento urbano em Araraquara entre os anos de 2006 e 2008, em que 100% dos loteamentos foram aprovados de maneira intersticial à mancha urbana consolidada (*Infill*) e 44,6% se mostraram em conformidade com o PDPDA de 2005. Apesar de apresentar uma moderada consistência regulatória (distante do ideal, mas com potencial para evoluir), esse cenário mudou completamente a partir do período compreendido entre os anos de 2009 e 2013 (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

A partir de 2009, houve uma aparente falta de interlocução entre as políticas ambiental e de ordenamento territorial, caracterizada por níveis de conformidade de aproximadamente 16,6% e com 37% dos loteamentos aprovados de maneira intersticial, que poderiam indicar uma manifesta ineficiência na contenção do espraiamento urbano – uma vez que a maior parte do crescimento urbano (63%) representou expansão periférica (*Edge-expansion*) e até desagregação (*Leapfrog*) da mancha urbana consolidada, com exígua eficiência na implementação das estratégias do PDPDA de 2005 (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

Os 83,4% de não-conformidades do período 2009 – 2013 resultaram de loteamentos residenciais, condomínios fechados e até Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) aprovados em áreas ambientalmente frágeis, caracterizados por processos de expansão e desagregação no crescimento urbano para além dos limites da mancha urbana consolidada, como apontado por Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b). Conforme observado pelos autores,

isso reforça a tese de que quanto maior o tempo desde a instituição de um plano, maiores as chances de ocorrerem desvios para com o mesmo (ALTERMAN; HILL, 1978), especialmente quando se trata de diferentes administrações municipais de alinhamentos políticos contrastantes.

Ademais, como apresentado neste estudo, a expansão física observada a partir de 2009, apesar de acompanhada de certo aumento populacional urbano, não pode ser considerada como uma resposta à escassez de terrenos vazios no interior da mancha urbana. Isso porque existiam, até o ano de 2017, vazios urbanos intersticiais suficientes para acomodar o crescimento urbano observado entre 2006 e 2016, evitando a maioria das áreas com criticidade ambiental que hoje contemplam loteamentos horizontais notadamente densos populacionalmente, assim como mais vulneráveis socialmente – como no caso dos CHIS da região norte de Araraquara. Esses resultados reforçam as constatações de Chatel e Sposito (2015), na medida em que as autoras explicitam processos de expansão urbana contrastantes em cidades do interior paulista, em que algumas regiões mais densas populacionalmente se contrapõem a outras de baixa densidade e com vazios urbanos, em que “não é incomum que várias destas cidades tenham estoque de terras preparadas juridicamente e fisicamente para o uso urbano, sem que ele se estabeleça [...]” (*Ibid.*, 2015, p. 135).

De modo geral, essas não-conformidades são motivadas, em parte, por modelos dispersivos de políticas habitacionais, que reduzem os custos de construção por meio de economias de escala, com enormes empreendimentos em remotas áreas periféricas, caracterizando um desenvolvimento não-conforme que afeta muito mais o ambiente construído do que o previsto no planejamento original (LIBERTUN DE DUREN, 2018; ALFASI; ALMAGOR; BENENSON, 2012). Ademais, essas constatações retratam falhas na aplicação nas regulações urbanísticas de uso e ocupação do solo, e refletem a crescente influência de interesses econômicos no desenvolvimento urbano, “[...] imposta pela abordagem neoliberal para transformação urbana” que negligencia “[...] a garantia dos interesses públicos [...]” (SANTORO, 2015, p. 100).

Como suposto inicialmente, os maiores níveis de conformidade foram observados nos períodos representados por gestões político-administrativas implementando seus próprios planos espaciais, nos três primeiros (2006 – 2008) e três últimos (2014 – 2016) anos analisados. Alternativamente, o intervalo intermediário (2009 – 2013) apresentou as piores medidas no controle da expansão urbana e não-conformidades para com as regulações de uso e ocupação

do solo, indicando que, no âmbito da gestão territorial, a agenda da administração no Período B não estava alinhada ao PDPDA de 2005, até o momento de sua revisão em 2014 (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

Concerne destacar que, apesar de não considerada nas análises deste estudo, existiu uma tentativa (frustrada) de revisão do PDPDA de 2005, promovida logo no início do Período B (Lei Complementar, LC nº 600/09), e que se tornou alvo de ação direta de inconstitucionalidade, em função de mudanças no zoneamento sem a participação comunitária (CAOP, 2013). Segundo a Consideração Técnica nº 12/2013 do Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Habitação e Urbanismo do Ministério Público do Paraná, essa “[...] manobra política adotada subtraiu dos interessados a possibilidade de discutir o assunto local que lhes era concernente [...], em que “[...] a participação popular na criação de leis versando sobre a política urbana local não pode ser concebida como mera formalidade ritual passível de convalidação” (CAOP, 2013, p. 19).

Nessa linha, ressalta-se que durante o processo de elaboração do PDPDA de 2005, foi criado o Conselho Municipal da Política Urbana e Ambiental de Araraquara (CMPUA). Considerado “um ambiente externo de discussão e publicização do plano” (PERES, 2012, p. 223), esse Conselho foi efetivado como uma instância deliberativa (PERES, 2012), viabilizando o acesso da população aos espaços de tomada de decisões políticas. Com elevada representatividade (PERES, 2012), o CMPUA era composto por 39 membros (ARARAQUARA, 2002): 13 representantes do Poder Público (entidades públicas e governamentais), 13 representantes de entidades, instituições e organizações sociais da esfera pública não governamental, e 13 representantes e suplentes pelas Regiões de Planejamento – RP (de orçamento participativo e de planejamento ambiental).

Quanto à atuação do CMPUA, destaca-se a criação de Comissões Temáticas (Desenvolvimento Urbano-Ambiental, Desenvolvimento Econômico, Desenvolvimento Social e Desenvolvimento Institucional) para embasamento das discussões e debate das propostas do Executivo Municipal, com proposição de alterações ou adequações. Segundo Peres (2012, p. 224), os 3 anos desde a criação do mencionado Conselho, em 2002, até a aprovação do PDPDA, em 2005, envolveram “análises técnicas e discussões participativas”, tendo sido realizadas, ao todo, “dez reuniões do Conselho da Cidade e mais de quarenta reuniões das Comissões Temáticas, além de Audiências Públicas realizadas na Câmara Municipal” (PERES, 2012, p. 224). Sobre tais Audiências Públicas na Câmara Municipal, cabe destacar a formação de uma

Comissão Tripartite para discussão das propostas no decorrer de 2005, sendo “composta por uma Comissão Executiva (com representantes do CMPUA), por uma Comissão da Câmara que contratou uma assessoria técnica, e por uma Comissão da Sociedade Civil” (PERES, 2012, p. 225).

Voltando ao ano de 2009, com uma tentativa frustrada de revisão do PDPDA de 2005, é aprovada a Lei Ordinária (LO) nº 7.095/2009, que altera a composição do CMPUA, de 39 para 20 membros, sendo 10 representantes de entidades públicas e governamentais e 10 representantes da sociedade civil (ARARAQUARA, 2009). Posteriormente, em junho de 2010, com a promulgação da LO nº 7.271/2010, a sigla do Conselho Municipal de Política Urbana e Ambiental muda de CMPUA para COMPUA, e os órgãos constituintes se limitam à Assembleia Geral, Presidência e Diretoria, composta por 3 Diretores (ARARAQUARA, 2010).

Trata-se de uma simplificação dos órgãos constituintes, pois, anteriormente, segundo Santos (2018, p. 115-116), também “compunham os espaços de discussão e decisão do Conselho a [...] Coordenadora de Grupos Temáticos, Coordenadoria de Comissões Técnicas, Coordenadoria de Audiências Públicas, Coordenadoria de Gestão e Informação e a Consulta Pública e Popular”. Em 2011, conforme Peres (2012, p. 228), “iniciou-se o processo de revisão do Plano Diretor de Araraquara, tendo como principal articulador o Conselho Municipal de Política Urbana Ambiental”.

Por fim, a revogação seguida de revisão do PDPDA, promulgada em 2014, apresentou uma significativa flexibilização das regulações, tornando a maior parte do território urbano disponível para os mais diversificados padrões de empreendimentos, em detrimento de várias salvaguardas ambientais estabelecidas no plano original de 2005. Entretanto, mesmo com essa manifesta permissividade e desregulação para com o território, implementada pelo PDPDA de 2014, ainda foram identificadas não-conformidades em aproximadamente 48,8% dos loteamentos aprovados no último período analisado (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

Após a revisão do PDPDA em 2014, no Período C, foi instituído o Núcleo de Planejamento Urbano (NPU), por meio da LO nº 8.391/2015 (ARARAQUARA, 2015). O NPU passa a ser composto por 12 membros titulares e 12 suplentes, sendo que tal Núcleo não apenas substitui as funções do COMPUA, como também passa a ser composto exclusivamente por “servidores e membros do Poder Executivo local [...], indicados pelo titular de cada pasta” (SANTOS, 2018, p. 111). E em outubro de 2016 é protocolado na Câmara Municipal de Araraquara o Projeto de

Lei Complementar nº 7, com objetivo de alterar dispositivos das LC nº 850/14 e 851/14, que estabeleceram a revisão do PDPDA e o Plano Regulador de Parcelamento do Solo em 2014.

Esse projeto de Lei foi contraposto por “manifestações externas de professores universitários e do Ministério Público do Meio Ambiente”, além de “servidores municipais da Gerência de Proteção à Fauna da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Araraquara contrárias as alterações propostas pela Prefeitura” (SANTOS, 2018, p. 112). Na ocasião, esses manifestantes apresentaram aos vereadores e ao Ministério Público do Meio Ambiente de Araraquara um relatório denominado ‘Diagnóstico da importância da manutenção das áreas verdes na ZOEMI-AEIU-ACITE que compreendem APP e o CIECO para conservação da Biodiversidade’, que foi incorporado como “[...] o principal argumento para que não se efetivassem as mudanças [...]” (*Ibid.*, p. 112).

Paralelamente, no período 2014 – 2016 analisado neste estudo, foi identificado que mais de dois-terços do crescimento urbano representou expansão periférica ou desagregação, impactando negativamente nos aspectos geométrico-espaciais, em que as métricas descreveram aumentos na Fragmentação e reduções na Compacidade urbana, algo observado pela última vez na década de 1970. Considerando toda essa conjuntura político-administrativa araraquarense, assim como a caracterização da expansão urbana analisada pela função de densidade de Jiao (2015), e fazendo uma discussão com os resultados de Keeratikasikorn (2018) e Sumari *et al.* (2019) para cidades da Ásia e África, é possível inferir que os distintos resultados espaciais da evolução urbana foram influenciados pelos padrões discrepantes na implementação de planos e, mais do que isso, revelam diferentes capacidades de gestão territorial, manifestas por significativos contrastes na aplicação de ações regulatórias de controle do crescimento e desenvolvimento territorial.

Ressalva-se, também, que apesar de o PDPDA de 2005 ter estabelecido o controle do espraiamento urbano por meio de planos espaciais e regulações alinhadas às premissas do desenvolvimento urbano sustentável (JABAREEN, 2006; FIORETTI *et al.*, 2020), sua implementação foi afetada, também, por fatores intervenientes externos, a exemplo da política nacional de habitação orientada ao mercado, instituída pelo Programa Minha Casa Minha Vida – MCMV (BRASIL, 2009) – inicialmente concebido como uma resposta à crise financeira de 2008, mas que acabou estimulando a produção de CHIS periféricos em larga escala, com infraestrutura e acessibilidade<sup>14</sup> urbanas inadequadas – especialmente em cidades de menor

---

14 Condição igualitária de acesso aos equipamentos e serviços urbanos.



porte inseridas em contextos não-metropolitanos (KLINK; DENALDI, 2014), como Araraquara.

Como explicitado por Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b), esse modelo de provisão habitacional tende a emergir como um pilar macroeconômico com potencial para se tornar um grande gerador de receitas para os governos locais, superaquecendo os mercados imobiliários (YE; WU, 2014; JIA *et al.*, 2020) e, muitas vezes, se contrapondo às estruturas de planejamento local (ALFASI; ALMAGOR; BENENSON, 2012). Conseqüentemente, “[..] a política econômica tem sido o grande motor da expansão urbana, a partir de sua articulação com uma política urbana e habitacional” (SANTORO, 2014, p.170). Portanto, uma das razões pelas quais a estratégia de contenção urbana do PDPDA de 2005 não se consolidou, está relacionada ao “[...] fracasso em aplicar tal política por [agentes] políticos locais [...]” devido a “[...] um grande aumento do poder de barganha [...] que o setor privado detém sobre a tomada de decisões políticas” (HORN, 2020, p. 11).

Assim, a partir de 2009, a dinâmica espacial do crescimento urbano em Araraquara foi mais extensiva na periferia urbana, em que especialmente na região norte isso ocorreu por meio de CHIS que avançaram em áreas ambientalmente frágeis, segregando e justapondo os grupos mais vulneráveis socialmente (FIORETTI *et al.*, 2020) em porções do território com manifestas vulnerabilidades ambientais, à medida em que largas extensões de terras com aptidão à urbanização (e menor criticidade ambiental) permaneceram subutilizadas (MEAULO, 2007; CHELIZ; OLIVEIRA, 2013). Neste contexto, a mudança do cenário político abriu espaço para que certos grupos interpusessem em favor de seus interesses econômicos, e em detrimento da regulação ambiental que “[...] não impediu que [esse tipo de] projeto fosse aprovado pela Secretaria da Habitação [...]” (BALESTRINI, 2016, p.108) em desacordo com o PDPDA de 2005, então vigente.

Segundo Compans (2007, p. 86), “à medida em que aumenta a escassez de terrenos nos bairros mais valorizados, contudo, o interesse do setor imobiliário tende a se voltar para as áreas de proteção ambiental, com vistas a ampliar as fronteiras do mercado formal”. Nessa vertente, há uma intensificação na ocupação de áreas ambientalmente impróprias à urbanização e restritas ao mercado imobiliário local, por meio da provisão de unidades habitacionais de interesse social viabilizadas via financiamento público (FREITAS, 2014) no âmbito de um programa federal.

Rufino (2015, p. 65), por exemplo, ao abordar a inserção urbana de conjuntos habitacionais do MCMV, observou a ocorrência de “empreendimentos em área de inundação, próximo a Áreas

de Preservação Permanente (APP), em áreas de alta declividade e em topo de morro”. Tal realidade se vincula à frequente descon sideração de requisitos ambientais para aprovação de empreendimentos habitacionais de interesse social (SCHEIDT *et al.*, 2010), e revela a “limitada capacidade institucional de alguns municípios” em regular ou limitar a ação das empresas construtoras na definição da localização dos empreendimentos habitacionais (JESUS; DENALDI, 2018, p. 83).

Embora deva se pautar em critérios técnico-científicos, a legislação ambiental-urbana é constantemente adaptada em função dos interesses dos agentes hegemônicos. Por conseguinte, ao mesmo tempo em que a proteção ambiental é instrumentalizada para oferecer “sustentação jurídica” (COMPANS, 2007, p. 87) às remoções forçadas, ela também é flexibilizada de maneira a possibilitar a abertura de novas frentes de expansão do mercado imobiliário (LOPES; SHIMBO, 2015). Soma-se a isso as habituais alterações no zoneamento – a exemplo do constatado neste estudo – com vistas à modificação “de parâmetros de uso, ocupação e parcelamento do solo, no sentido de possibilitar maior adensamento e ou adequação à implantação de grandes empreendimentos [...]” (RUFINO, 2015, p. 69).

Não obstante, como observado em Araraquara neste estudo, apesar de grande parte das não-conformidades e iniquidades territoriais estarem estreitamente associadas aos CHIS de Faixa 1 do MCMV aprovados a partir de 2009, as diferenças nos padrões espaciais decorrentes das implementações dos planos se mantêm mesmo quando desconsiderados os CHIS da classificação das tipologias do crescimento urbano (como descrito no Capítulo 3), assim como os conceitos gerais (por trás desses padrões espaciais), extraídos por aprendizagem supervisionada, permanecem virtualmente idênticos (como descrito no Capítulo 5).

Isso indica que as diferenças estão presentes no contexto urbano como um todo, e não apenas limitadas ao quadrante norte ou condicionadas aos CHIS de Faixa 1, em que, independentemente do fator MCMV, a mancha urbana araraquarense apresentou uma expansão significativa possivelmente “[...] em função dos interesses fundiários e imobiliários que orientam, hoje ainda mais do que antes, a produção do espaço urbano, no Brasil” (CHATEL; SPOSITO, 2015, p. 147). Porém, apesar de diversos autores considerarem irrelevantes as atribuições do poder público (municipal) perante à regulação federal do MCMV, e à autonomia da iniciativa privada na implementação da Faixa 1, pondera-se que ainda compete “[...] aos governos locais as escolhas relativas à localização dos conjuntos e à escolha dos mutuários” (MARQUES, 2016, p.41).

Por meio das análises comparativas entre os cenários dos dois Planos Diretores em questão (de 2005 e de 2014), foi possível identificar uma notória redefinição do zoneamento especial da cidade, assim como diversas mudanças entre suas regulações de uso, ocupação e parcelamento do solo. Os principais alvos foram as zonas de controle ambiental, sobremaneira reduzidas e amplamente negligenciadas, tanto no cinturão verde de contenção urbana quanto nos Ciecós, comprometendo suas múltiplas funções inerentes (MENZORI; FALCOSKI, 2017) – especialmente nas Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais (APRM) – e, ao mesmo tempo, ampliando os usos residencial, misto e industrial do solo.

Deste modo, praticamente todas as áreas inseridas no perímetro urbano se tornaram disponíveis para a expansão urbana, negligenciando impactos ambientais relacionados, especialmente, às montantes das microbacias hidrográficas e áreas críticas de recarga do Sistema Aquífero Guarani (MENZORI; FALCOSKI, 2017; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b), e agravando usos não-sustentáveis de um recurso não-renovável, uma vez que a impermeabilização do solo das APRM – além de representar elevada suscetibilidade à contaminação – reduz a taxa de recarga do aquífero e aumenta o volume de exploração nos poços profundos, uma vez que a captação superficial torna-se insuficiente tendo em vista sua degradação inerente aos processos de assoreamento, que paulatinamente reduzem a capacidade de retenção da água (LEITE, 2017).

Para Menzori, Sousa e Gonçalves (2021b), houve uma evidente tendência de crescimento urbano em áreas periféricas com elevada criticidade ambiental em Araraquara, antagonizando qualquer estratégia de contenção do espraiamento, assim como da indução à compacidade no núcleo urbano, comprometendo os ambientes naturais e construídos e “[...] engendrando a liberalização e desregulação dos mercados de terras periurbanas [...]” (LOMBARD, 2016, p. 2716), assim como facilitando a aprovação de loteamentos em áreas periféricas (LIBERTUN DE DUREN, 2018) sem qualquer preocupação ambiental.

Convém destacar uma possível ausência de mecanismos que garantissem a implementação do zoneamento especial, de modo que uma das maiores fragilidades do PDPDA de 2005 “[...] se mostrou na passagem do planejamento para a gestão” (PERES; SILVA, 2013, p. 20). Nesse sentido, embora as estratégias tenham sido espacialmente delimitadas e associadas aos instrumentos pertinentes, a implementação de algumas carecia de regulamentação posterior, adiando questões importantes para leis específicas e denotando uma reduzida autoaplicabilidade – que deixou de evitar, por exemplo, as expressivas alterações promovidas

nos Ciecos pela revogação seguida de revisão do PDPDA de 2014 (MENZORI; FALCOSKI, 2017).

No entanto, tal conjuntura não é singular ou intrinsecamente araraquarense. Governos municipais dificilmente dispõem de recursos financeiros e humanos suficientes para pôr em prática planos diretores nos moldes dos instrumentos do Estatuto da Cidade, assim como, geralmente, não possuem força (ou sequer motivação) política perante os interesses econômicos locais que seriam negativamente afetados pela aplicação de tais instrumentos, inviabilizando o uso de mecanismos legais mais coercitivos, disponíveis para garantia da função socioambiental da propriedade (ONDETTI, 2016).

Algumas razões poderiam auxiliar na elucidação desses cenários, embora tal explicação esteja além do escopo deste estudo. É possível, no entanto, atribuir os resultados observados à disposição das gestões político-administrativas locais em perseguir interesses de curto prazo e pontuais, desprezando a gestão integrada do crescimento urbano nos processos de aprovação de empreendimentos (LYLES; BERKE; SMITH, 2016; SHEN, 2019). Nas cidades brasileiras, isso se relaciona ao fato de que as administrações municipais se mostram, geralmente, menos motivadas em conter a expansão e o espraiamento, e mais focadas em abordagens políticas baseadas no imperativo de que crescimento físico é igual a desenvolvimento, especialmente em cidades não-metropolitanas (SANTORO, 2014). Em contrapartida, o grau de compacidade observado em cidades metropolitanas da América Latina é relativamente maior, com intensidades de expansão urbana relativamente menores em comparação a cidades de outras regiões geográficas, de acordo com Wu *et al.* (2021) – nesse sentido, as análises realizadas em Araraquara são relevantes pois oferecem perspectivas particulares sobre uma questão generalizada globalmente.

Essas racionalidades de cunho econômico se alinham à significativa autonomia dos governantes locais e autoridades de planejamento (conceito de descentralização e autonomia municipal da Constituição Federal de 1988), e sua ausência de sanções legais relativas à tomada de decisões em descumprimento com os planos diretores e suas leis complementares pertinentes (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). E as análises espaciais do crescimento urbano na cidade de Araraquara evidenciaram resultados similares aos observados por Saglie e Sandber (1997), no que concerne à relação entre administrações de alinhamento mais conservador e o favorecimento de oportunidades de crescimento (físico) urbano, assim como corroboram as constatações de Padeiro (2016) sobre a existência de maiores não-conformidades na expansão

urbana por parte de gestões mais conservadoras, em comparação às mais progressistas. Além disso, essa diferenciação se mostrou evidente, também, quando da classificação do crescimento urbano araraquarense por aprendizagem de máquina supervisionado, em que o algoritmo associou o “Período A” a distâncias mais curtas (adensamento no núcleo urbano) e valorizações da terra menos acentuadas – terrenos mais bem localizados, com maior valor inicial.

Por outro lado, os Períodos B e C foram associados a maiores distâncias (expansão mais periférica) e valorizações mais elevadas – terrenos baratos com maior potencial para extração de mais-valias urbanísticas. Conforme explicitado, esses padrões generalizados pelo classificador poderiam ser discutidos com a premissa de que as políticas conservadoras favorecerem o mercado e o empreendimento imobiliário, à medida em que as políticas mais progressistas se concentram mais na regulação dos governos locais (PADEIRO, 2016). Entretanto, concerne destacar que a consideração dos alinhamentos políticos possibilitou uma discussão com as possíveis razões que explicariam os resultados observados, mas não representou, de modo algum, “[...] uma generalização qualitativa e pouco desenvolvida [...]” (MAFFEZZOLLI e BOEHS, 2008, p.13) de uma premissa de que gestões mais progressistas seriam mais “sustentáveis”, pelo contrário, buscou-se identificar se existem diferenças quantitativas entre as práticas de implementação dos planos espaciais, considerando a descontinuidade entre gestões administrativas municipais, assim como entre as próprias diretrizes de ordenamento territorial.

Os resultados estão alinhados, também, com as análises de Horn (2018, p. 183, tradução própria), em que a autora explicita uma “[...] mudança de uma abordagem conservadora de crescimento para uma que parece apoiar uma agenda neoliberal de crescimento urbano”. Ademais, é possível “[...] presumir que a maioria dos empreendimentos não-conformes foram legalmente autorizados” (ALFASI; ALMAGOR; BENENSON, 2012, p. 875, tradução própria) em detrimento das salvaguardas ambientais e dos objetivos de planejamento espacial de longo prazo (MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b). Assim, em conjunto com as forças de mercado e pressões de grupos de interesse, as visões políticas e fatores institucionais também foram impulsionadores da expansão urbana, evidenciando o papel das políticas públicas e gestão territorial nesse fenômeno (COLSAET; LAURANS; LEVREL, 2018) e a relação entre planos diretores e as mudanças físicas no uso e ocupação do solo (PADEIRO, 2016).

Nessa linha, Schmitt e Wiechmann (2018, p. 27, tradução própria) apontaram a influência da “[...] relação prevaiente e muitas vezes indefinida de poder formal (direitos e

responsabilidades governamentais) e poder informal (estruturas e processos para influenciar o processo de tomada de decisão fora dos mandatos estatutários)”. Assim, os poderes de influência podem advir de redes informais formadas por alianças entre formuladores de políticas e *stakeholders* de negócios/mercado, em que o envolvimento desses atores não-oficiais nos processos permite que seus interesses sejam considerados nas decisões oficiais (WATSON, 2009; HORN, 2020), caracterizando tanto processos produzidos “[...] por atores extrínsecos ao aparato estatal e com recursos de poder para pressioná-lo, [...]” quanto “[...] como forma de acomodação de estratégias e interesses alocados dentro desse mesmo aparato [...]” (PULHEZ, 2016, p. 100).

Especialmente no contexto das cidades de países menos desenvolvidos, “o poder crescente do setor privado, combinado com a influência dos investimentos globais, alimenta o processo de mercantilização, que por sua vez afeta a forma como o governo pode gerenciar o crescimento urbano” (HORN, 2014, p. 141, tradução própria) – não obstante, esse envolvimento de grupos de interesse também pode ser significativo nos países desenvolvidos, como dissertado por Oliveira e Hersperger (2018), que mostraram como as negociações envolvendo grupos de interesse privados afetam a implementação de planos. Mas mesmo assumindo que “a política pública envolve vários atores e níveis de decisão [...], e não necessariamente se restringe a participantes formais, já que os informais são também importantes” (SOUZA, 2006, p.36), porém, “estes não inibem a capacidade das instituições governamentais de governar a sociedade (Peters, 1998: 409), apesar de tornar a atividade de governar e de formular políticas públicas mais complexa” (*Ibid.*, p.27).

De qualquer modo, esses processos são especialmente recorrentes em cidades de pequeno e médio portes, mais suscetíveis às forças influentes do mercado imobiliário e também muito receptivas a taxas de alteração do uso/ocupação do solo e impostos relacionados à alienação ou propriedade de imóveis, que podem representar significativos aumentos na receita tributária municipal decorrentes da expansão urbana (JIA *et al.*, 2020). A importância dos impostos e taxas é particularmente relevante considerando a usual escassez de recursos financeiros disponíveis (PAGLIARINI, 2018), especialmente no Brasil, onde o modelo federativo transferiu aos municípios grande parte das responsabilidades na prestação de serviços públicos essenciais, porém não garantiu sua necessária autonomia financeira (GALLO; SOMAIN; DROULERS, 2017). Assim, “os impostos sobre a propriedade têm sido historicamente importantes fontes de receita para os governos locais [...]” (CARVALHO JR, 2009, p. 11, tradução própria) e, como resultado, a eficácia dos marcos regulatórios em conter as forças de

mercado nos processos de espraiamento urbano está ligada, impreterivelmente, ao papel dos governos locais e seus ganhos fiscais relativos às mudanças no uso/ocupação do solo (HORN, 2014; MENZORI; SOUSA; GONÇALVES, 2021b).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste estudo era identificar diferenças na implementação de planos espaciais, de acordo com diferentes períodos de gestão territorial em uma cidade brasileira de porte médio do interior do Estado de São Paulo. Por meio de uma revisão não-exaustiva, porém aprofundada, foram elencadas diversas métricas espaciais disponíveis na literatura, que contribuíram para caracterizar alguns cenários retroativos de crescimento urbano em Araraquara, aferindo quantitativamente as variações observadas nos resultados espaciais de crescimento físico-territorial, e favorecendo a identificação de processos de expansão/espraiamento urbano porventura existentes nas configurações urbanas. Ademais, foram procedidos recortes espaço-temporais da última década analisada (2006 – 2016), na qualidade de intervalo principal de análise<sup>15</sup> dos padrões físico-espaciais da gestão territorial associados aos loteamentos aprovados, e observados em três períodos notáveis de vigência de planos diretores e suas implementações por parte das administrações municipais.

Sintetizando as análises e seus resultados, no Capítulo 1 são: 1) exploradas dezenas de métricas espaciais do crescimento urbano, suas limitações e potencialidades; em que: 2) os resultados reafirmam o papel de importância da Compacidade; como uma: 3) propriedade geométrica estreitamente relacionada a outras três: Fragmentação, Complexidade e Dispersão. Apesar do enfoque espacial nos períodos de implementação dos planos diretores, que acaba por limitar a consideração das métricas a meras ferramentas neste estudo, todavia, as análises do Capítulo 1 oferecem uma: 4) discussão analítica e propositiva sobre a potencial aplicação dessas ferramentas em análises quantitativas exploratórias rigorosas e mais aprofundadas das dinâmicas territoriais e configurações espaciais urbanas, que ainda são escassas e limitadas, principalmente, à literatura internacional.

---

<sup>15</sup> Tendo em vista a relevância do primeiro marco regulatório de planejamento urbano pós-Estatuto da Cidade em Araraquara, estabelecido no final do ano de 2005.

No Capítulo 2 foram aplicadas as métricas espaciais, de modo a analisar e caracterizar o objeto de estudo (mancha urbana araraquarense), representado por seu crescimento físico observado durante aproximadamente cinco décadas: 1) avaliando as propriedades geométricas de Compacidade, Fragmentação, Complexidade e Dispersão, de maneira relativa (comparação entre cenários); em que: 2) o intervalo representado entre a segunda metade da década de 1960 e a segunda metade da década de 1970 foi descrito por processos de crescimento urbano espraiado (identificados de maneira categórica pelas métricas propostas); mas que: 3) subsequentemente até o ano de 2006, foram descritos por aumentos na Compacidade e reduções na Fragmentação. Nesse sentido, seria válido estender a aplicação das métricas propostas para outras cidades médias, de modo a aferir sua capacidade de descrever (quantitativamente) as dinâmicas territoriais de crescimento de maneira agregada, categórica e territorialmente sensível – e como sugestão para estudos futuros, seria válido: 4) simplificar os dados espaciais de entrada por meio do método de normalização geográfica; em que a mancha urbana é representada: 5) por unidades territoriais (polígonos) regulares de tamanho único; removendo, assim, irregularidades que dificultam a automatização, favorecendo, também, análises por meio de estatísticas absolutas, e não apenas relativas.

A partir do Capítulo 3 é realizado o recorte espaço-temporal (entre os anos de 2006 e 2016) relacionado ao objeto principal do estudo, com: 1) caracterização dos planos espaciais; 2) descrição de seus períodos notáveis de implementação; bem como: 3) análises de suas propriedades geométrico-espaciais; 4) conformidades; 5) tipologias de crescimento; e 6) funções sigmóides de densidade de ocupação territorial; associadas aos resultados físico-territoriais observados ao nível de mancha urbana total. Concerne destacar que as métricas espaciais, de abordagem estritamente geométrica, não demonstraram mudanças significativas no Período A (variações praticamente nulas), mas indicaram variações pouco acentuadas relacionadas a aumentos na compacidade (geométrica) no Período B – associados ao adensamento de manchas secundárias (periféricas) –, e reduções no Período C, ou seja, observou-se: 7) padrões geométrico-espaciais estáveis ou mais compactos durante a vigência do PDPDA de 2005, assim como: 8) mais fragmentados e menos compactos durante a implementação do PDPDA de 2014. Todavia, quando aprofundadas ao nível do ordenamento territorial, por meio de índices de conformidade e tipologia, as análises demonstraram a existência de distintos padrões espaciais relacionados às diferentes gestões territoriais por parte das administrações municipais, em que: 9) o Período A foi mais compacto, conforme, e demonstrou reduções nas relações de espraiamento urbano; 10) os Períodos B e C foram mais expandidos, desagregados e com



aumentos nas relações de espraiamento urbano; porém: 11) o Período B demonstrou índices muito inferiores de conformidade em relação ao Período C; que poderia reforçar: 12) o raciocínio de maior conformidade (e até eficiência) quando a administração municipal implementou as estratégias e planos concebidos durante sua gestão.

No Capítulo 4 são aprofundadas essas análises dos diferentes períodos de gestão territorial: 1) ao nível de cada loteamento aprovado entre 2006 e 2016; por meio de: 2) índices de *layout* espacial; 3) distribuição espacial relativa; e considerando também: 4) os vazios urbanos intersticiais mapeados a partir de imagens de satélite datadas de 2017. Os resultados mostram que houve uma: 5) enorme redução na eficiência do controle da expansão (EBC) urbana a partir de 2009 (Período B); 6) cujas não-conformidades foram posteriormente legitimadas na revisão do PDPDA de 2014 (Período C); 7) momento a partir do qual a eficiência na gestão territorial eleva novamente, para níveis próximos dos inicialmente observados no Período A. Ademais: 8) a distribuição espacial dos loteamentos entre os quadrantes (N, E, S e W), principalmente no Período B, foi muito menos homogênea; 9) e praticamente oposta à disponibilidade dos vazios urbanos intersticiais; 10) sobremaneira concentrada na região norte e com significativos impactos ambientais diretos; por exemplo: 11) na dinâmica do escoamento das águas pluviais e recarga dos aquíferos livres na microbacia do Ribeirão das Cruzes; com: 12) 22 a 35% de aumento estimado na vazão cheia no exutório, atualmente assolado pelo assoreamento que compromete a eficiência e capacidade operacional da captação superficial de águas para abastecimento da cidade.

Por fim, no Capítulo 5, são aprofundadas as análises de distribuição espacial, porém com: 1) enfoque na valorização do preço da terra; 2) observada a partir dos valores das Plantas Genéricas de Valores; 3) ratificados por meio da avaliação mercadológica proposta; em que os resultados apontam para: 4) loteamentos aprovados em glebas cada vez mais baratas ao longo dos intervalos de tempo analisados; 5) mas que apresentaram valorizações sucessivamente maiores entre esses períodos. Ademais, de modo a: 6) extrair os conceitos gerais por trás dos padrões de gestão territorial, observados em cada período; foi proposta: 7) uma classificação da distribuição espacial e da valorização dos loteamentos por aprendizagem supervisionada; em que: 8) o algoritmo claramente distinguiu as implementações dos planos espaciais (representadas pelas aprovações dos loteamentos) do primeiro e segundo períodos; 9) porém não diferenciou o segundo do terceiro período (ambos sob uma mesma administração municipal); à medida que: 10) a administração do Período A (2006 – 2008) foi associada a loteamentos mais próximos do centro e com menor valorização observada; 11) enquanto que a administração dos Períodos B e

C (2009 – 2013 e 2014 – 2016) foram associadas a grandes glebas periféricas e com maior valorização observada – esse fechamento da parte analítica do estudo, utilizando aprendizagem de máquina, foi interessante pois: 12) reforçou as constatações dos capítulos anteriores, sem eventuais vieses ou limitações inerentes à acuidade do pesquisador em relação aos diferentes períodos observados.

Nesse sentido, a consideração dos alinhamentos políticos nos períodos de gestões administrativas não é proposta, neste estudo, como algo reducionista no campo do racionalismo político – no sentido de usar deduções ou geometrias como engenharia política de categorização dos regimentos políticos –, pelo contrário, isso é algo distante do escopo deste estudo e impraticável, considerando o conceito de cognição política – em que ninguém possui capacidade racional de assimilar todos os fenômenos e eventos que constituem o campo político real do cotidiano. Por outro lado, a inserção da questão partidária é relevante para o enriquecimento da discussão dos resultados, pois permite uma interlocução com o campo da Ciência Política, que considera a identificação político-ideológica como um referencial importante, capaz de oferecer potencial explicativo para compreender concepções referentes, por exemplo, à elaboração e implementação de políticas públicas.

Como enfoque principal deste estudo, no geral, foram examinadas as formas pelas quais os loteamentos aprovados convergiram às estratégias dos planos diretores, analisando: 1) seus aspectos geométrico-espaciais por meio de métricas; 2) aspectos quantitativos e descritivos de conformidade; 3) e de classificação e avaliação da eficiência do crescimento físico-territorial, observado através de índices de *layout* espacial; 4) sob duas administrações municipais de alinhamentos contrastantes; 5) durante três intervalos notáveis de gestão territorial associada à implementação dos planos diretores. As análises mostraram: 6) padrões díspares de crescimento urbano; 7) correspondentes às diferentes gestões territoriais; 8) mesmo quando da implementação de um mesmo plano; 9) sugerindo que os resultados espaciais podem ter sido moldados tanto pela aplicação quanto pela abstenção das regulações de planejamento, caracterizando abordagens contrastantes nas implementações dos planos espaciais.

Em termos de conformidade, isso foi mais destoante no âmbito da administração municipal do Período B implementando o plano instituído durante o Período A, e em termos quantitativo-descritivos, identificou-se um agravamento ainda maior dos aspectos relacionados ao fenômeno de espraiamento urbano após a revisão do PDPDA em 2014, que apresentou uma ampla flexibilização nas regulações do uso e ocupação do solo. Neste contexto, como sugestão para

estudos futuros, seria válido explorar a implementação dos planos espaciais de Araraquara a partir de 2017, considerando o cenário inversamente simétrico dos arranjos de gestão territorial, caracterizado pela continuidade da implementação do PDPDA de 2014, porém com o retorno da mesma administração que foi situação no Período A. Além disso, a consideração do fenômeno MCMV poderia ser melhor aprofundada, pois apesar de os CHIS Faixa 1 atenderem exclusivamente a demanda social e, via de regra, constituírem os impactos socioambientais mais significativos no âmbito das cidades brasileiras, todavia, as Faixas 2 e 3 também podem revelar padrões espaciais relevantes que, se avaliados, também, pela metodologia de ajustamento (pelos mínimos quadrados) de função sigmoide de densidade de ocupação do solo, teriam um maior potencial elucidativo sobre as reais dimensões da política nacional do MCMV na cidade de Araraquara.

Porém, as análises realizadas indicaram que, de modo geral, existiu um evidente desmonte estrutural observado no planejamento urbano a partir de 2009 em Araraquara, e manifesto na revisão do PDPDA em 2014. Nessa conjuntura, os proprietários foram praticamente eximidos da efetivação da função social de suas terras, favorecendo a reprodução do capital imobiliário em detrimento do planejamento ambiental urbano e da própria política habitacional. Por conseguinte, extensas porções do território urbano, consideradas vulneráveis ambientalmente, foram adensadas com aproximadamente 4.500 UHs dos CHIS Faixa 1 financiados no âmbito do Programa MCMV, um cenário em que vulnerabilidades ambientais e sociais são justapostas, por meio de tipologias espacialmente expandidas e populacionalmente densas. Todavia, considerando o enfoque na implementação de planos, os resultados deste estudo demonstram que esses CHIS Faixa 1 não podem ser considerados como fatores determinantes dos padrões espaciais observados nos períodos analisados em Araraquara, pois os resultados da classificação tipológica e distribuição relativa dos loteamentos aprovados demonstraram a manutenção dos padrões espaciais contrastantes, assim como a aprendizagem supervisionada atribuiu conceitos gerais praticamente idênticos, mesmo quando desprezados os CHIS Faixa 1 das análises – não obstante, seria válido ampliar as análises para as Faixas 2 e 3, conforme explicitado anteriormente.

Ademais, neste estudo foi demonstrado como os diferentes períodos de administração municipal influenciaram as estratégias de contenção do espraiamento urbano, por meio da implementação de planos diretores no âmbito da gestão territorial. Esses resultados são relevantes pois fornecem evidências empíricas sobre o papel gestão territorial no crescimento urbano – algo relevante considerando que análises exploratórias por métodos quantitativos

ainda são escassas nos debates acerca da expansão urbana, principalmente em cidades médias brasileiras. Além disso, mais do que uma análise comparativa entre os padrões espaciais dos loteamentos aprovados durante gestões territoriais entre diferentes períodos de administração municipal, este estudo também contribuiu para a elucidação de aspectos de planejamento e formulação de políticas relacionados ao controle da expansão urbana, a partir de algumas estratégias territoriais de desenvolvimento urbano mais sustentável.

Afinal, existe um crescente consenso de que a contenção do espraiamento urbano e a promoção da compactidade urbana podem tanto contribuir para otimização do uso da infraestrutura e redução dos custos da prestação de serviços essenciais, quanto mitigar impactos relacionados à degradação do ambiente, às mudanças climáticas e à redução da qualidade de vida urbana, intrinsecamente relacionados às funções ecossistêmicas e processos geohidrológicos. No entanto, a consolidação de tais premissas depende da convergência de diversos fatores e forças concernentes à gestão territorial, de modo a ordenar o desenvolvimento em prol de formas urbanas mais compactas e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

AGUILERA, F.; VALENZUELA, L. M.; BOTEQUILHA-LEITAO. **Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area.** *Landscape and Urban Planning* 99 (3-4), p. 226-238, 2011.

AHERN, J. **Greenways as a Planning Strategy.** *Landscape and Urban Planning*, 33, p. 131-155, 1995

\_\_\_\_\_. **Greenways in the USA: Theory, trends and prospects.** In: Jongman, R. H. G., Pungetti, G. (Eds.), *Ecological Networks and Greenways: Concept, Design, Implementation.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 34-55, 2004.

\_\_\_\_\_. **From Fail-Safe to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World.** *Landscape and Urban Planning*, 100, 341-343, 2011.

AKOGLU, H. **User's guide to correlation coefficients.** *Turkish Journal of Emergency Medicine* 18, p. 91-93, 2018.

ALEXANDER, N. **Analysis of Parasite and Other Skewed Counts.** *Trop Med Int Health*, 17(6), p. 684–693, 2012.

ALFASI, N.; ALMAGOR, J.; BENENSON, I. **The actual impact of comprehensive land-use plans: Insights from high resolution observations.** *Land Use Policy*, 29, p. 862-877, 2012.

ALTERMAN, R.; HILL, M. **Implementation of Urban Land Use Plans.** *Journal of the American Institute of Planners*, 44 (3), p. 274-285, 1978.

ANGEL, S; PARENT, J.; CIVCO, D.L.; BLEI, A.M. **Atlas of Urban Expansion—2016 Edition, Volume 1: Areas and Densities.** New York: New York University, Nairobi: UN-Habitat, and Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2016.

ARARAQUARA. **Lei 6502 de 15 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre o Valor Venal Imobiliário na Planta Genérica de Valores e dá outras providências. 2006.

\_\_\_\_\_. **Lei 882 de 6 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre o Valor Venal Imobiliário na Planta Genérica de Valores e dá outras providências. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei ordinária nº 5.831, de 05 de junho de 2002.** Dispõe sobre a criação, organização e funcionamento do Conselho Municipal de Planejamento e Política Urbana Ambiental - CMPUA e dá outras providências. 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei ordinária nº 7.095, de 18 de setembro de 2009.** Dispõe sobre alterações na Lei 5.831/02 que cria o Conselho Municipal de Planejamento e Política Urbana Ambiental - CMPUA e dá outras providências. 2009.

\_\_\_\_\_. **Lei ordinária nº 7.271, de 11 de junho de 2010.** Altera dispositivos da Lei nº 5.831, de 5 de junho de 2002 e dá outras providências. 2010.

\_\_\_\_\_. **Lei ordinária nº 8.391, de 05 de fevereiro de 2015.** Cria o Núcleo de Planejamento Urbano – NPU e dá outras providências. 2015.

BAENINGER, R.; JARDIM, M. C.; PEREIRA, G. G.; MACIEL, L. M. **População e cidades: subsídios para o planejamento local e regional.** São Paulo: Cultura Acadêmica, p.24, 2019.

BAKIR, N. Y.; DOĞAN, U.; GÜNGÖR, M. K.; BOSTANCI, B. **Planned development versus unplanned change: The effects on urban planning in Turkey**. *Land Use Policy*, 77, p. 310–321, 2018.

BALESTRINI, M. **O Programa Minha Casa Minha Vida e o marco regulatório urbanístico do município: o caso de Araraquara**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2016.

BARBOSA, L. O. S.; LEAL FILHO, R. S.; OLIVEIRA JUNIOR, F. A.; SOUSA, F. P. Ideologia partidária e crise fiscal dos estados: o caso de Minas Gerais. *Nova Economia*, v. 29, n. 2, p. 487-513, 2019.

BARTH, F. Modelagem Preditiva para Problemas de Classificação. In: **Aprendizagem de máquina, big data e computação cognitiva**, fev/2015. Disponível em: <http://fbarth.net.br/ml/machine/learning/2015/02/27/modelos-preditivos-classificacao.html> . Acesso em: fev/2021.

BENINI, R.; MENDIONDO, E. **Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho**. *Floresta e Ambiente*. 22. P. 211-222, 2015.

BÖHME, K.; ZILLMER, S.; TOPTSIDOU, M.; HOLSTEIN, F. **Territorial Governance and Cohesion Policy. Directorate-general for internal policies, Policy Department B: structural and cohesion policies**. European Parliament, 2015.

BRAGA, R. Avaliação da sustentabilidade da expansão do perímetro urbano da cidade de Piracicaba – SP por meio de indicadores de forma urbana. **Geografa, Ensino & Pesquisa, Vol. 20, n.2, p. 33-44, 2016.**

BRAGA-NETO, U., DOUGHERTY, E. **Exact performance of error estimators for discrete classifiers**. *Pattern Recognition*, Volume 38, Issue 11, p. 1799-1814, 2005.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. 2001.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009**. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nos 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento Regional: **Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV)**. 2020. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/minha-casa-minha-vida/programa-minha-casa-minha-vida-mcmv>

CHELIZ, P. M.; OLIVEIRA, R., C. **Terceiro Milênio e velhos conflitos: o novo plano diretor de Araraquara**. *Minha Cidade*, 14, 2013.

CALTHORPE, P. **The Next American Metropolis**. New York: Princeton Architectural Press, 1993.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. Análise especial de áreas. In: **Análise especial de dados geográficos**, INPE, São José dos Campos, 2002.

CAOP – Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Habitação e Urbanismo. **Consideração Técnica n. 12/2013**. Ministério Público do Paraná, 2013.

CAPANO, G.; HOWLETT, M. **The Knowns and Unknowns of Policy Instrument Analysis: Policy Tools and the Current Research Agenda on Policy Mixes**. Sage Open, jan-mar, p. 1-13, 2020.

CARVALHO Jr., P. H. B. **Distributive aspects of real estate property and its taxation among Brazilian families**. Texto para Discussão n° 1417a. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2009.

CHATEL, C.; SPOSITO, M.E.B. Forma e expansão urbanas no Brasil: fatos e hipóteses. Primeiros resultados do banco de dados Brasíliapolis. **Revista Cidades**, v. 12 (21), 2015, p. 108-152.

CHENG, L.; BROWN, G.; LIU, Y.; SEARLE, G. **An evaluation of contemporary China's land use policy – the Link Policy: a case study from Ezhou, Hubei Province**. Land Use Policy 91, 104423, 2020.

CODATO, A.; FRANZ, P. Ministros-técnicos e ministros-políticos nos governos do PSDB e do PT. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 5, p. 776-796, 2018.

COLSAET, A.; LAURANS, Y.; LEVREL, H. **What drives land take and urban land expansion?** A systematic review. Land Use Policy, 79, p. 339-349, 2018.

COMPANS, R. **A cidade contra a favela: a nova ameaça ambiental**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 9(1), p. 83-99, 2007.

CRAWFORD, T. W. **Where does the coast sprawl the most? Trajectories of residential development and sprawl in coastal North Carolina, 1971-2000**. Landscape and Urban Planning 83 (4), p. 294-307, 2007.

DAAE - Departamento Autônomo de Água E Esgoto. **Conselho consultivo: reunião de 14/08/2017**. 2017. Disponível em: [http://www.assemae.org.br/feira-de-saneamento-47-congresso/item/download/1476\\_1b99dc8f0ebc338c6cd0952caf947532](http://www.assemae.org.br/feira-de-saneamento-47-congresso/item/download/1476_1b99dc8f0ebc338c6cd0952caf947532). Acesso em: Jan/2018.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Precipitações intensas no Estado de São Paulo**. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, 2016.

DAVOUDI, S.; EVANS, N.; GOVERNA, F.; SANTANGELO, M. **Territorial governance in the making. Approaches, methodologies, practices**. Boletín de la A.G.E. n.º 46, 2008, p. 33-52.

DENG, J.S.; WAND, K.; HONG, Y.; QI, J.G. **Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization**. Landscape Urban Plan. 92, p. 187–198, 2009.

DIBARI, J. **Evaluation of five landscape-level metrics for measuring the effects of urbanization on landscape structure: the case of Tucson, Arizona, USA**. Landscape and Urban Planning. 79, p. 308–313, 2007.

ESPINAL, E. A.; MOLANO, R. C.; GIRALDO, L. V. P. **Territorial Governance: A Bibliometric Analysis**. Journal of Management, v. 36 (68), p. 14-27, 2020.

ESPINDOLA, G.; CARNEIRO, E. FAÇANHA, A. **Four decades of urban sprawl and population growth in Teresina, Brazil**. Applied Geography, 79, p. 73-83, 2017.

EWING, R. H. **Characteristics, causes, and effects of sprawl: a literature review**. In: Marzluff, J., Shulenberg, E., Endlicher, W., Alberti, M., Bradley, G., Ryan, C., ZumBrunnen, C., Simon, U. (Eds.), *Urban Ecology*. Berlin: Springer, 519–535, 2008.

EWING, R. **Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable?** *Journal of the American Planning Association* 63 (1), 1997.

EWING, R.; PENDALL, R.; CHEN, D.D.T. **Measuring Sprawl and Its Impact**. Smart Growth America, 2002.

EWING, R.; HAMIDI, S. **Measuring urban sprawl and validating sprawl measures**. Washington, DC: National Institutes of Health and Smart Growth America, 2014.

FALCOSKI, L.A.N. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Araraquara: instrumentos urbanísticos inovadores e agenda para uma cidade sustentável**. In: PLANOS diretores municipais-novos conceitos de planejamento territorial. São Paulo, AnnaBlume, 2007.

FALCOSKI, L.A.N.; PAIVA, C. C. de; PIERINI, C. R.; MENZORI, I.D. Os limites da PGV de 2017 do município de Araraquara (SP): Perspectivas de inovação social e instrumental. In: **Anais do 8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Coimbra, Portugal, 2018.

FALUDI, A. **The Performance of Spatial Planning**. *Planning Practice and Research*, 15 (4), p.299-318, 2000.

FERNANDES, E. The City Statute and the legal-urban order. In: Carvalho, C. S.; Rossbach, A. (Orgs.), **The City Statute: a commentary**. Cities Alliance and Ministry of Cities, São Paulo, pp. 55-70, 2010.

FIORETTI, C., PERTOLDI, M., BUSTI, M., VAN HEERDEN, S. **Handbook of Sustainable Urban Development Strategies**, EUR 29990 EM. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020.

FREITAS, C. F. S. **Ilegalidade e degradação em Fortaleza: os riscos do conflito entre a agenda urbana e ambiental brasileira**. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 6(1), p. 109-125, 2014.

\_\_\_\_\_. **Regulações territoriais e expansão urbana informal: é possível preservar e incluir?**. Paranoá: Caderno de Arquitetura e Urbanismo, 19 (9), 2018.

FRENKEL, A.; ASHKENAZI, M. **Measuring urban sprawl: how can we deal with it?** *Environment and Planning B-Planning & Design* 35 (1), p. 56-79, 2008.

FULLER, B. B. **Caracterização espaço-temporal dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia do ribeirão do Ouro, Araraquara, SP**. Dissertação de Mestrado, Uniara, 144 p, 2008.

GALLO, F.; SOMAIN, R.; DROULERS, M. **Federalismo e competências tributárias, uma geografia dos impostos**. *Confins*, 32, p. 1-30, 2017.

GALSTER, G.; HANSON, R.; RATCLIFFE, M.R.; WOLMAN, H.; COLEMAN, S.; FREIHAGE, J. **Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept**. *Hous. Policy Debate* 12 (4), p. 681–717, 2001.



- GAROTTI, L.M.; BARBASSA, A.P. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial**. Eng. Sanit. Ambient. [online], vol.15, n.1, p.19-28, 2010.
- GEOGHEGAN, J.; WAINGER, L.A.; BOCKSTAEL, N.E. **Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS**. Ecological Economics 23, p. 251–264, 1997.
- GERTEN, C.; FINA, S.; RUSCHE, K. **The Sprawling Planet: Simplifying the Measurement of Global Urbanization Trends**. Frontiers in Environmental Science, 7, 140, 2019.
- GIBBS, J. P. **A method for comparing the spatial shapes of urban units**. In Gibbs, J.P. ed. Urban Research Methods. Princeton, NJ: Van Nostrand, p. 99-106, 1961.
- GONÇALVES, L. M. **Os vazios urbanos como elemento estruturador do planejamento urbano**. In: Anais do Quarto Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 2010.
- GOULART, J. O.; TERCI, E. T.; OTERO, E. V. **Participação política e gestão urbana sob o Estatuto da Cidade**. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão*, v. 7, n. 1, p. 122-135, 2015.
- GOUVEIA, A. B. **Avaliação da política educacional municipal: em busca de indicadores de efetividade nos âmbitos do acesso, gestão e financiamento**. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 17, n. 64, p. 449-476, 2009.
- GUNAWARDENA, K. R., WELLS, M. J., KERSHAW, T. **Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity**. Science of The Total Environment, 584-585, p. 1040-1055, 2017.
- GÜNERALP, G.; REBA, M.; HALES, B. U.; WENTZ, E. A.; SETO, K. C. **Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: a global synthesis**. Environmental Research Letters, 15 (4), 044015, 2020.
- GÜNERALP, B.; PERLSTEIN, A.; SETO, K. **Balancing urban growth and ecological conservation: A challenge for planning and governance in China**. Ambio, 44, p. 532–543, 2015.
- GUO, Z.; HU, Y.; ZHENG, X. **Evaluating the effectiveness of land use master plans in built-up land management: A case study of the Jinan Municipality, eastern China**. Land Use Policy, 91, 104369, 2020.
- HAHS, A.; MCDONNELL, M. **Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban–rural gradient**. Landscape and Urban Planning, 78, p. 435-448, 2006.
- HAMIDI, S.; EWING, R. **A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States**. Landsc. Urban Plan. 128, p. 72–82, 2014.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. Palaeontologia Electronica, vol. 4, issue 1, art. 4: 9p, 2001.
- HEIMLICH, R. ANDERSON, W. **Development at the Urban Fringe and Beyond: Impacts on Agriculture and Rural Land**. In: **Economic Research Service, U.S. Dept. of Agriculture**, AER-803, 2001.

HEROLD, M.; COUCLELIS, H.; CLARKE, K. **The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change**. Computers, Environment and Urban Systems 29 (4), p. 369-399, 2005.

HEROLD, M.; GOLDSTEIN, N.; CLARKE, K. **The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling**. Remote Sensing of Environment, p. 286-302, 2003.

HEROLD, M.; SCEPAN, J.; CLARKE, K. C. **The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses**. Environment and Planning A 34 (8), p. 1443-1458, 2002.

HERSPERGER, A. M.; OLIVEIRA, E.; PAGLIARIN, S.; PALKA, G.; VERBURG, P.; BOLLIGER, J.; GRĂDINARU, S. **Urban land-use change: The role of strategic spatial planning**. Global Environmental Change, 51, p. 32-42, 2018.

HERZOG, C. P. Teoria e prática em construções sustentáveis no Brasil – Projeto CCPS. Seção IV: **Ambiente construído. Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis**. ICLEI. 2010. Disponível em: [https://inverde.files.wordpress.com/2011/05/secao-iv\\_3\\_infra\\_verde\\_docfinal\\_rev.pdf](https://inverde.files.wordpress.com/2011/05/secao-iv_3_infra_verde_docfinal_rev.pdf). Acesso em Jan/2018.

HORN, A. **Urban Growth Management Best Practices: Towards Implications for the Developing World**. International Planning Studies, 20, p. 131-145, 2014.

\_\_\_\_\_. **Letting go: Evaluating spatial outcomes and political decision-making heralding the termination of the urban edge in Cape Town, South Africa**. Land Use Policy, 78, p. 176–184, 2018.

\_\_\_\_\_. **Reviewing Implications of Urban Growth Management and Spatial Governance in the Global South**. Planning Practice & Research, 35 (4), p. 452-465, 2020.

HUANG, J.; LU, X. X.; SELLERS, J. **A Global Comparative Analysis of Urban Form: Applying Spatial Metrics and Remote Sensing**. Landscape and Urban Planning, 82, p. 184-197, 2007.

HUANG, Y.; LUO, X. Reshaping economic geography in China. In: HUANG, Y.; BOCCHI, A.M. (Eds.) **Reshaping Economic Geography in East Asia**. The World Bank, Washington, DC, p. 196–217, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: Jun/2020.

\_\_\_\_\_. **Malha municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15774-malhas.html?=&t=downloads> . Acesso em: set/2020.

\_\_\_\_\_. População recenseada. In: **Situação demográfica**, p. 31, 1962. Disponível em: [https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos\\_download/populacao/1962/populacao\\_1962aeb\\_07\\_08.pdf](https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos_download/populacao/1962/populacao_1962aeb_07_08.pdf). Acesso em: Dez/2020.

\_\_\_\_\_. Resultado do Censo Demográfico – 1970. In: **Situação demográfica**, 1973. Disponível em: [https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos\\_download/populacao/1973/populacao\\_m\\_1973aeb\\_061\\_a\\_063.xls](https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos_download/populacao/1973/populacao_m_1973aeb_061_a_063.xls). Acesso em Dez/2020.

INOSTROZA, L.; BAUR, R.; CSAPLOVICS, E. **Urban sprawl and fragmentation in Latin America: a dynamic quantification and characterization of spatial patterns**. *J. Environ. Manage.* 115, p. 87–97, 2013.

IRWIN, E.; BOCKSTAEL, N. **The Evolution of Urban Sprawl: Evidence of Spatial Heterogeneity and Increasing Land Fragmentation**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104, 2007.

JABAREEN, Y. R. **Sustainable urban forms: their typologies, models and concepts**. *Journal of Planning Education and Research*, 26, p. 38-52, 2006.

\_\_\_\_\_. **A new conceptual framework for sustainable development**. *Environment, Development and Sustainability*, 10, 179–192, 2008.

JAEGER, J. A. G.; BERTILLER, R.; SCHWICK, C.; KIENAST, F. **Suitability criteria for measures of urban sprawl**. *Ecological Indicators*, 10, p. 397–406, 2010.

JENKS, M.; JONES, C. **Dimensions of the Sustainable City**. London/New York: Springer, 2010.

JESUS, P.; DENALDI, R. **Experiências de regulação urbana e suas possibilidades: análise a partir do Programa Minha Casa Minha Vida na Região do Grande ABC (São Paulo)**. *EURE*, 44(132), p. 67-87, 2018.

JI, W.; MA, J.; TWIBELL, R.M.; UNDERHILL, K. **Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics**. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30, p. 861-879, 2006.

JIA, M.; LIU, Y.; LIESKE, S. N.; CHEN, T. **Public policy change and its impact on urban expansion: An evaluation of 265 cities in China**. *Land Use Policy*, 97, p. 1-14, 2020.

JIAO, L. **Urban land density function: A new method to characterize urban expansion**. *Landscape and Urban Planning* 139 26–39, 2015.

JONES, K. E.; PATEL, N. G.; LEVY, M. A.; et al. **Global trends in emerging infectious diseases**. *Nature*, 451, p. 990–993, 2008.

KAUCHAKJE, S. **Esquerda e direita importam: Partidos políticos e valores de vereadores sobre direitos sociais**. *Civitas - Revista de Ciências Sociais*, v. 12, n. 2, p. 236-261, 2012.

KEERATIKASIKORN, C. **A comparative study on four major cities in Northeastern Thailand using urban land density function**. *Geo-spatial Information Science*, Vol. 21, no. 2, 93–101, 2018.

KIM, C.E.; ANDERSON, T.A. **Digital disks and a digital compactness measure**. In: *Proceedings of the sixteenth annual ACM symposium on Theory of computing*, New York, N.Y.: ACM Press, p. 117-124, 1984.

KIRKWOOD, B.R.; STERNE, J.A.C. **Essentials of Medical Statistics**. 2nd edn. Blackwell Scientific Publications; Oxford: 2003.

KLINK, J.; DENALDI, R. **On financialization and state spatial fixes in Brazil. A geographical and historical interpretation of the housing program My House My Life**. *Habitat International*, 44, p. 220-226, 2014.

- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MUIANGA, E.; GRANJA, A. D.; MOREIRA, D. C.; BERNARDINI, S. P.; CASTRO, M. R. **A critical analysis of research of a mass-housing programme.** *Building Research & Information*, v. 47, n. 6, p. 716-733, 2019.
- KYNČLOVÁ, P.; HRON, K. FILZMOSE, P. **Correlation Between Compositional Parts Based on Symmetric Balances.** *Math Geosci* 49, p. 777–796, 2017.
- LEHMANN, S. **Sustainable urbanism: towards a framework for quality and optimal density?** *Future Cities and Environment*. Springer Open, 2:8, 2016.
- LEI, Y.; FLACKE, J.; SCHWARZ, N. **Does Urban planning affect urban growth pattern? A case study of Shenzhen, China.** *Land Use Policy*, 101, p. 105100, 2021.
- LEITE, W. C. de A. **O Meio Ambiente em Araraquara: um percurso a ser corrigido.** DAAE, Araraquara, 2017. Disponível em: <http://www.daaeararaquara.com.br/noticias-daae-araraquara/327-o-meio-ambiente-em-araraquara-um-percurso-a-ser-corrigido.html>. Acesso em: Jan/2018.
- LEMMA, M. *Gestión municipal y planificación urbana en Córdoba, Argentina (1983-2011).* **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 3, p. 474-486, 2017.
- LI, W.; GOODCHILD, M.; CHURCH, R. **An Efficient Measure of Compactness for Two-Dimensional Shapes and Its Application in Regionalization Problems.** *International Journal of Geographical Information Science*, 27, p. 1227-1250, 2013.
- LI, X.; YEH, A. G-O. **Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS.** *Landscape and Urban Planning*, 69, P. 335–354, 2004.
- LIBERTUN DE DUREN, N. R., 2018. **Why there? Developers' rationale for building social housing in the urban periphery in Latin America.** *Cities*, 72, p. 411–420, 2018.
- LITTLE, C. E. **Greenways for America.** Johns Hopkins University Press. 1995.
- LIU, Y.; FANG, F.; LI, Y. **Key issues of land use in China and implications for policy making.** *Land Use Policy*, 40, p. 6–12, 2014
- LIU, Y.; LONG, H.; CHEN, Y. **Progress of research on urban-rural transformation and rural development in China in the past decade and future prospects.** *Journal of Geographical Sciences*, 26, p. 1117–1132, 2016.
- LIU, Y.; LI, J.; YANG, Y. **Strategic adjustment of land use policy under the economic transformation.** *Land Use Policy*, 74, p. 5–14, 2018.
- LOMBARD, M. **Land conflict in peri-urban areas: Exploring the effects of land reform on informal settlement in Mexico.** *Urban Studies*, 53 (13), p. 2700–2720, 2016.
- LOPES, J. M. A.; SHIMBO, L. Z. Projeto e produção da habitação na região central do estado de São Paulo: condições e contradições do PMCMV. Em: C. S. Amore, L. Z. Shimbo & M. B. C. Rufino (eds.), **Minha Casa... e a cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados brasileiros**, p. 229-254, 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.
- LYLES, W.; BERKE, P.; SMITH, G. **Local plan implementation: Assessing conformance and influence of local plans in the United States.** *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43 (2), p. 381–400, 2016.

LYONS, G. **Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable**. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 115, September, p. 4-14, 2018.

MADEIRA, R. M.; TAROUCO, G. S. Esquerda e Direita no Brasil: uma análise conceitual. **Revista Pós Ciências Sociais**, v. 8, n. 15, p. 171-186, 2011.

MAFFEZZOLLI, R. C.; BOEHS, C. G. E. **Uma reflexão sobre o estudo de caso como método de pesquisa**. Rev. FAE, Curitiba, v.11, n.1, p.95-110, 2008.

MAHENDRA, A.; SETO, K.C. **Upward and Outward Growth: Managing Urban Expansion for More Equitable Cities in the Global South**. World Resources Report: Towards a More Equal City, January, 2019.

MALINVERNI, E. **Change Detection Applying Landscape Metrics on High Remote Sensing Images**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 77, 2011.

MANÉCOLO, F. **Uma cidade chamada Selmi Dei**. A Cidade ON, 2019. Disponível em: [https://www.acidadeon.com/araraquara/blogs/seu-nome-esta-na-rua/BLOG,0,0,1433404,uma+cidade+chamada+selmi+dei.aspx?fbclid=IwAR1tahp-vzCGzGBb9s48\\_pRIIQjtMRqNwTKFeVddVjeE4G6CNlw1x6Iabos](https://www.acidadeon.com/araraquara/blogs/seu-nome-esta-na-rua/BLOG,0,0,1433404,uma+cidade+chamada+selmi+dei.aspx?fbclid=IwAR1tahp-vzCGzGBb9s48_pRIIQjtMRqNwTKFeVddVjeE4G6CNlw1x6Iabos). Acesso em Jan/21.

MARICATO, E. **Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade desigualdade e violência**. São Paulo, Hucitec: 1995. Disponível em: [http://fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato\\_metrperif.pdf](http://fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato_metrperif.pdf) . Acesso em: Jan/2018.

\_\_\_\_\_. **The statute of the peripheral city**. In: Carvalho, C. S., Rossbach, A. (Orgs.), *The City Statute: a commentary*. Cities Alliances/ Ministry of Cities Brazil, São Paulo, p. 5-22, 2010.

MEAULO, F. J. **Caracterização geológica, hidrogeológica e o mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição dos aquíferos, na escala 1:25.000, das áreas urbanas e de expansão do município de Araraquara-SP**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

MENZORI, I. D. **Dinâmicas territoriais e os corredores verdes como modelos de estruturação espacial urbana: abordagens inter-relacionais na cidade de Araraquara-SP**. 2018. 230 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

MENZORI, I. D., FALCOSKI, L. A. N. **Mapeamento e análise das áreas de preservação permanente e dos corredores de integração ecológica de Araquara, SP**. Ambiente Construído, 17 (2), p. 7-20, 2017.

MENZORI, I.D.; GONÇALVES, L.M.; KELLNER, E. Configurações Urbanas e Função Socioambiental da Cidade: Análises Sintéticas em Araraquara-SP. In: **II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana**, São Paulo, 2019.

MENZORI, I.D.; SOUSA, I.C.N. de; GONÇALVES, L.M. **As políticas de expansão urbana nas cidades brasileiras**. Nexo Acadêmico, São Paulo, 09 Jun. 2021a.

MENZORI, I.D.; SOUSA, I.C.N. de; GONÇALVES, L.M. **Urban growth management and territorial governance approaches: a master plans conformance analysis**. Land Use Policy, 105(3), 2021b.

MINITAB Blog Editor. **Choosing Between a Nonparametric Test and a Parametric Test.** Disponível em: <https://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/choosing-between-a-nonparametric-test-and-a-parametric-test>. Acesso em: fev/2021.

MITLIN, D.; SATTERTHWAITTE, D. Sustainable Development and Cities. In: Cedric P. (Ed.), **Sustainability, the Environment and Urbanization.** Earthscan Publications Limited, London, p. 23-61, 2002.

MONTEIRO, L., MOURA, J. T. V. **Mapeando o debate entre os modelos de gestão pública no Brasil.** Revista NAU Social, 10(18), 99 – 111, 2019.

MONTERO, R. S.; BRIBIESCA, E. **State of the art of compactness and circularity measures.** International Mathematical Forum. 4, p. 1305-1335, 2009.

OKADA, H. K. R., NEVES, A. R. N. das., SHITSUKA, R. **Análise de Algoritmos de Indução de Árvores de Decisão.** Res., Soc. Dev., p. 8(11), 2019.

OKE, T. R. **The micrometeorology of the urban forest.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* Series B, Biological Sciences, 324(1223), p. 335–349, 1989.

OLIVEIRA, E.; HERSPERGER, A. M. **Governance arrangements, funding mechanisms and power configurations in current practices of strategic spatial plan implementation.** Land use policy, 76, p. 623-633, 2018.

OLIVEIRA, V.; PINHO, P. **Evaluation in Urban Planning: Advances and Prospects.** Journal of Planning Literature, 24 (4), p. 343–361, 2010.

ONDETTI, G. **The social function of property, land rights and social welfare in Brazil.** Land Use Policy, 50, p. 29–37, 2016.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Conference on Housing and Sustainable Urban Development,** Habitat III Issue Papers. 2017. Available at: <http://habitat3.org/documents-and-archive/preparatory-documents/issue-papers/>

\_\_\_\_\_. **Habitat III Issue Papers: 6 – Urban Governance.** 2015a. Disponível em: < <http://unhabitat.org/issue-papers-and-policy-units/>>. Acesso em: 27 de agosto de 2016.

\_\_\_\_\_. **Habitat III Issue Papers: 8 – Urban and Spatial Planning and Design.** 2015b. Disponível em: < <http://unhabitat.org/issue-papers-and-policy-units/>>. Acesso em: 27 de agosto de 2016.

\_\_\_\_\_. **Urban Patterns for a Green Economy: Leveraging density.** Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2012.

OSSERMAN, R. **Isoperimetric inequality.** *Bulletin of the American Mathematical Society*, 84 (6), p. 1182-1238, 1978.

PADEIRO, M. **Conformance in land-use planning: The determinants of decision, conversion and transgression.** Land Use Policy, 55, p. 285-299, 2016.

PAGLIARIN, S. **Linking processes and patterns: Spatial planning, governance and urban sprawl in the Barcelona and Milan metropolitan regions.** Urban Studies, 55 (16), p. 3650-3668, 2018.

PATRA, S.; SAHOO, S.; MISHRA, P.; MAHAPATRA, S. C. **Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level.** Journal of Urban Management, 7, P. 70–84, 2018.

PATZ, J. A.; DASZAK, P.; TABOR, G. M. *et al.*, 2004. **Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence**. *Environmental Health Perspectives*, 112, 1092–1098.

PERES, R.B. **O planejamento regional e urbano e a questão ambiental: análise da relação entre o plano de bacia hidrográfica Tietê-Jacaré e os planos diretores municipais de Araraquara e São Carlos, SP**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Carlos, 370f, 2012.

PERES, R. B., SILVA, R. S. da. **Análise das relações entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP: avanços e desafios visando a integração de instrumentos de gestão**. *Sociedade & Natureza*, 25, p. 349-362, 2013.

PETERS, B. G. “Review: **Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability** by R. W. Rhodes”, *Public Administration* 76: 408-509. 1998

PHAM, H. M.; YAMAGUCHI, Y.; BUI, Q-T. **A case study on the relation between city planning and urban growth using remote sensing and spatial metrics**. *Landscape and Urban Planning*, 100, p. 223-230, 2011.

PMA - PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA. **Lei Complementar nº 350**, de 27 de Dezembro de 2005, Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (PDDPA). 2005.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 8095**, de 10 de Dezembro de 2013, Fixa o perímetro urbano do Município de Araraquara, medida decorrente das alterações do plano diretor em face da instalação da empresa BAXTER HOSPITALAR LTDA na cidade e dá outras providências. 2013.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 850**, de 11 de fevereiro de 2014, Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (PDDPA). 2014a.

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 858** de 20 de Outubro de 2014. Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (PDDPA), 2014b.

\_\_\_\_\_. **Mapa da cidade**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), 2017. Disponível em: <http://www3.araraquara.sp.gov.br/Pagina/Default.aspx?IDPagina=3972> . Acesso em: Dez/2017.

\_\_\_\_\_. **Mapa de evolução urbana: 2006 – 2016**. Gerência de Sistemas de Informações Geográficas (GSIG). 2016.

\_\_\_\_\_. **Mapa georreferenciado da malha urbana**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2006.

PMSP – PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **DP-H06 Diretrizes de projeto para estudos hidrológicos: Método de I-Pai-Wu**. Secretaria de vias públicas. Superintendência de projetos e de obras, 1999.

PORTAL MORADA. **Chuva volta a provocar estragos em Araraquara**. 2016. Disponível em: < <http://www.portalmorada.com.br/noticias/cidade/chuva-volta-a-provocar-estragos-em-araraquara:56043> >. Acesso em: jan/2017.

PORTUGAL, J. L. Modelagem de dados espaciais. In: **Anais do Simpósio da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações**, VI, Recife: SOBREA, 2014.

- PULHEZ, M. **A gestão da política habitacional em São Paulo**. Dossiê capitais do urbano Notas sobre as interações entre Estado e empresas privadas. Novos estud. Cebrap, São Paulo, v35.02, p. 99-116, julho 2016.
- REIS, J.; SILVA, E.; PINHO, P. **Spatial Metrics to Study Urban Patterns in Growing and Shrinking Cities**. Urban Geography. 37, 2015.
- RIBEIRO, R.A.; GONÇALVES, L.M. **Sustentabilidade ambiental nas cidades contemporâneas: uma análise do significado do verde um século após o modelo de cidade jardim**. ANAP Brasil, v. 9, p. 70-80, 2016.
- RICHARDSON, L.F. A note: Measuring compactness as a requirement of legislative apportionment. **Mid-west Journal of Political Science**, 5, p. 70-74, 1961.
- ROCCO, R.; ROYER, L.; GONÇALVES, F. M. **Characterization of Spatial Planning in Brazil: The Right to the City in Theory and Practice**. Planning Practice & Research, 34 (4), p. 419-437, 2019.
- ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K. et al. **A safe operating space for humanity**. Nature, 461, p. 472–475, 2009.
- ROLNIK, R. **Ten years of the City Statute in Brazil: from the struggle for urban reform to the World Cup cities**. International Journal of Urban Sustainable Development, 5 (1), p. 54-64, 2013.
- RUFINO, M. B. C. **Um olhar sobre a produção do PMCMV a partir de eixos analíticos**. Em C. S. Amore, L. Z. Shimbro, & M. B. C. Rufino (Orgs). Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros (51-72). 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.
- SACHS D.L.; SOLLINS, P.; COHEN, W.B. **Detecting landscape changes in the interior of British Columbia from 1975 to 1992 using satellite imagery**. Canadian Journal of Forest Research, 28, p. 23–36, 1998.
- SANTORO, P. F. Urban planning instruments for promoting social interest housing. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 17 (2), p. 99-117, 2015.
- SANTORO, P. F. Perímetro urbano flexível, urbanização sob demanda e incompleta: o papel do Estado frente ao desafio do planejamento da expansão urbana. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 16 (1), p. 169-187, 2014.
- SANTOS, M. H. S. **Análise da revisão do Plano Diretor de Araraquara-SP (2014): Em discussão o papel do Legislativo e os pilares da participação no planejamento urbano**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP. 2018.
- SANTOS, P. dos. **Represa da captação de água de Araraquara sofre com assoreamento**. Tribuna Imprensa, Araraquara 25 de maio de 2014. Caderno CIDADES. p.1-2, 2014.
- SAURA, S.; CARBALLAL, P. **Discrimination of native and exotic forest patterns through shape irregularity indices: An analysis in the landscapes of Galicia, Spain**. Landscape Ecology. 19, p. 647-662, 2004.
- SAGLIE, I. L.; SANDBERG, S. L. **Urban expansion in Norway-development by plan?** Scand. Hous. Plann. Res., 14, p. 51–70, 1997.



- SCHEIDT, F. S. S.; SILVA, P. R.; SILVA, S. M. C. P.; HIROTA, E. H. **Consideração de requisitos ambientais em empreendimentos habitacionais de interesse social: um estudo de caso.** *Ambiente Construído*, 10(1), p. 91-106, 2010.
- SCHMITT, P.; WIECHMANN, T. **Unpacking Spatial Planning as the Governance of Place.** *disP - The Planning Review*, 54 (4), p. 21-33, 2018.
- SCHNEIDER, A.; SETO, K. C.; WEBSTER, D. R. **Urban growth in Chengdu, Western China: application of remote sensing to assess planning and policy outcomes.** *Environment and Planning B: Planning & Design*, 32(3), p. 323-345, 2005.
- SCHNEIDER, A.; WOODCOCK, C. E. **Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information.** *Urban Studies* 45 (3), p. 659-692, 2008.
- SCHETKE, S.; HAASE, D. **Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany.** *Environmental Impact Assessment Review* 28 (7), p. 483-503, 2008.
- SCHWARZ, N. **Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities.** *Landscape and Urban Planning* 96 (1), p. 29-47, 2010.
- SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados. **Perfil dos municípios brasileiros.** Disponível em: <https://perfil.seade.gov.br/> . Acesso em: set/2020.
- SETO, K. C.; FRAGKIAS, M. **Quantifying Spatiotemporal Patterns of Urban Land-use Change in Four Cities of China with Time Series Landscape Metrics.** *Landscape Ecology*. 20, 2005.
- SETO, K. C., GUNERALP, B., HUTYRA, L. R. **Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088, 2012.
- SHEN, X.; WANG, X.; ZHANG, Z.; LU, Z.; LV, T. **Evaluating the Effectiveness of Land Use Plans in Containing Urban Expansion: An Integrated View.** *Land Use Policy*, 80, p. 205–213, 2019.
- SILVA, E. A.; AHERN, J.; WILEDEN, J. **Strategies for landscape ecology: An application using cellular automata models.** *Progress in Planning* 70, p. 133-177, 2008.
- SILVA, L. S.; TRAVASSOS, L. **Problemas ambientais urbanos: desafio para a elaboração de políticas públicas integradas.** PUC-SP, *Cadernos Metrópole*, n. 19, São Paulo, jan-jun, p. 27-47, 2008.
- SONG, Y.; KNAAP, G.J. **Measuring urban form: Is portland winning the war on sprawl?** *J. Am. Plan. Assoc.* 70, p. 210–225, 2004.
- SOUZA, Celina. **Políticas Públicas: uma revisão da literatura.** *Sociologias*, ano 8, n. 16, p. 20-45, 2006.
- SPERANDELLI, D. I.; DUPAS, F. A.; DIAS-PONS, N. A. **Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil.** *Journal of Urban Planning and Development*, 139(4), p. 274-279, 2013.

- SUMARI, N. S.; XU, G.; UJOH, F.; KORAH, P. I.; EBOHON, O.J.; LYIMO, N. N. **A Geospatial Approach to Sustainable Urban Planning: Lessons for Morogoro Municipal Council, Tanzania.** *Sustainability*, 11, 6508, 2019.
- SUN, C.; WU, Z.; LV, Z-Q.; YAO, N.; WEI, J-B. **Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 21, p. 409–417, 2013.
- TELAROLLI, R. **Para uma história de Araraquara (1800-2000).** Araraquara: Unesp/FLC, Laboratório Editorial, 232p, 2003.
- THAKURIAH, P.; TILAHUN, N.; ZELLNER, M. **Big Data and Urban Informatics: Innovations and Challenges to Urban Planning and Knowledge Discovery.** In Proc. of NSF Workshop on Big Data and Urban Informatics, p. 4-32, 2015.
- TOLEDO, R. A. **Trajetórias do planejamento urbano no município de Araraquara: centralismo decisório ou participação?** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, SP. 2013.
- TORRENS, P. **A Toolkit for Measuring Sprawl.** *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1, p. 5-36, 2008.
- TSAI, Y.H. **Quantifying urban form: compactness versus 'Sprawl'.** *Urban Stud.* 42, p. 141–161, 2005.
- VERGARA, L.; SALAZAR, G. Non-metropolitan cities in Latin American urban studies: between 'trickle-down urban theory' and 'singularisation theory'. **International Development Planning Review**, v. 43, n. 3, p. 321-344, 2021.
- VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In: Deák, C.; Schiffer, S. T. R. (Eds.). O processo de urbanização no Brasil.* 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. p. 169-244.
- WALSH, C. **Spatial planning and territorial governance: managing urban development in a rapid growth context.** *Urban Research & Practice*, 5 (1), p. 44-61, 2012.
- WATSON, V. **Seeing from the south: Refocusing urban planning on the globe's central urban issues.** *Urban Studies*, 46 (11), p. 2259–2275, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Planning and the 'stubborn realities' of global south-east cities: Some emerging ideas.** *Planning Theory*, 12 (1), p. 81–100, 2012.
- WEAVER, B.; KOOPMAN. **An SPSS Macro to Compute Confidence Intervals for Pearson's Correlation.** *The Quantitative Methods for Psychology*, 10(1), p. 29-39, 2014.
- WEI, Y.; EWING, R. **Urban expansion, sprawl and inequality.** *Landscape and Urban Planning*, 117, p. 259-265, 2018.
- WEI, Y. P.; ZHAO, M. **Urban spill over vs local urban sprawl: Entangling land-use regulations in the urban growth of China's megacities.** *Land Use Policy*, 26, p. 1031–1045, 2009.
- WENG, Y-C. **Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization.** *Landscape and Urban Planning* 81 (4), p. 341-353, 2007.
- WIRTH, M. A. **Shape Analysis & Measurement.** Department of Computing and Information Science. University of Guelph, 2004. Disponível em:

<http://www.cyto.purdue.edu/cdroms/micro2/content/education/wirth10.pdf>. Acesso em Junho/2020.

WU, J. G.; JENERETTE, D.; BUYANTUYEV, A.; REDMAN, C. L. **Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States**. *Ecological Complexity* 8 (1), p. 1-8, 2011.

WU, S.; SUMARI, N.S.; DONG, T.; XU, G.; LIU, Y. **Characterizing Urban Expansion Combining Concentric-Ring and Grid-Based Analysis for Latin American Cities**. *Land*, 10, 444, 2021.

XU, C.; LIU, M.; ZHANG, C.; AN, S.; YU, W.; CHEN, J. **The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China**. *Landscape Ecology*, 22, p. 925-937, 2007.

YE, L.; WU, A. M. **Urbanization, land development, and land financing: evidence from Chinese cities**. *Journal of Urban Affairs*, 36, p. 354–368, 2014.

YU, X. J.; NG, C. N. **Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along twourban–rural transects: A case study of Guangzhou, China**. *Landscape and UrbanPlanning*, 79(1), p. 96–109, 2007.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A**  
**Revisão não-exaustiva da literatura sobre métricas espaciais**

Métricas	Equação
<b>Urban mesh populational density (DU):</b> Huang et al. (2007); Braga (2016).	1
<b>Number of patches (NP):</b> Herold et al. (2003); Herold et al. (2005); Seto e Fragkias (2005); Hahs e McDonnell (2006); Yu e Ng (2007); Torrens (2008); Deng et al. (2009); Huang et al. (2009); Schwartz (2010); Aguilera et al. (2011); Pham et al. (2011).	2
<b>Mean patch size (MPS):</b> Herold et al. (2005); Schneider et al. (2005); Seto e Fragkias (2005); Irwin e Bockstael (2007); Yu e Ng (2007); Weng (2007); Frenkel e Ashkenazi (2008); Silva et al. (2008); Deng et al. (2009); Huang e Luo (2009); Schwartz (2010); Aguilera et al. (2011); Wu et al. (2011); Sun et al. (2013).	3
<b>Patch size standard deviation (PSSD):</b> Herold et al. (2002); Herold et al. (2005); Schwartz (2010).	4
<b>Patch size coefficient variation (PSCOV):</b> Seto e Fragkias (2005); Schwartz (2010).	5
<b>Patch density (PD):</b> Herold et al. (2002; 2005); Ji et al. (2006); Irwin e Bockstael (2007); Weng (2007); Schneider e Woodcock (2008); Deng et al. (2009); Wu et al. (2011); Sun et al. (2013).	6
<b>Largest patch index (LPI):</b> Herold et al. (2003); Hahs e McDonnell (2006); Yu e Ng (2007); Schetke e Haase (2008); Deng et al. (2009); Huang S et al (2009); Pham et al. (2011).	7
<b>Fractal dimension (FD):</b> Herold et al. (2002); Hahs e McDonnell (2006); Frenkel e Ashkenazi (2008); Schwartz (2010).	8
<b>Area-weighted mean patch fractal dimension (AWMPFD):</b> Herold et al. (2002); Herold et al. (2003); Herold et al. (2005); Seto e Fragkias (2005); Huang et al. (2007); Yu e Ng (2007); Huang S et al (2009); Schwartz (2010); Pham et al. (2011); Wu et al. (2011).	9
<b>Landscape Shape index (LSI):</b> Saura e Carballal (2004)	10a
<b>Shape index (SI):</b> Saura e Carballal (2004); Frenkel e Ashkenazi (2008)	10b
<b>Area-weighted mean shape index (AWMSI):</b> Saura e Carballal (2004); Huang et al. (2007); Yu e Ng (2007); Huang et al. (2007); Schwartz (2010).	11
<b>Mean shape index (MSI):</b> Aguilera et al. (2011).	12a; 12b
<b>Edge density (ED):</b> Herold et al. (2002); Herold et al. (2003); Seto e Fragkias (2005); Deng et al. (2009); Huang S et al (2009); Pham et al. (2011); Wu et al. (2011).	13
<b>Compactness index (CI):</b> Li e Yeh (2004); Huang et al. (2007); Schwartz (2010).	14a; 14b
<b>Mean perimeter to area ratio (MPAR):</b> Irwin e Bockstael (2007).	15
<b>Edge to interior ratio (EIR) (16):</b> Geoghegan et al. (1997).	16
<b>Centrality index (CEN):</b> Huang et al. (2007); Schwarz (2010).	17
<b>Typology of urban growth (S):</b> Xu et al. (2007); Sun et al. (2013).	18
<b>Compactness Ratio (CR):</b> Richardson (1961); Li et al (2013); Braga (2016); Guo et al. (2020).	19
<b>Circularity (Isoperimetric Quotient) (IPQ):</b> Osserman (1978); Montero & Bribiesca (2009); Li et al (2013).	20
<b>Compactness e Circularity Measure (CCM):</b> Gibbs (1961); Montero & Bribiesca (2009); Li et al (2013).	21a
<b>Digital Compactness Measure (DCM):</b> Kim & Anderson (1984); Montero & Bribiesca (2009); Li et al (2013).	21b



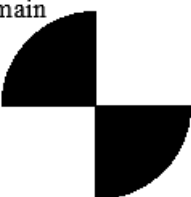

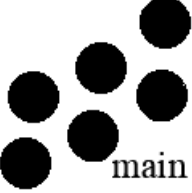
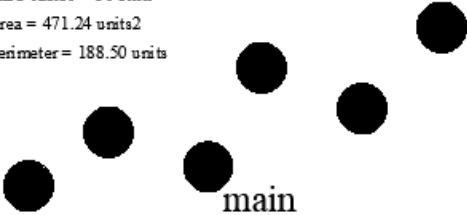
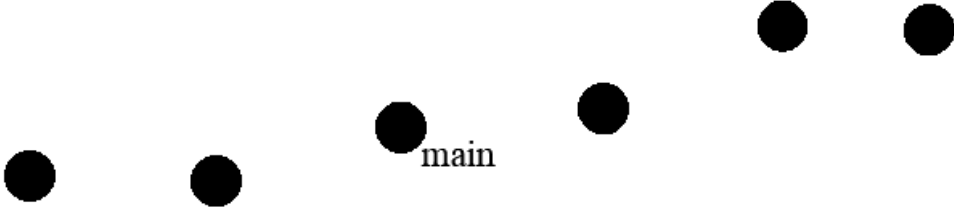
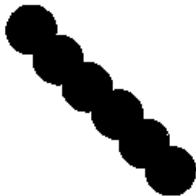

**APÊNDICE B**  
**Equações das métricas espaciais adotadas**

ID	Equação	Variáveis
1	$DU = \frac{Pop.}{A}$	Pop = população urbana; A = área total da mancha urbana
2	$NP = 1 + \sum_{j=0}^n nij$	nij = número de manchas secundárias
3	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^{ni} aij}{nij \cdot A}$	aij = área de mancha secundária; nij = número de manchas secundárias; A = área total da mancha urbana
4	$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[ a_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right]^2}{n_i}}$	aij = área de mancha secundária; nij = número de manchas secundárias
5	$PSCV = \frac{PSSD}{MPS}$	
6	$PD = \frac{nij}{A}$	nij = número de manchas secundárias; A = área total da mancha urbana
7	$LPI = \frac{\max(ai)j}{A}$	max(ai)j = tamanho da mancha principal; A = área total da mancha urbana
8	$FD = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{2 \ln(0.25pi)}{\ln ai}}{NP}$	pi = perímetro da mancha i; ai = área da mancha i
9	$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{2 \ln(0.25pij)}{\ln aij}}{nij} * \frac{aij}{\sum_{i=1}^n aij}$	pij = perímetro de mancha secundária; aij = área de mancha secundária; nij = número de manchas secundárias
10	$LSI = \frac{\sum_{i=1}^n pi}{2\sqrt{\pi} \sqrt{\sum_{i=1}^n ai}}$	pi = perímetro da mancha i; ai = área da mancha i
11	$SI = \frac{pi}{2\sqrt{\pi} \cdot ai}$	pi = perímetro da mancha i; ai = área da mancha i
12a; 12b	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n pi / (2\pi \sqrt{\frac{ai}{\pi}})}{ni}$	pi = perímetro da mancha i; ai = área da mancha i; ni = número de manchas i
13	$ED = \frac{\sum pi}{A}$	A = área total da mancha urbana; pi = perímetro da mancha i
14a	$CI = \frac{\sum_{i=1}^n 2\pi \sqrt{\frac{ai}{\pi}}}{ni^2}$	pi = perímetro da mancha i; ai = área da mancha i; ni = número de manchas i
14b	$CILP = \frac{2\pi \sqrt{\frac{\max(ai)j}{\pi}}}{\max(pi)j}$	max(ai)j = tamanho da mancha principal; max(pi)j = perímetro da mancha principal


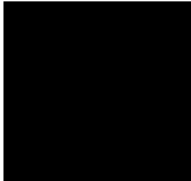
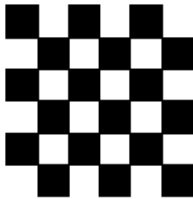



<b>15</b>	$MPAR = \sum_i^n \frac{p_i}{a_i \cdot n_i}$	$p_i$ = perímetro da mancha $i$ ; $a_i$ = área da mancha $i$ ; $n_i$ = número de manchas $i$
<b>16</b>	$EIR = \sum \frac{p_i}{a_i}$	$p_i$ = perímetro da mancha $i$ ; $a_i$ = área da mancha $i$
<b>17</b>	$CEN = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D_{ij}/n_{ij}}{\sqrt{A/\pi}}$	$D_{ij}$ = distâncias euclidianas entre centroide da mancha principal e manchas secundárias $ij$ ; $n_{ij}$ = número de manchas secundárias; $A$ = área total da mancha urbana
<b>18</b>	$S = \frac{lc}{l}$	$lc$ = comprimentos de bordas compartilhadas entre mancha existente e nova mancha; $l$ = perímetro da nova mancha
<b>19</b>	$CR = \frac{2\sqrt{\pi \cdot A}}{P}$	$A$ = área total da mancha urbana; $P$ = perímetro externo total da mancha urbana.
<b>20</b>	$IPQ = \frac{4\pi \cdot A}{P^2}$	
<b>21a</b>	$CCM = \frac{4A}{L^2}$	$A$ = área total da mancha urbana; $L$ = diâmetro do menor círculo envolvente (MEC) da mancha urbana
<b>21b</b>	$DCM = \frac{A}{A_{sc}}$	$A$ = área total da mancha urbana; $A_{sc}$ = área do menor círculo envolvente (MEC) da mancha urbana

## APÊNDICE C

### Cenários hipotéticos para aplicação de métricas espaciais

 <p>MEC radius = 25 units Area = 1963.50 units<sup>2</sup> Perimeter = 157.08 units</p> <p style="text-align: center;"><b>1</b></p>	 <p>MEC radius = 25 units Area = 981.75 units<sup>2</sup> Perimeter = 128.54 units</p> <p style="text-align: center;"><b>2</b></p>
 <p>main</p> <p>MEC radius = 25 units Area = 981.75 units<sup>2</sup> Perimeter = 178.54 units</p> <p style="text-align: center;"><b>3</b></p>	 <p>main</p> <p>MEC radius = 25 units Area = 981.75 units<sup>2</sup> Perimeter = 278.54 units</p> <p style="text-align: center;"><b>4</b></p>
 <p>main</p> <p>MEC radius = 25 units Area = 471.24 units<sup>2</sup> Perimeter = 188.50 units</p> <p style="text-align: center;"><b>5</b></p>	 <p>main</p> <p>MEC radius = 50 units Area = 471.24 units<sup>2</sup> Perimeter = 188.50 units</p> <p style="text-align: center;"><b>6</b></p>
 <p>main</p> <p>MEC radius = 100 units Area = 471.24 units<sup>2</sup> Perimeter = 188.50 units</p> <p style="text-align: center;"><b>7</b></p>	
 <p>MEC radius = 25 units Area = 429.76 units<sup>2</sup> Perimeter = 124.00 units</p> <p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	 <p>MEC radius = 25 units Area = 477.48 units<sup>2</sup> Perimeter = 111.20 units</p> <p style="text-align: center;"><b>9</b></p>



 <p>MEC radius = 25 units Area = 754.44 units<sup>2</sup> Perimeter = 127.74 units</p> <p><b>10</b></p>	 <p>MEC radius = 25 units Area = 1250.00 units<sup>2</sup> Perimeter = 141.42 units</p> <p><b>11</b></p>
 <p>MEC radius = 25 units Area = 625.00 units<sup>2</sup> Perimeter = 235.70 units</p> <p><b>12</b></p>	 <p>MEC radius = 25 units Area = 1649.34 units<sup>2</sup> Perimeter = 157.08 units</p> <p><b>13</b></p>
 <p>MEC radius = 25 units Area = 1209.05 units<sup>2</sup> Perimeter = 157.08 units</p> <p><b>14</b></p>	 <p>MEC radius = 25 units Area = 1108.87 units<sup>2</sup> Perimeter = 267.56 units</p> <p><b>15</b></p>

**APÊNDICE D**  
**Cálculos dos cenários hipotéticos**

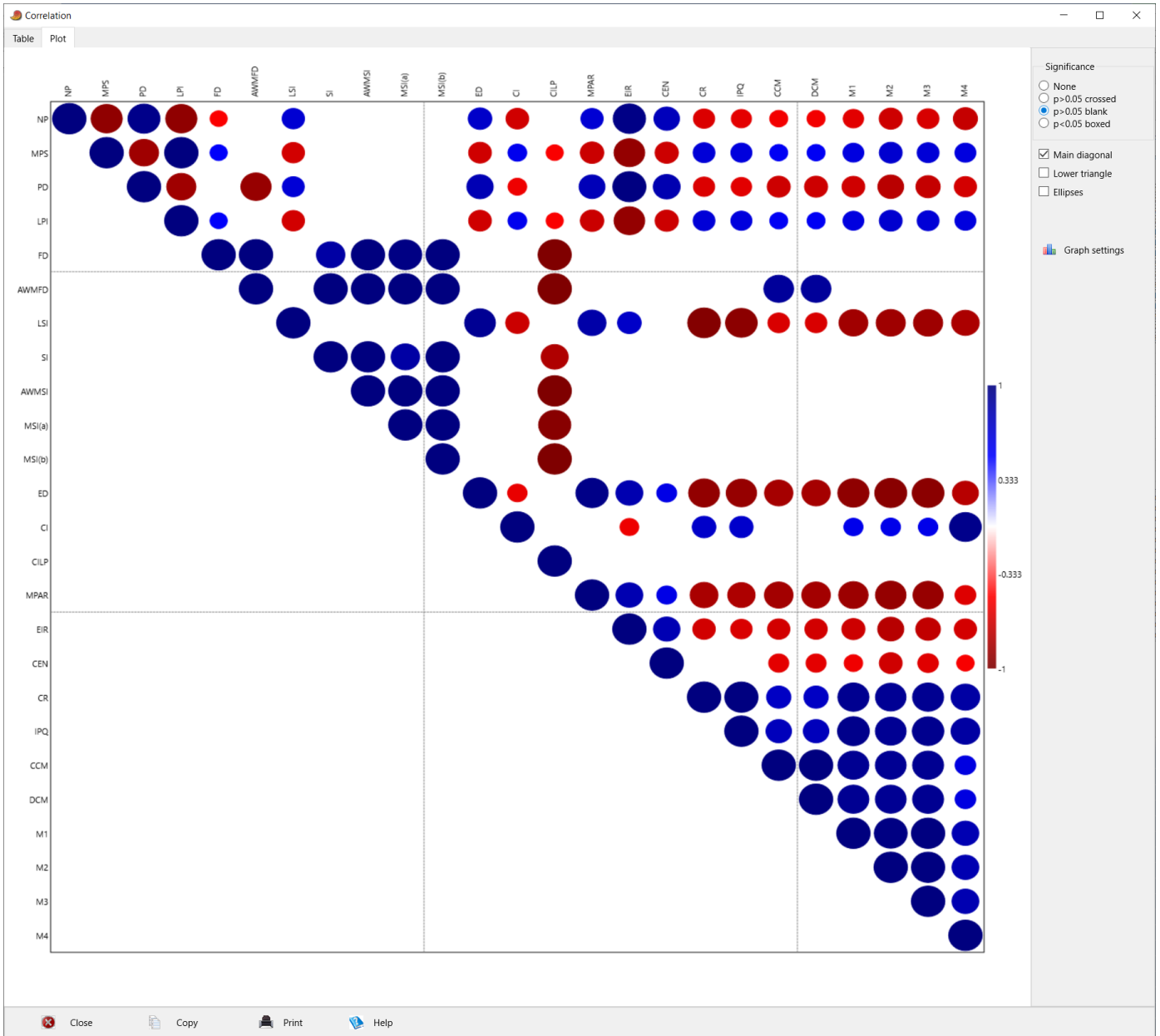
Shape	Area	Perim.	Main mesh area	Main mesh perim.	MEC	NP [2]	Mean patch size [3]	Patch size standard deviation [4]	Patch size coefficient variation [5]	Patch density [6]	Largest patch index [7]	Fractal dimension [8]	Area-weighted mean patch fractal dimension [9]	Landscape Shape index [10a]	Shape index [10b]	Area-weighted mean shape [11]	Mean shape index [12a]	Mean shape index [12b]	Edge density [13]	Compactness index [14a]	Compactness index of largest patch [14b]	Mean perimeter to area ratio [15]	Edge to interior ratio [16]	Centrality index [17]	Compactness Ratio [19]	Isoperimetric Quotient [20]	Compactness and Circularity Measure [21a]	Digital Compactness Measure [21b]
1	1964	157	1964	157	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0005	1.0000	0.968	no 2nd patch	1.0000	1.0000	no 2nd patch	1.0000	no 2nd patch	0.0800	1.0000	1.0000	0.0800	0.0800	0.0000	1.0000	1.0000	3.1416	1.0000
2	982	129	982	129	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0010	1.0000	1.007	no 2nd patch	1.1573	1.1573	no 2nd patch	1.1573	no 2nd patch	0.1309	0.8641	0.8641	0.1309	0.1309	0.0000	0.8641	0.7467	1.5708	0.5000
3	982	179	491	89	25	2	0.2500	0	0.0000	0.0020	0.5000	1.002	1.002	1.6074	1.1366	1.1366	1.1366	1.1366	0.1819	0.4399	0.8798	0.1819	0.3637	0.8475	0.6221	0.3870	1.5708	0.5000
4	982	279	245	70	25	4	0.2500	0	0.0000	0.0041	0.2500	1.038	1.038	2.5077	1.2539	1.2539	1.2539	1.2539	0.2837	0.1994	0.7975	0.2837	1.1349	1.0844	0.3988	0.1590	1.5708	0.5000
5	471	189	79	31	25	6	0.1389	0	0.0000	0.0127	0.1667	0.945	0.945	2.4495	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4000	0.1667	1.0000	0.4000	2.4001	2.9682	0.4082	0.1667	0.7540	0.2400
6	471	189	79	31	50	6	0.1389	0	0.0000	0.0127	0.1667	0.945	0.945	2.4495	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4000	0.1667	1.0000	0.4000	2.4001	6.7937	0.4082	0.1667	0.1885	0.0600
7	471	189	79	31	100	6	0.1389	0	0.0000	0.0127	0.1667	0.945	0.945	2.4495	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4000	0.1667	1.0000	0.4000	2.4001	15.9471	0.4082	0.1667	0.0471	0.0150
8	430	124	430	124	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0023	1.0000	1.133	no 2nd patch	1.6873	1.6873	no 2nd patch	1.6873	no 2nd patch	0.2885	0.5926	0.5926	0.2885	0.2885	0.0000	0.5926	0.3512	0.6876	0.2189
9	477	111	477	111	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0021	1.0000	1.078	no 2nd patch	1.4356	1.4356	no 2nd patch	1.4356	no 2nd patch	0.2329	0.6966	0.6966	0.2329	0.2329	0.0000	0.6966	0.4852	0.7640	0.2432
10	754	128	754	128	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0013	1.0000	1.045	no 2nd patch	1.3119	1.3119	no 2nd patch	1.3119	no 2nd patch	0.1693	0.7622	0.7622	0.1693	0.1693	0.0000	0.7622	0.5810	1.2071	0.3842
11	1250	141	1250	141	25	1	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0008	1.0000	1.000	no 2nd patch	1.1284	1.1284	no 2nd patch	1.1284	no 2nd patch	0.1131	0.8862	0.8862	0.1131	0.1131	0.0000	0.8862	0.7854	2.0000	0.6366
12	625	236	625	236	25	1	1.0000	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0016	1.0000	1.266	no 2nd patch	2.6596	2.6596	no 2nd patch	2.6596	no 2nd patch	0.3771	0.3760	0.3760	0.3771	0.3771	0.0000	0.3760	0.1414	1.0000	0.3183
13	1649	157	1649	157	25	2	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0012	1.0000	0.991	no 2nd patch	1.0911	1.0911	no 2nd patch	1.0911	no 2nd patch	0.0952	0.2291	0.9165	0.0476	0.0952	0.0000	0.9165	0.8400	2.6389	0.8400
14	1209	157	1209	157	25	2	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0017	1.0000	1.034	no 2nd patch	1.2744	1.0911	no 2nd patch	1.2744	no 2nd patch	0.1299	0.1962	0.7847	0.0650	0.1299	0.0000	0.7847	0.6158	1.9345	0.6158
15	1109	268	1109	268	25	2	1	no 2nd patch	no 2nd patch	0.0018	1.0000	1.199	no 2nd patch	2.2666	1.2744	no 2nd patch	2.2666	no 2nd patch	0.2413	0.1103	0.4412	0.1206	0.2413	0.0000	0.4412	0.1946	1.7742	0.5647

Metrics	Fragmentation				Complexity / Frag.			Fragmentation		Complexity				Compactness		Compactness		Complex. / Frag.		Dispersion		Compact., Frag. & Complex.		Compactness & Dispersion		
	Macro scale				Micro scale			Macro scale		Micro scale		Macro scale		Micro scale		Macro scale		Micro scale		Macro scale		Macro scale		Macro scale		
	NP	MPS	PD	LPI	FD	AWMFD	LSI	SI	AWMSI	MSI(a)	MSI(b)	ED	CI	CILP	MPAR	EIR	CEN	CR	IPQ	CCM	DCM					
NP																										
MPS	-0.93*																									
PD	0.96*	-0.87*																								
LPI	-0.93*	1.00*	-0.87																							
FD	-0.52*	0.52*	-0.48	0.52*																						
AWMFD	-0.76	0.58	-0.91	0.58	1.00*																					
LSI	0.67*	-0.67*	0.66*	-0.67*	0.25	-0.29																				
SI	-0.41	0.36	-0.31	0.36	0.85*	1.00*	0.32																			
AWMSI	-0.71	0.52	-0.88	0.52	1.00*	1.00*	-0.22	1.00*																		
MSI(a)	-0.39	0.42	-0.35	0.42	0.98*	1.00*	0.37	0.85*	1.00*																	
MSI(b)	-0.71	0.52	-0.88	0.52	1.00*	1.00*	-0.22	1.00*	1.00*	1.00*																
ED	0.71*	-0.68	0.79*	-0.68*	0.12	-0.78	0.92*	0.29	-0.74	0.24	-0.74															
CI	-0.68*	0.56	-0.56*	0.56*	-0.05	0.46	-0.70*	0.04	0.40	-0.15	0.40	-0.58*														
CILP	0.51	-0.52*	0.47	-0.52*	-0.99*	-1.00*	-0.24	-0.81*	-1.00*	-0.96*	-1.00*	-0.12	0.08													
MPAR	0.67*	-0.71*	0.78*	-0.71*	0.02	-0.78	0.84*	0.29	-0.74	0.11	-0.74	0.96*	-0.41	0.00												
EIR	0.97*	-0.92*	0.99*	-0.92*	-0.46	-0.83	0.71*	-0.28	-0.79	-0.33	-0.79	0.81*	-0.56*	0.46												
CEN	0.76*	-0.70*	0.81*	-0.70*	-0.43	-0.63	0.49	-0.29	-0.61	-0.32	-0.61	0.60*	-0.41	0.43												
CR	-0.64*	0.66*	-0.64*	0.66*	-0.28	0.31	-0.98*	-0.31	0.24	-0.38	0.24	-0.92*	0.71*	0.29												
IPQ	-0.60*	0.63*	-0.61*	0.63*	-0.30	0.32	-0.95*	-0.31	0.25	-0.38	0.25	-0.91*	0.70*	0.32												
CCM	-0.54*	0.54*	-0.69*	0.54*	-0.04	0.89*	-0.65*	-0.20	0.87	-0.09	0.87	-0.85*	0.35	0.07												
DCM	-0.54*	0.54*	-0.69*	0.54*	-0.04	0.89*	-0.65*	-0.20	0.87	-0.09	0.87	-0.85*	0.35	0.07												

\* Correlação significativa ao nível 0.05

### APÊNDICE E

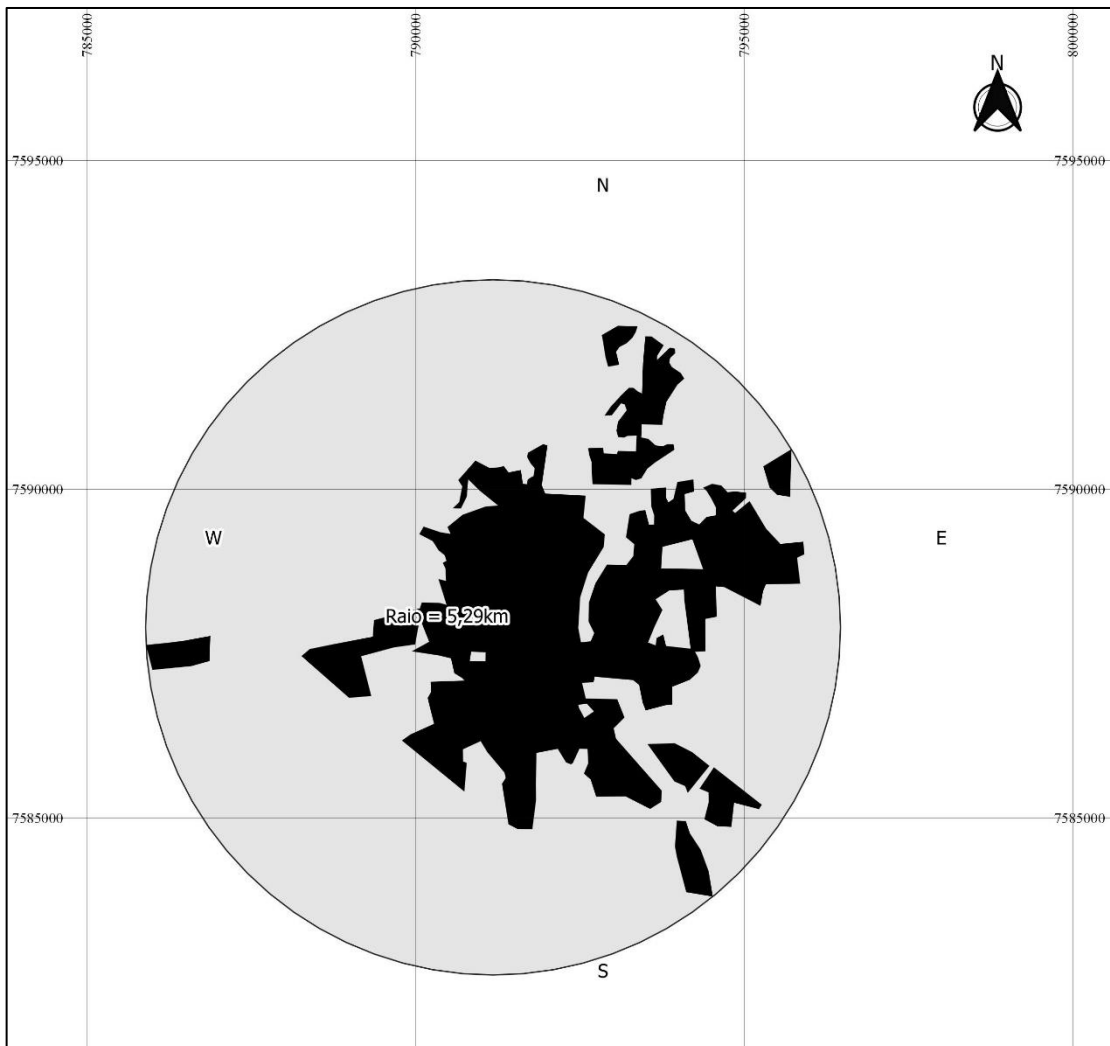
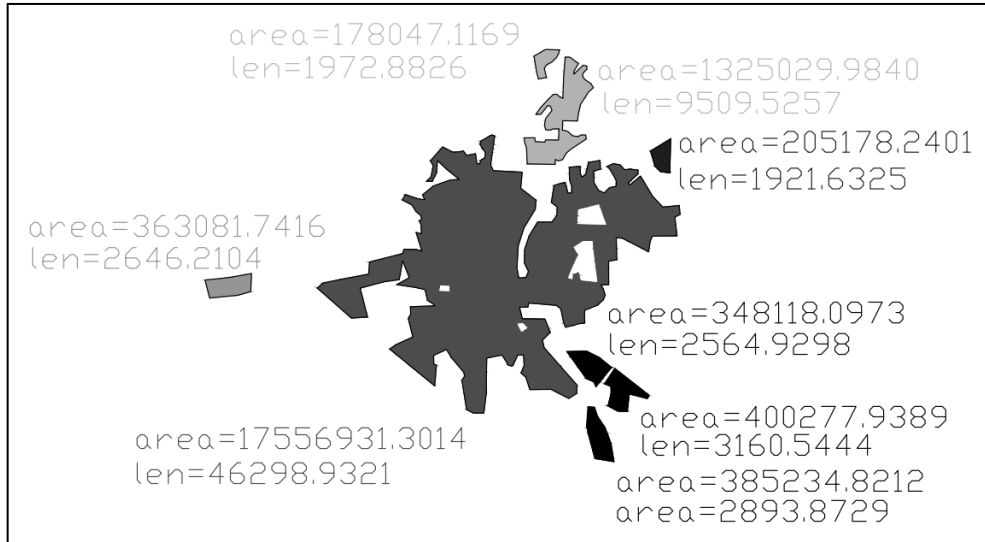
#### Plot de análise correlacional (r linear de Pearson) com $p < 0.05$



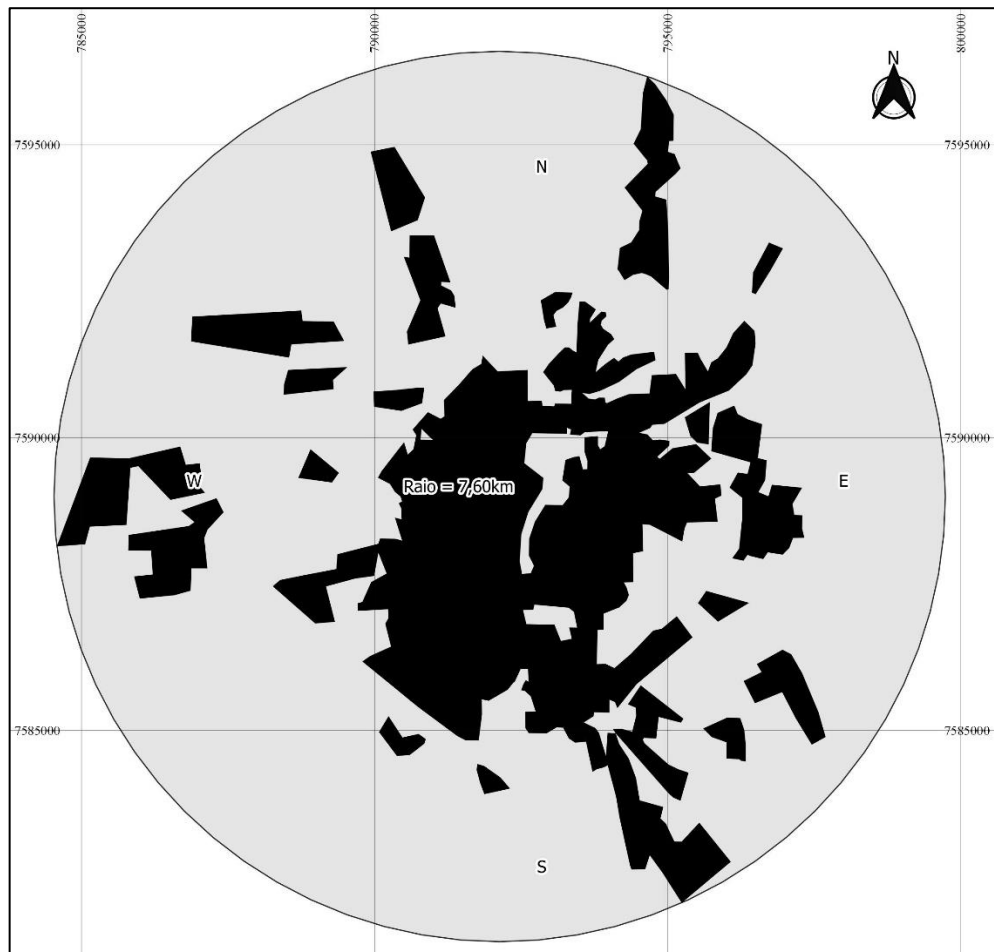
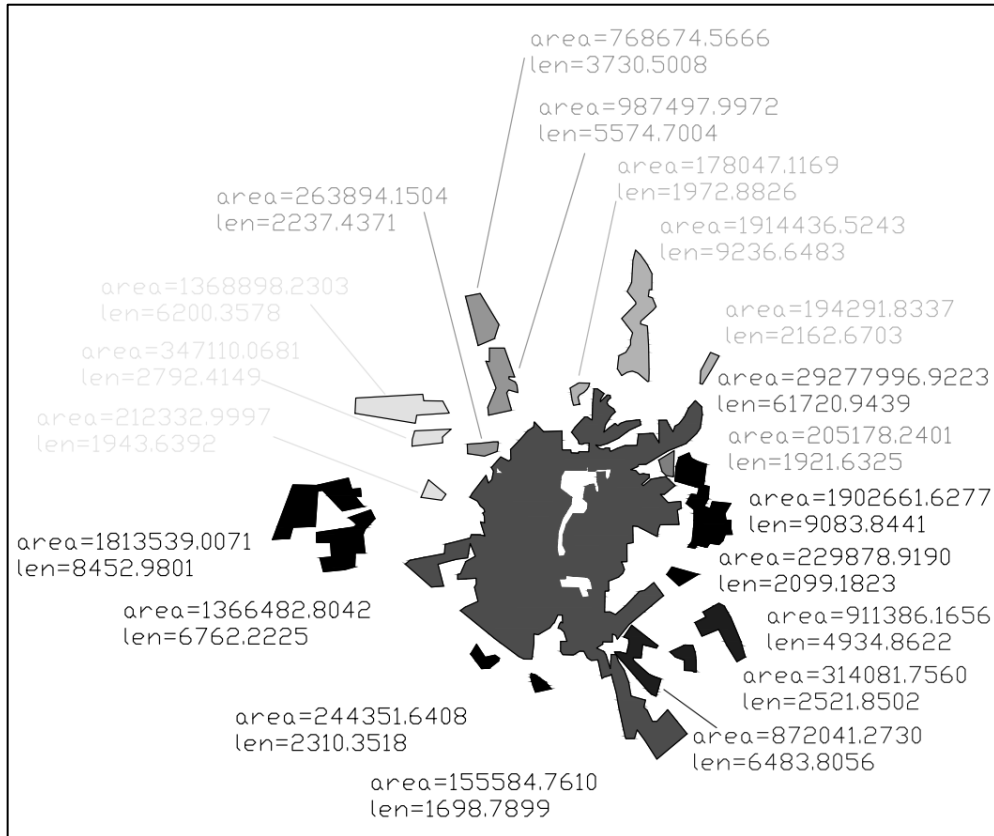
### APÊNDICE F

#### Cenários de mancha urbana entre as décadas 1960 – 2016 e parâmetros geométrico-espaciais

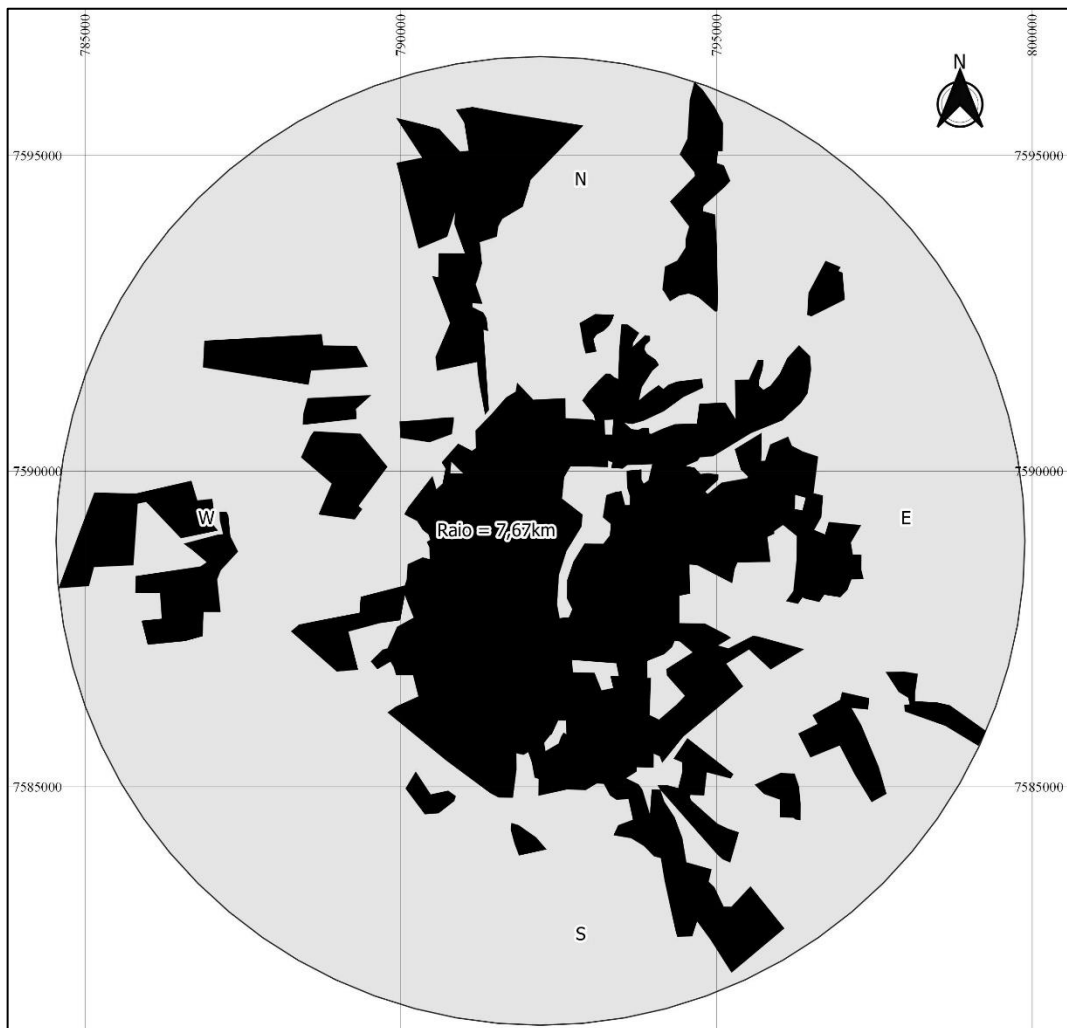
##### Década de 1960



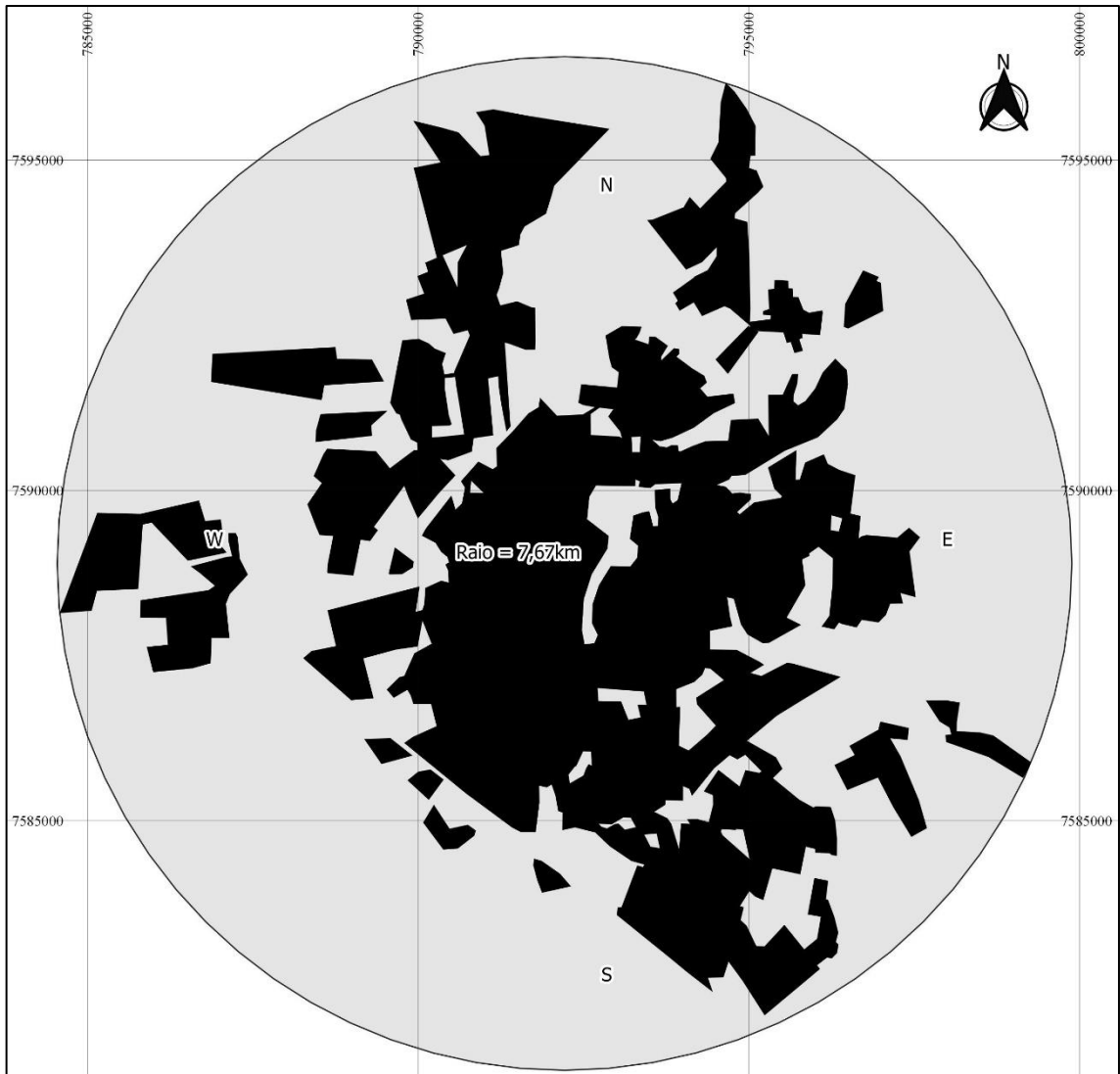
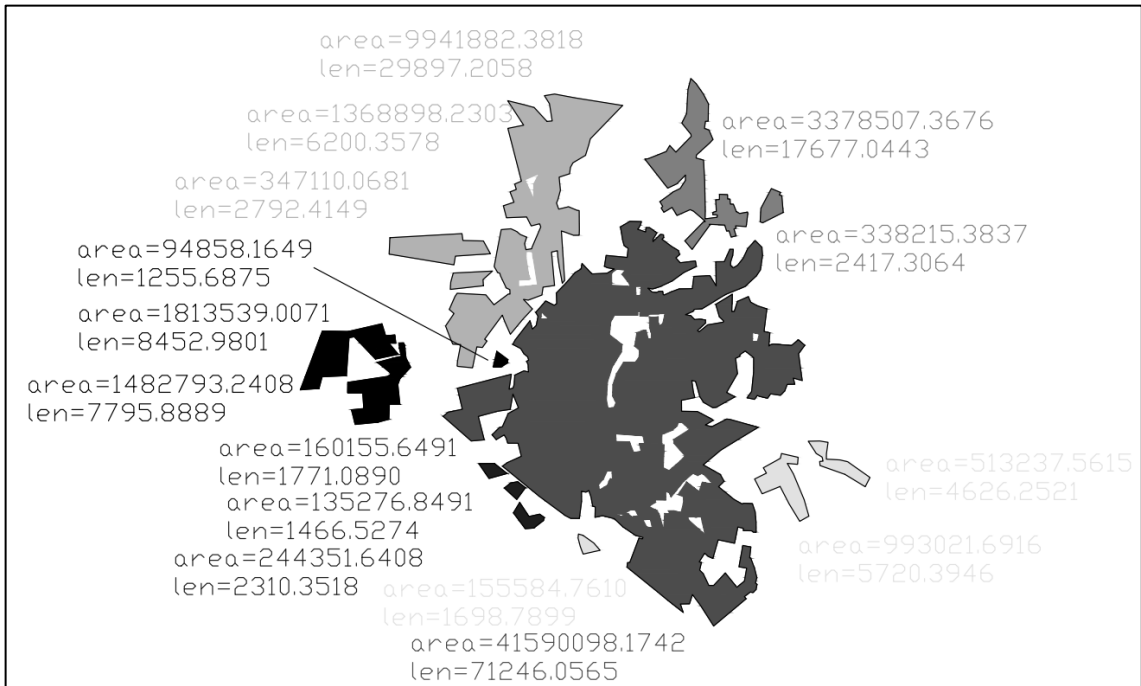
### Década de 1970



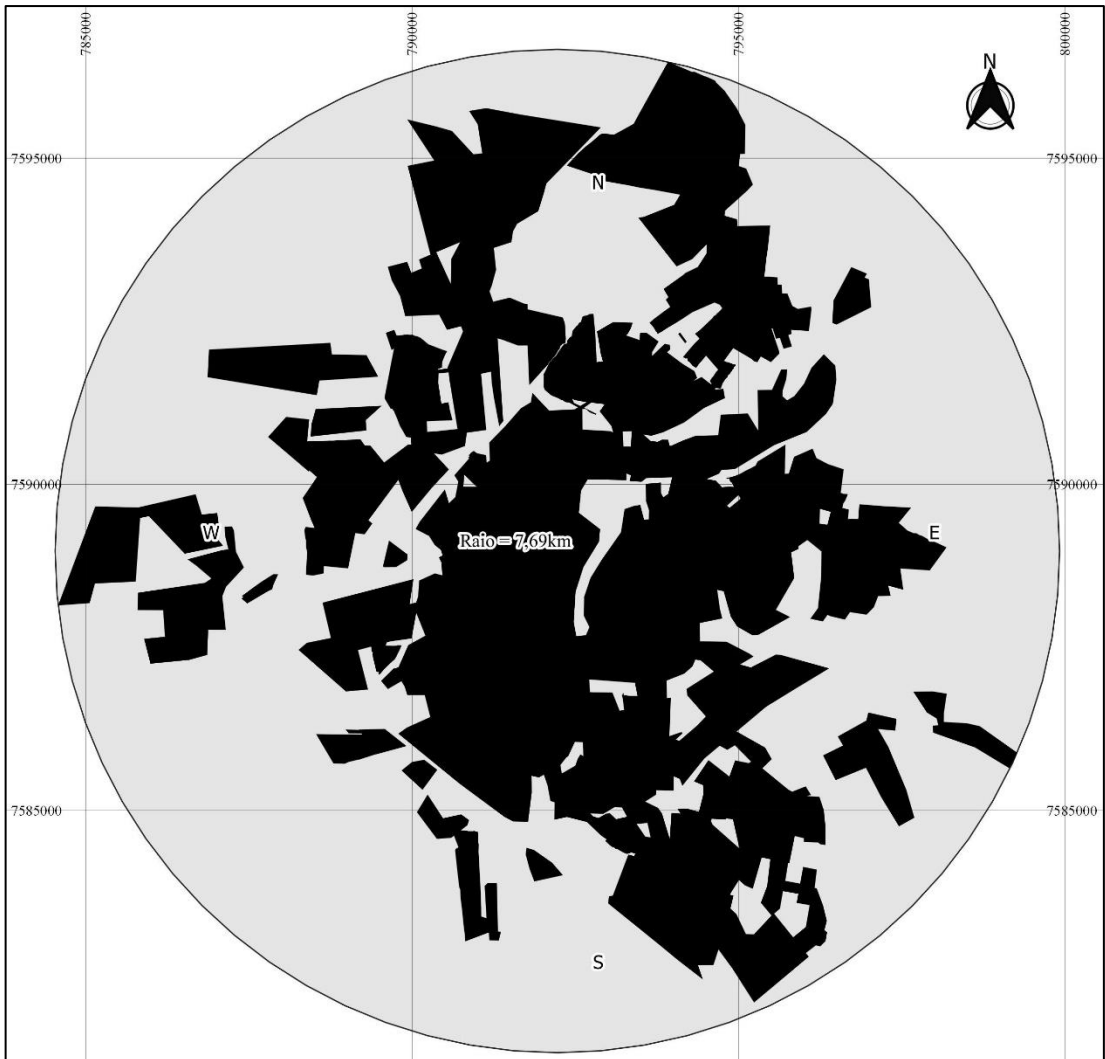
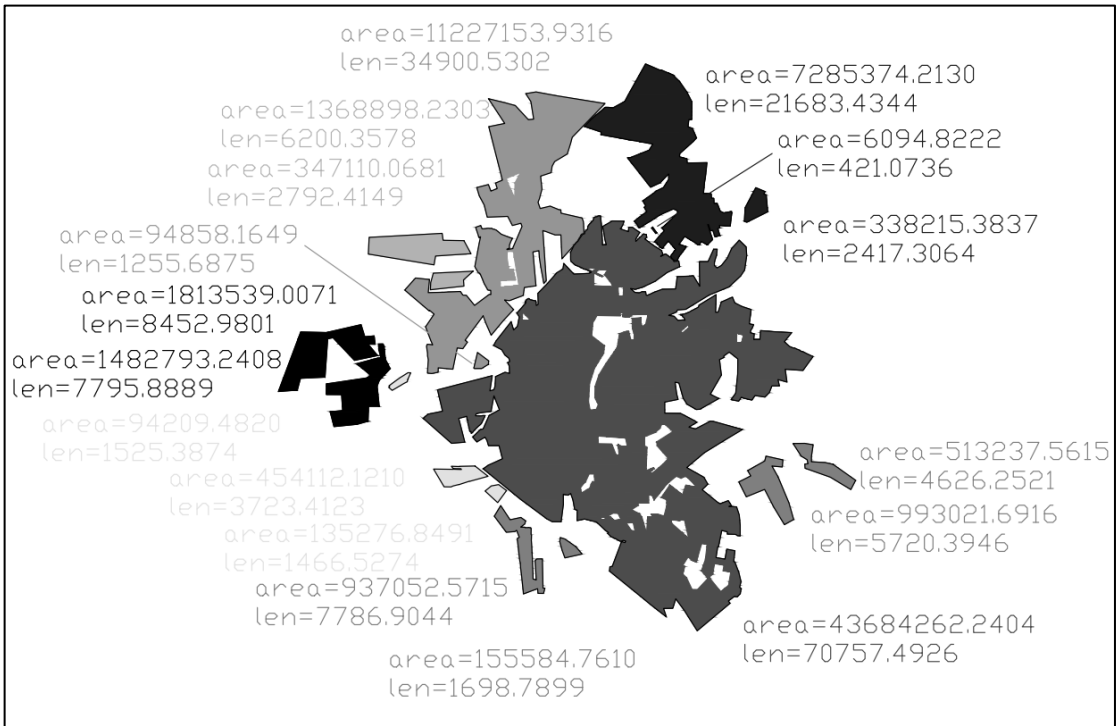
### Década de 1980



Ano 2006



Ano 2016

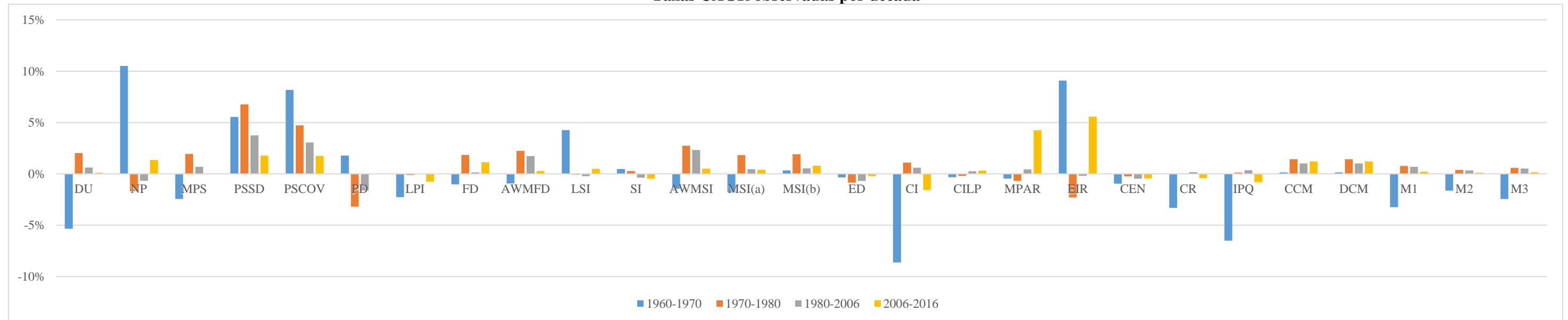




**APÊNDICE G**  
**Crescimento urbano observado por métricas, entre as décadas 1960 – 2016, e taxas CAGR**

Período	DU	NP	MPS	PSSD	PSCOV	PD	LPI	FD	AWMFD	LSI	SI	AWMSI	MSI(a)	MSI(b)	ED	CI	CILP	MPAR	EIR	CEN	AWTUG	CR	IPQ	CCM	DCM	MI	M2	M3
1960s	39,9	7	0,022	0,004	0,165	0,385	0,846	1,043	1,055	4,394	3,117	1,721	1,644	1,434	0,342	0,085	0,321	0,008	0,060	1,368	*	0,228	0,052	0,742	0,236	0,111	0,333	0,192
1970s	23,1	19	0,017	0,006	0,361	0,459	0,673	1,039	1,050	6,150	3,218	1,623	1,537	1,449	0,330	0,034	0,311	0,007	0,144	1,242	0,166	0,163	0,026	0,753	0,240	0,080	0,282	0,150
1980s	28,2	16	0,021	0,012	0,573	0,332	0,666	1,047	1,062	6,114	3,280	1,816	1,645	1,543	0,303	0,038	0,305	0,007	0,114	1,213	0,293	0,164	0,027	0,869	0,276	0,086	0,293	0,159
2006	31,9	14	0,024	0,025	1,046	0,240	0,665	1,048	1,088	5,897	3,116	2,293	1,706	1,605	0,264	0,043	0,321	0,007	0,110	1,105	0,364	0,170	0,029	1,063	0,338	0,099	0,314	0,176
2016	32,2	16	0,024	0,030	1,244	0,240	0,616	1,054	1,090	6,137	3,020	2,359	1,735	1,654	0,258	0,037	0,331	0,011	0,189	1,057	0,531	0,163	0,027	1,199	0,381	0,101	0,317	0,179
<b>CAGR</b>																												
1960-1970	-0,053	0,105	-0,024	0,055	0,082	0,018	-0,023	-0,010	-0,009	0,043	0,005	-0,014	-0,018	0,003	-0,003	-0,086	-0,003	-0,005	0,091	-0,010	*	-0,033	-0,065	0,001	0,001	-0,032	-0,016	-0,024
1970-1980	0,020	-0,017	0,019	0,068	0,047	-0,032	-0,001	0,018	0,022	-0,001	0,003	0,027	0,018	0,019	-0,009	0,011	-0,002	-0,007	-0,023	-0,002	*	0,001	0,001	0,014	0,014	0,008	0,004	0,006
1980-2006	0,006	-0,007	0,007	0,038	0,031	-0,016	0,000	0,001	0,017	-0,002	-0,004	0,023	0,005	0,005	-0,007	0,006	0,003	0,004	-0,002	-0,005	*	0,002	0,004	0,010	0,010	0,007	0,003	0,005
2006-2016	0,001	0,013	0,000	0,018	0,017	0,000	-0,008	0,011	0,003	0,005	-0,005	0,005	0,004	0,008	-0,002	-0,016	0,003	0,043	0,056	-0,004	*	-0,004	-0,008	0,012	0,012	0,002	0,001	0,002

**Taxas CAGR observadas por década**

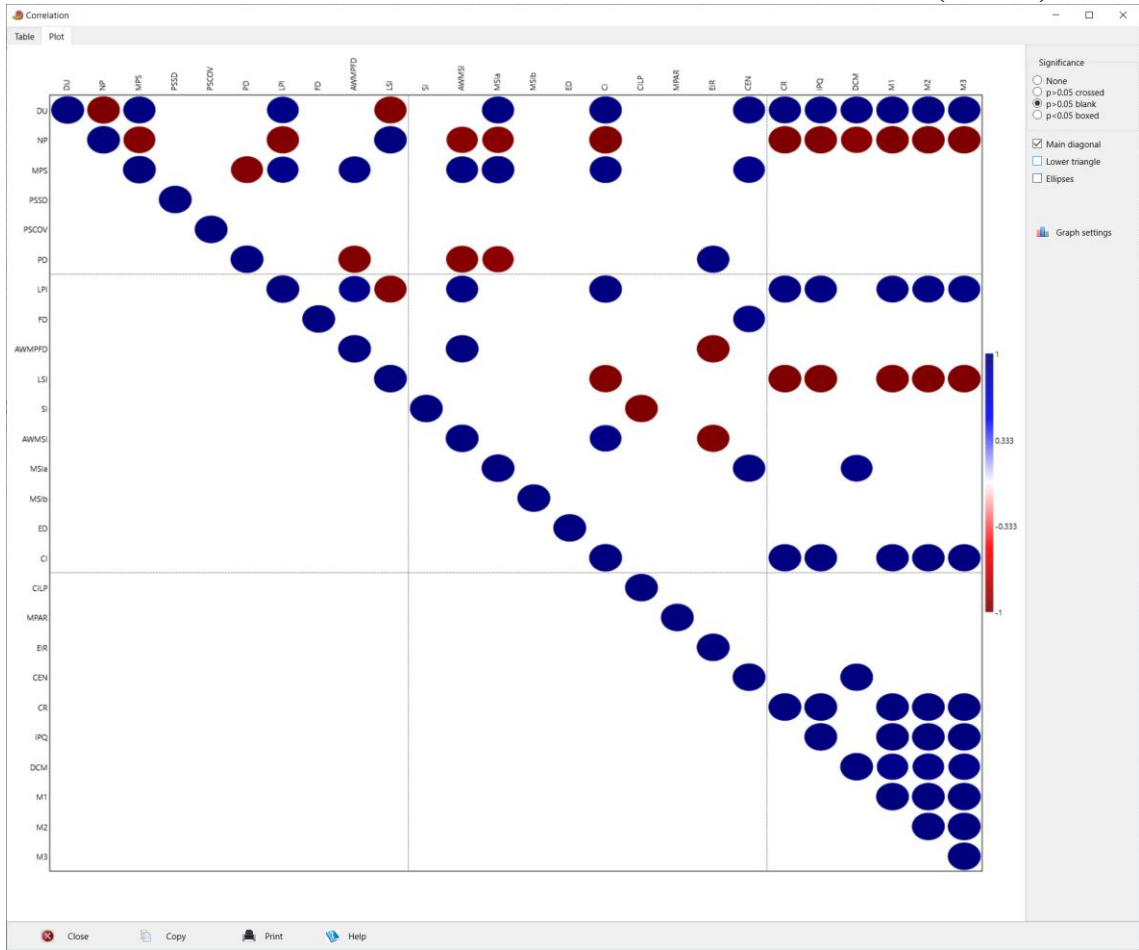


**APÊNDICE H**  
**Análise correlacional (r linear de Pearson) com  $p < 0.05$**   
**Crescimento urbano observado entre as décadas 1960 – 2016 (CAGR)**

Metric	Pop.		Fragmentation		Heterogeneity		Fragmentation		Complexity / Frag.		Fragmentation		Complexity		Fragmentation		Compactness		Compactness		Complexity / Fragmentation		Disp.		Compact., Frag. & Complex.		Compactness & Dispersion		Compact., Frag., Disp. & Complex.					
	Escala macro		Escala micro		Escala macro		Escala micro		Esc. Macro		Escala micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro													
	DU	NP	MPS	PSSD	PSCOV	PD	LPI	FD	AWMFD	LSI	SI	AWMSI	MSI(a)	MSI(b)	ED	CI	CILP	MPAR	EIR	CEN	CR	IPQ	DCM	MI	M2	M3								
DU																																		
NP	<b>-0,99*</b>																																	
MPS	<b>0,98*</b>	<b>-0,97*</b>																																
PSSD	-0,08	0,12	0,11																															
PSCOV	-0,76	0,78	-0,62	0,71																														
PD	-0,92	0,91	<b>-0,97*</b>	-0,31	0,45																													
LPI	<b>0,97*</b>	<b>-0,99*</b>	<b>0,95*</b>	-0,09	-0,74	-0,91																												
FD	0,89	-0,84	0,89	0,00	-0,63	-0,80	0,75																											
AWMFD	0,92	-0,93	<b>0,96*</b>	0,23	-0,50	<b>-0,99*</b>	<b>0,95*</b>	0,73																										
LSI	<b>-0,98*</b>	<b>0,99*</b>	-0,93	0,24	0,85	0,85	<b>-0,98*</b>	-0,80	-0,88																									
SI	-0,50	0,55	-0,34	0,88	0,93	0,16	-0,55	-0,29	-0,26	0,65																								
AWMSI	0,94	<b>-0,95*</b>	<b>0,97*</b>	0,14	-0,57	<b>-0,97*</b>	<b>0,97*</b>	0,74	<b>1,00*</b>	-0,92	-0,34																							
MSI(a)	<b>0,98*</b>	<b>-0,95*</b>	<b>0,99*</b>	0,09	-0,63	<b>-0,95*</b>	0,91	0,94	0,92	-0,91	-0,32	0,92																						
MSI(b)	0,70	-0,64	0,79	0,50	-0,17	-0,81	0,56	0,87	0,71	-0,54	0,21	0,67	0,84																					
ED	-0,61	0,62	-0,74	-0,65	0,01	0,87	-0,68	-0,45	-0,87	0,54	-0,21	-0,83	-0,68	-0,68																				
CI	<b>0,99*</b>	<b>-1,00*</b>	<b>0,97*</b>	-0,10	-0,77	-0,91	<b>0,99*</b>	0,81	0,94	<b>-0,99*</b>	-0,55	<b>0,96*</b>	0,94	0,62	-0,65																			
CILP	0,50	-0,55	0,33	-0,88	-0,92	-0,16	0,55	0,28	0,26	-0,65	<b>-1,00*</b>	0,34	0,31	-0,22	0,21	0,55																		
MPAR	0,18	-0,17	0,00	-0,92	-0,73	0,23	0,09	0,26	-0,21	-0,27	-0,77	-0,13	0,07	-0,22	0,66	0,14	0,77																	
EIR	-0,89	0,90	-0,94	-0,30	0,43	<b>0,99*</b>	-0,92	-0,70	<b>-1,00*</b>	0,84	0,19	<b>-0,99*</b>	-0,90	-0,72	0,91	-0,91	-0,19	0,28																
CEN	<b>0,99*</b>	-0,97	<b>0,98*</b>	-0,03	-0,72	-0,91	0,92	<b>0,94*</b>	0,89	-0,94	-0,42	0,91	<b>0,99*</b>	0,78	-0,60	0,96	0,42	0,18	-0,86															
CR	<b>0,98*</b>	<b>-0,99*</b>	0,93	-0,23	-0,84	-0,85	<b>0,98*</b>	0,79	0,89	<b>-1,00*</b>	-0,65	0,92	0,91	0,54	-0,55	<b>0,99*</b>	0,65	0,26	-0,85	0,94														
IPQ	<b>0,98*</b>	<b>-0,99*</b>	0,93	-0,23	-0,84	-0,85	<b>0,98*</b>	0,79	0,89	<b>-1,00*</b>	-0,65	0,92	0,91	0,54	-0,55	<b>0,99*</b>	0,65	0,26	-0,85	0,94	<b>1,00*</b>													
DCM	<b>0,98*</b>	<b>-0,95*</b>	0,95	-0,13	-0,77	-0,85	0,89	0,96	0,83	-0,94	-0,49	0,85	<b>0,97*</b>	0,75	-0,50	0,94	0,48	0,30	-0,79	<b>0,99*</b>	0,93	0,93												
MI	<b>0,99*</b>	<b>-0,99*</b>	0,94	-0,22	-0,84	-0,86	<b>0,98*</b>	0,82	0,89	<b>-1,00*</b>	-0,63	0,92	0,93	0,57	-0,54	<b>0,99*</b>	0,63	0,27	-0,85	0,96	<b>1,00*</b>	<b>1,00*</b>	<b>0,95*</b>											
M2	<b>0,99*</b>	<b>-0,99*</b>	0,94	-0,22	-0,84	-0,86	<b>0,98*</b>	0,82	0,89	<b>-1,00*</b>	-0,63	0,92	0,93	0,57	-0,54	<b>0,99*</b>	0,63	0,27	-0,85	0,96	<b>1,00*</b>	<b>1,00*</b>	<b>0,95*</b>	<b>1,00*</b>										
M3	<b>0,99*</b>	<b>-0,99*</b>	0,94	-0,22	-0,84	-0,86	<b>0,98*</b>	0,82	0,89	<b>-1,00*</b>	-0,63	0,92	0,93	0,57	-0,54	<b>0,99*</b>	0,63	0,27	-0,85	0,96	<b>1,00*</b>	<b>1,00*</b>	<b>0,95*</b>	<b>1,00*</b>	<b>1,00*</b>									





\* Correlação significante ao nível 0.05

**APÊNDICE I**  
**Plot de análise correlacional (r linear de Pearson) com  $p < 0.05$**   
**Crescimento urbano observado entre as décadas 1960 – 2016 (CAGR)**

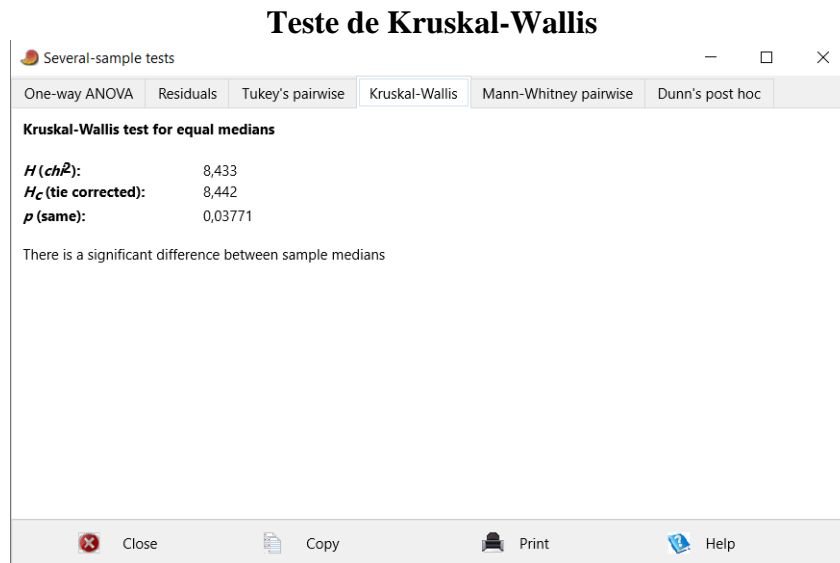


**APÊNDICE J**  
**Testes de Normalidade aplicados sobre as métricas observadas entre os períodos desde 1960 até 2016**

Tests for normal distribution				
	1960-1970	1970-1980	1980-2006	2006-2016
<b>N</b>	26	26	26	26
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9145	0,9398	0,8834	0,8042
<b>p(normal)</b>	0,03355	0,1327	0,006793	0,0002075
<b>Anderson-Darling A</b>	1,067	0,5651	1,255	1,707
<b>p(normal)</b>	0,006927	0,1291	0,002306	0,0001658
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0057	0,1355	0,0028	0,0002
<b>Lilliefors L</b>	0,2165	0,1344	0,2442	0,2198
<b>p(normal)</b>	0,001396	0,2561	0,0001	0,0001968
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,004	0,2521	0,0004	0,0026
<b>Jarque-Bera JB</b>	2,658	5,323	8,997	31,15
<b>p(normal)</b>	0,2648	0,06985	0,01113	1,721E-07
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,093	0,0316	0,0137	0,0011

 Copy
 Print
Monte Carlo N: 
  
 Close
 Help

**APÊNDICE K**  
**Testes de Hipótese não-paramétricos aplicados sobre as métricas observadas entre os períodos desde 1960 até 2016**



**Testes de Mann-Whitney**

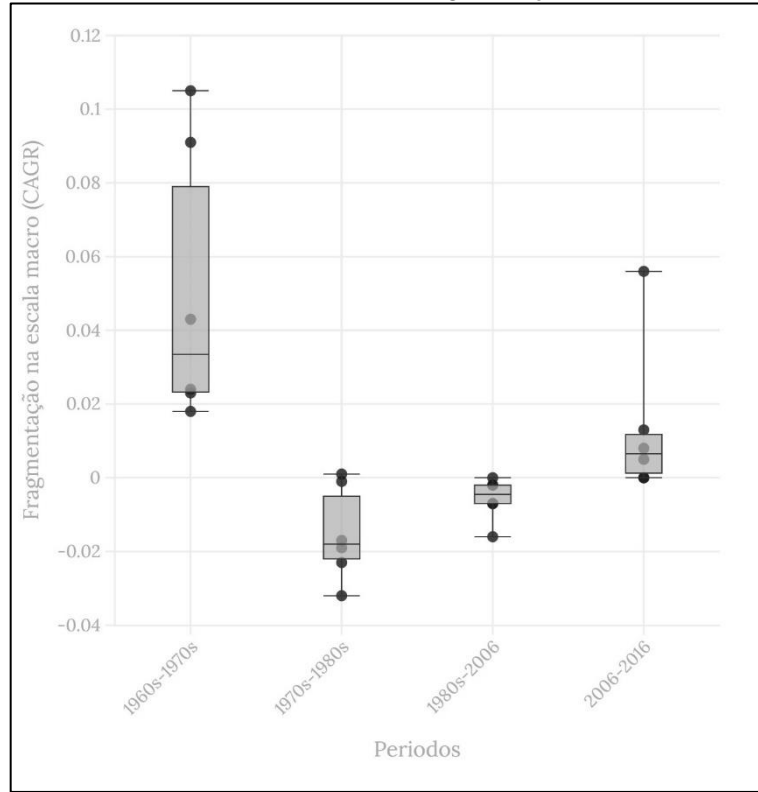
	<i>1960-1970</i>	<i>1970-1980</i>	<i>1980-2006</i>	<i>2006-2016</i>
N	26	26	26	26
Mean rank:	10,904	15,596	15,788	15,673
Mann-Whitn U		216	206	212
z		2,2244	2,4079	2,2979
p (same med.):		<b>0,026118</b>	<b>0,016045</b>	<b>0,021566</b>

	<i>1970-1980</i>	<i>1980-2006</i>
N	26	26
Mean rank:	13,808	12,692
Mann-Whitn U	309	
z	0,52201	
p (same med.):	<b>0,60167</b>	

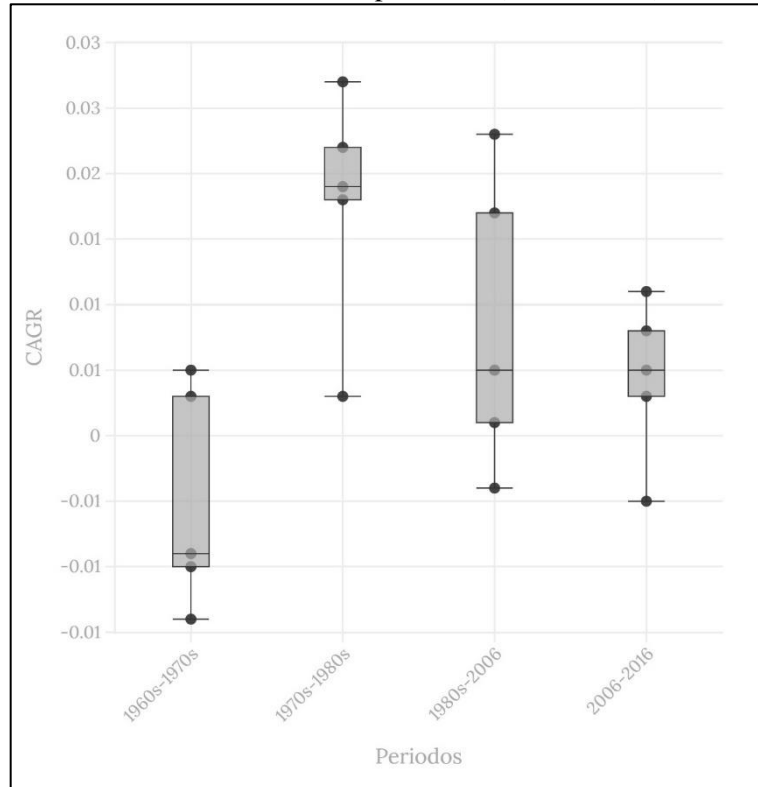
	<i>1980-2006</i>	<i>2006 - 2016</i>
N	26	26
Mean rank:	13,548	12,952
Mann-Whitn U	322,5	
z	0,27488	
p (same med.):	<b>0,78341</b>	

**APÊNDICE L**  
*Análises Boxplot*

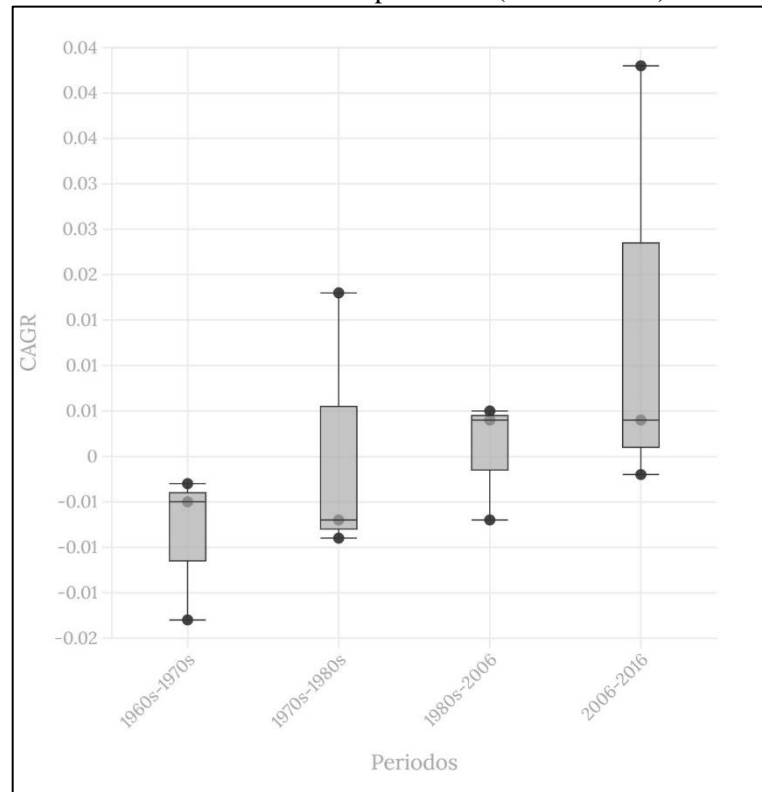
Taxas CAGR na Fragmentação



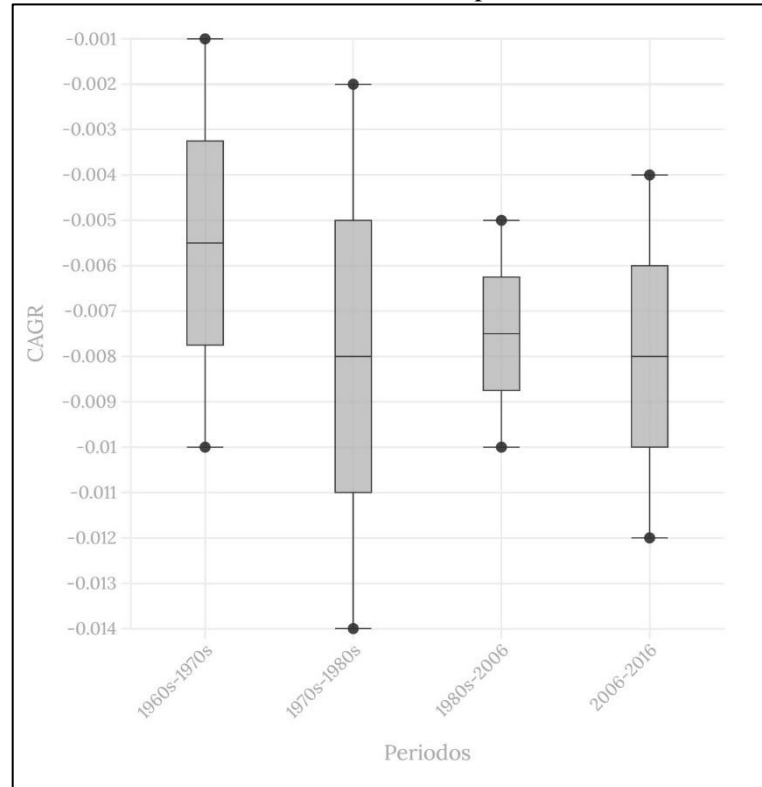
Taxas CAGR na Complexidade (escala micro)



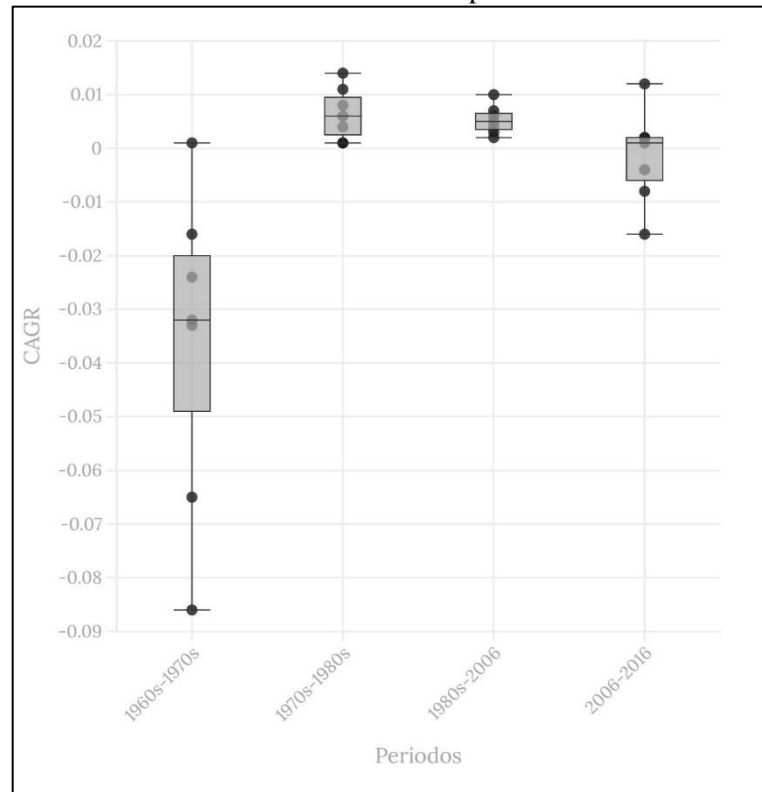
Taxas CAGR na Complexidade (escala macro)



Taxas CAGR na Dispersão



Taxas CAGR na Compacidade

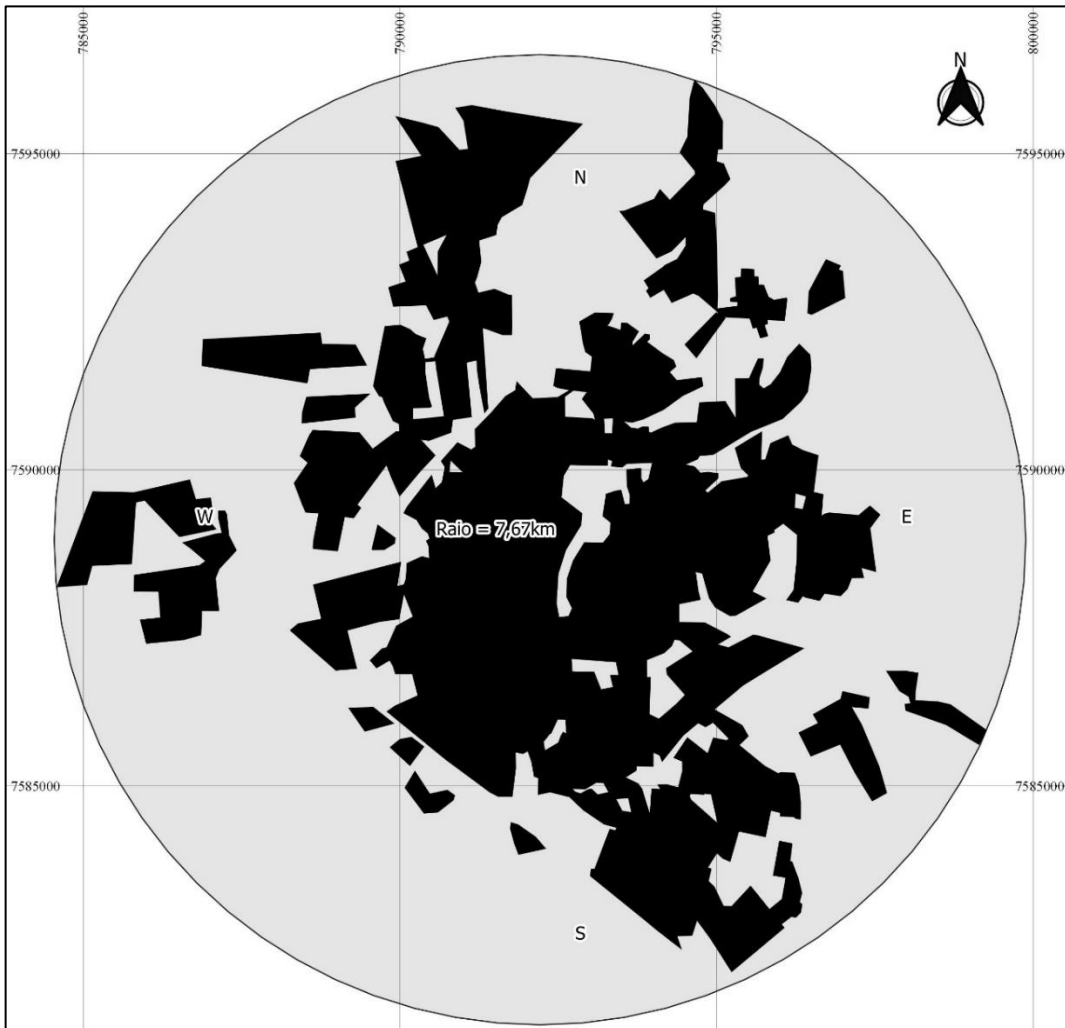
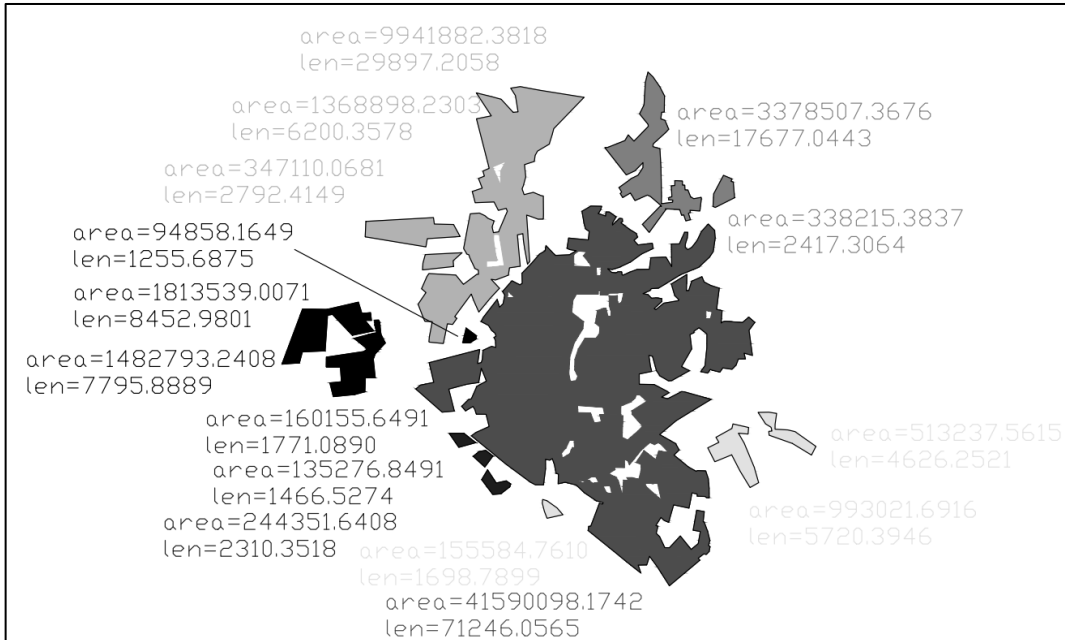




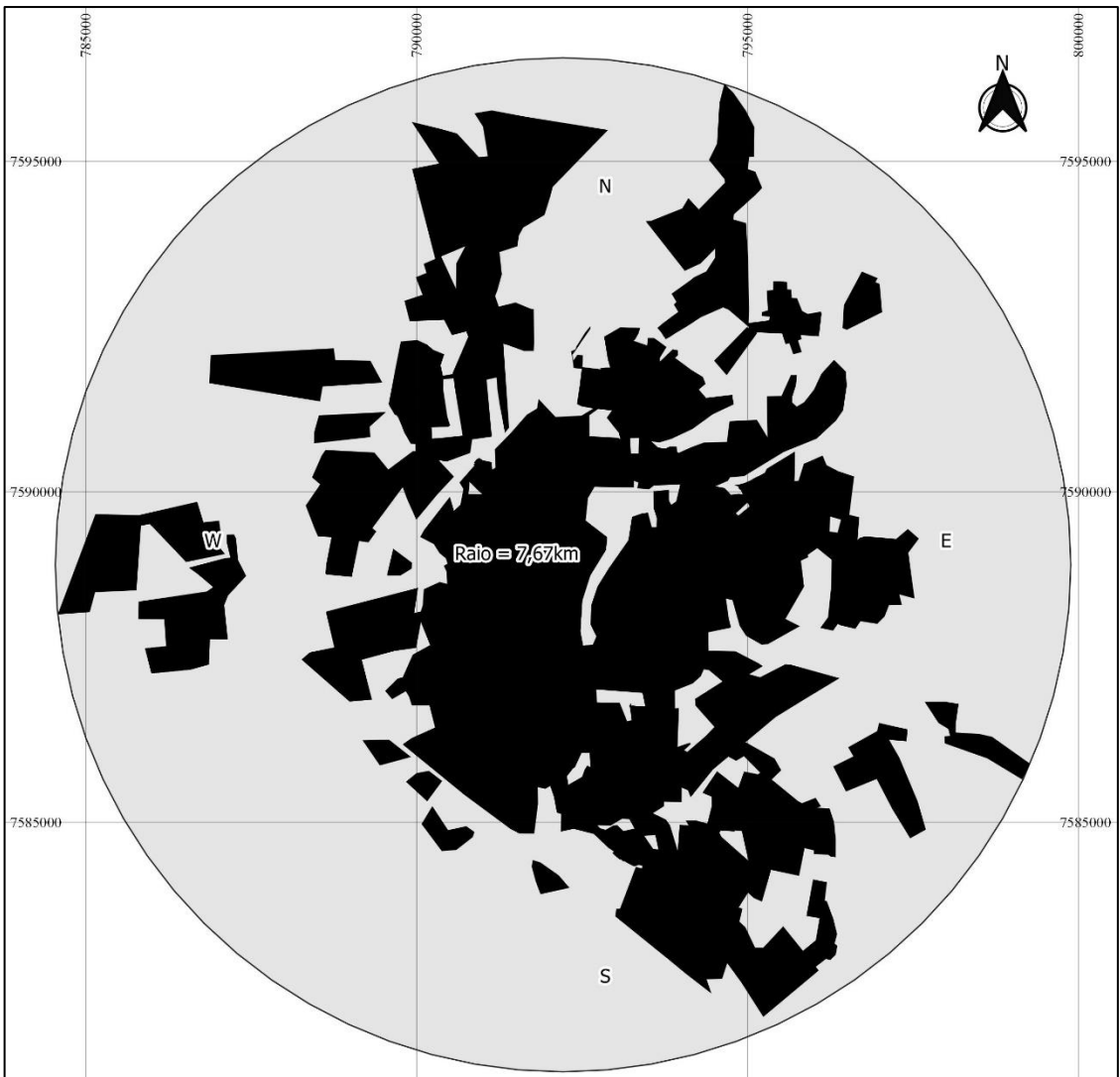
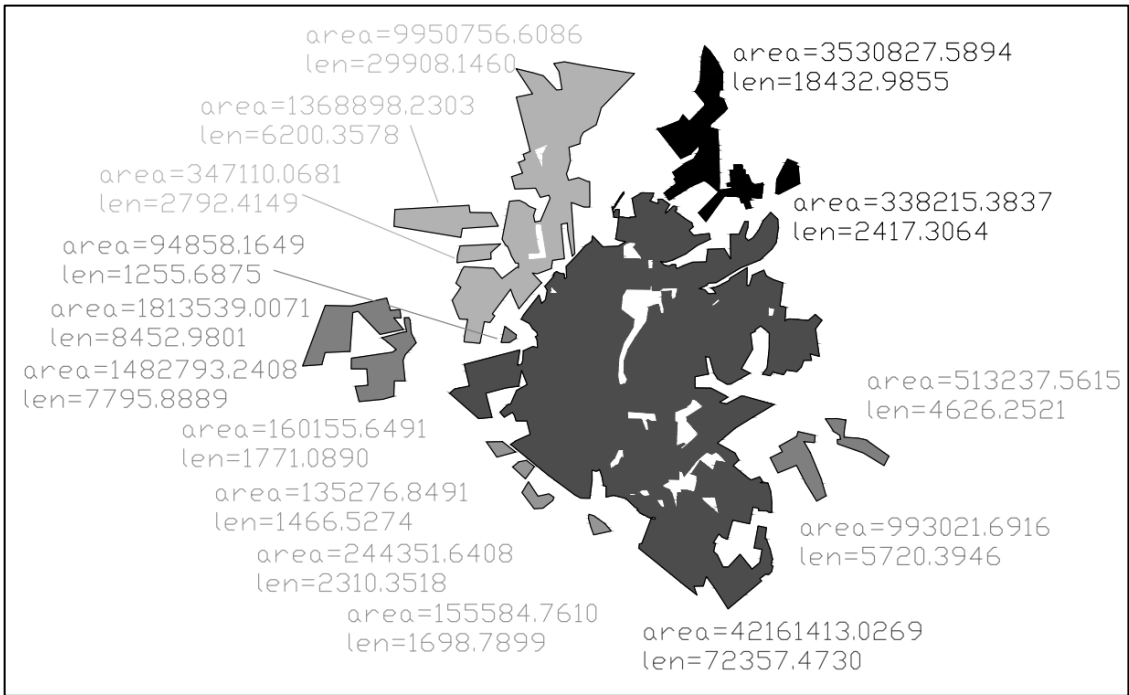
### APÊNDICE M

#### Cenários de mancha urbana entre 2006 e 2016 e parâmetros geométrico-espaciais

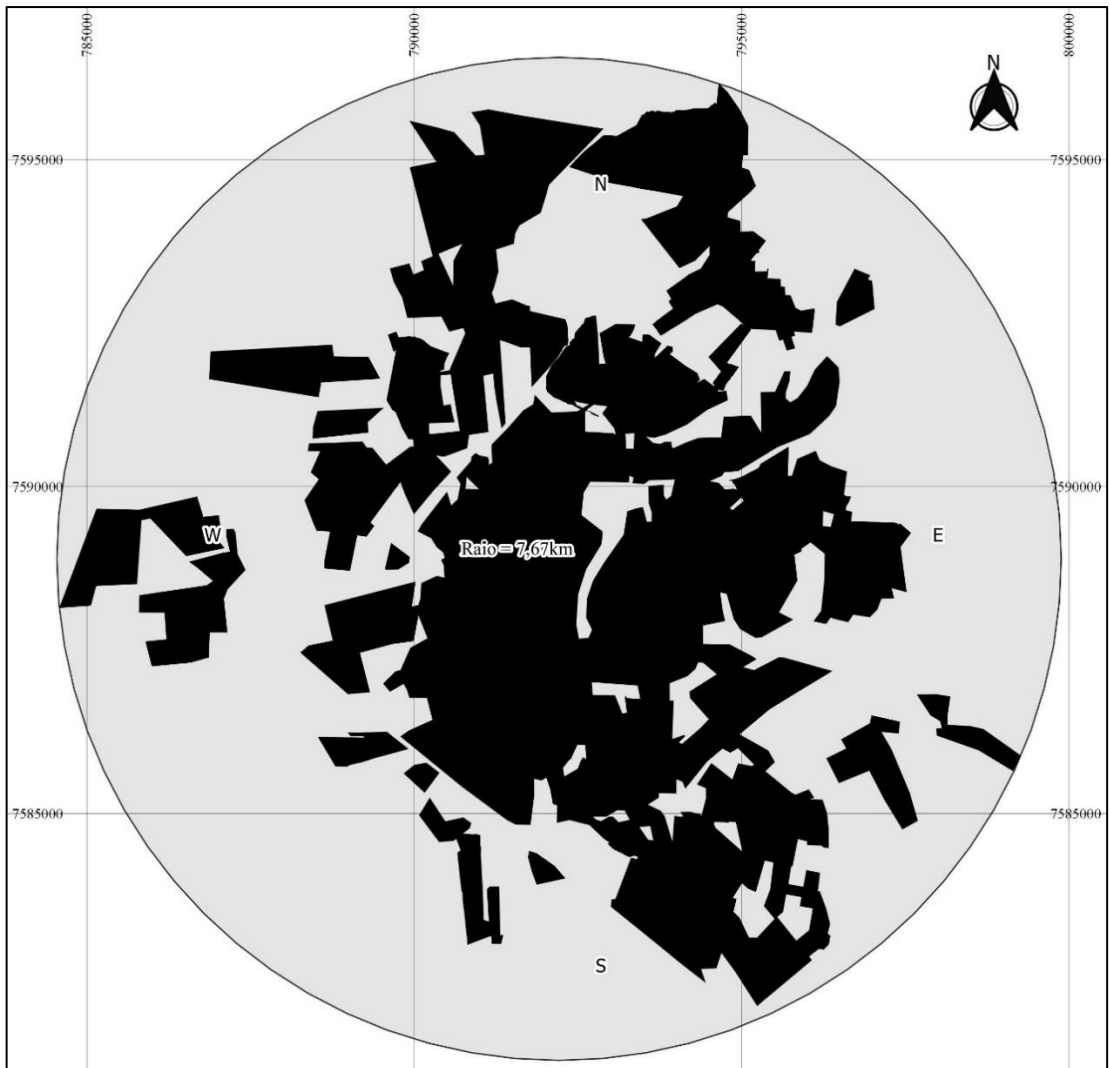
Ano 2006



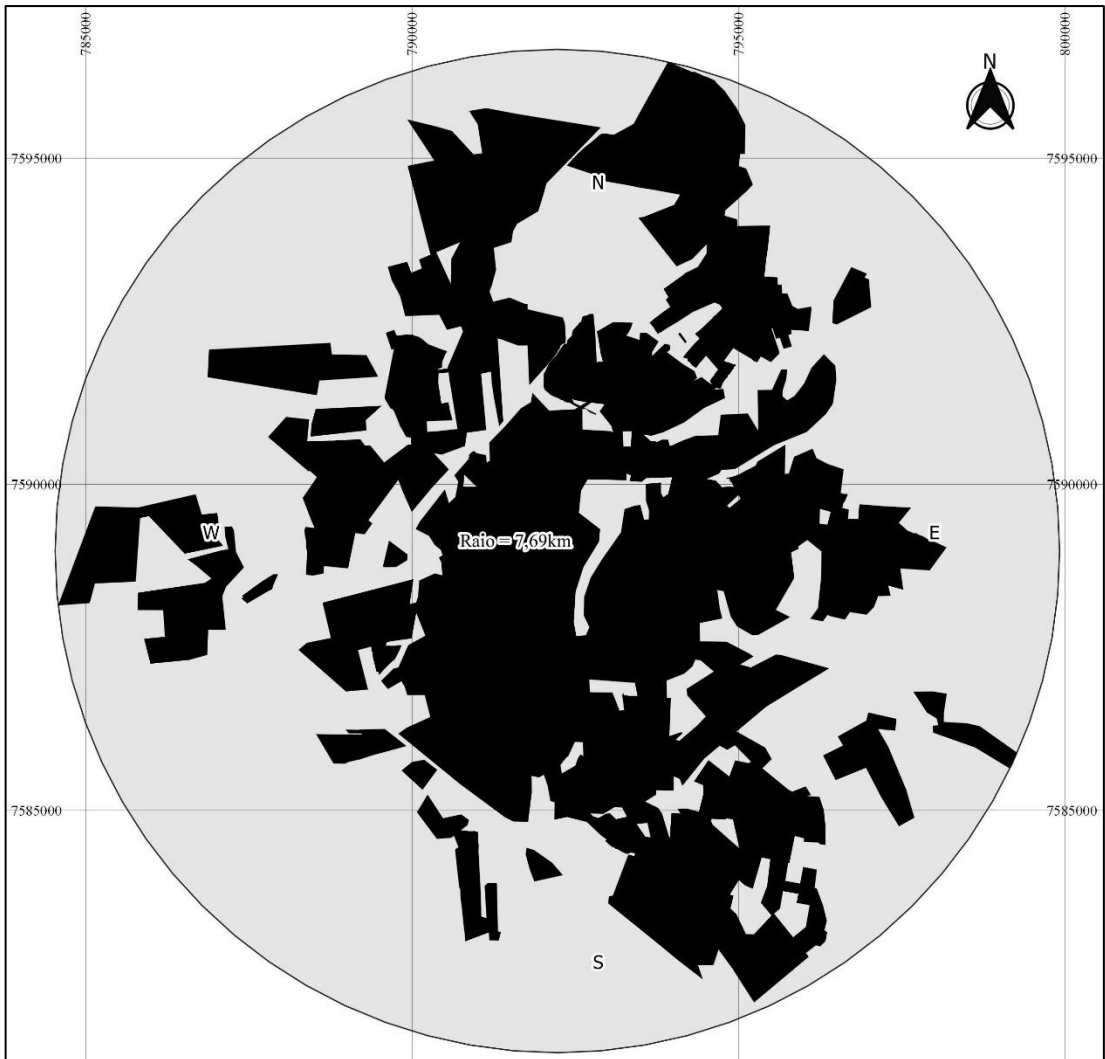
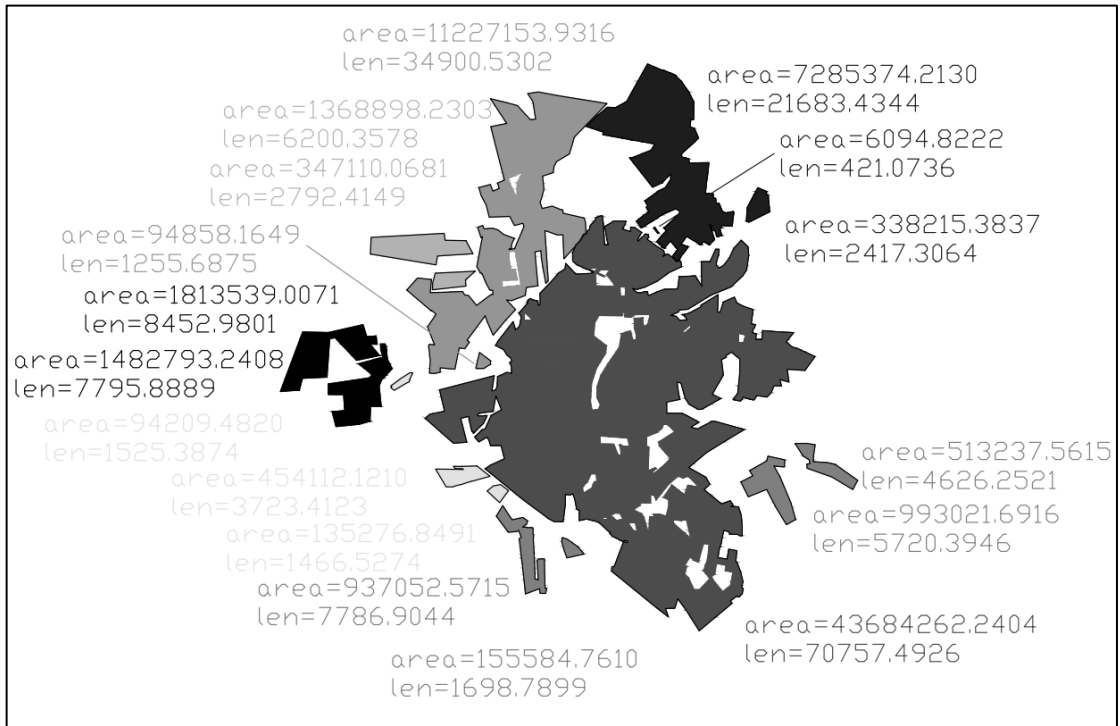
### Ano 2008



Ano 2013



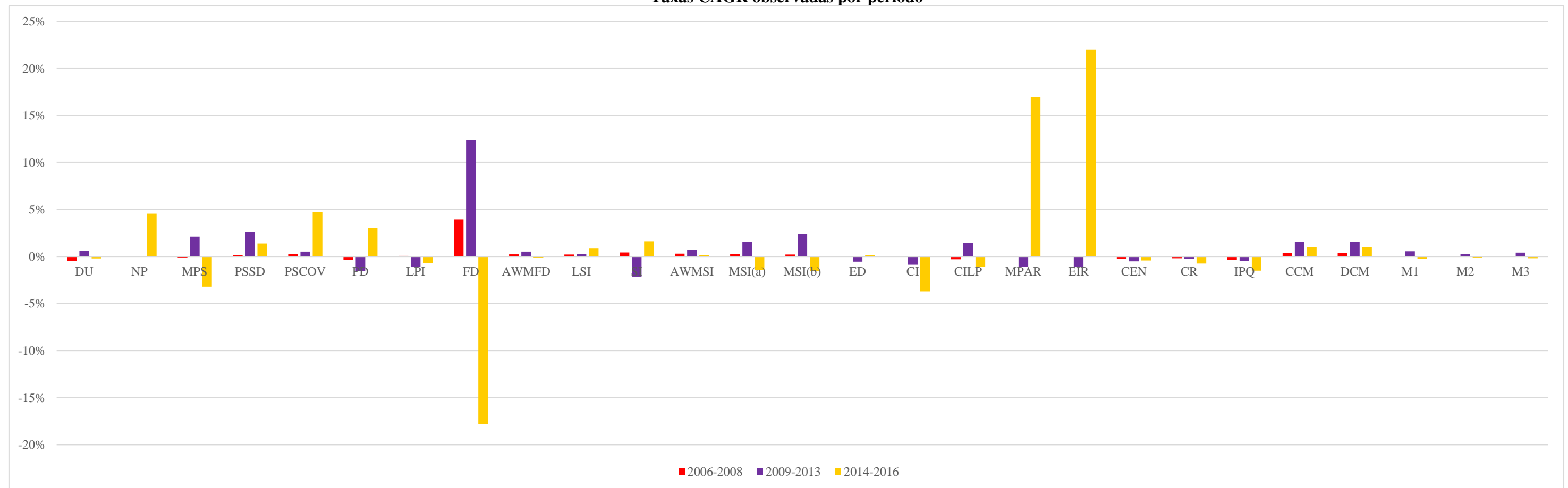
Ano 2016



**APÊNDICE N**  
**Crescimento urbano observado por métricas, entre os anos de 2006 e 2016, e taxas CAGR**

Período	DU	NP	MPS	PSSD	PSCOV	PD	LPI	FD	AWMFD	LSI	SI	AWMSI	MSI(a)	MSI(b)	ED	CI	CILP	MPAR	EIR	CEN	AWTUG	CR	IPQ	CCM	DCM	MI	M2	M3
2006	31,9	14	0,024	0,025	1,046	0,240	0,665	1,048	1,088	5,897	3,116	2,293	1,706	1,605	0,264	0,043	0,321	0,007	0,110	1,105	0,364	0,170	0,029	1,063	0,338	0,099	0,314	0,176
2008	31,5	14	0,024	0,025	1,055	0,237	0,666	1,054	1,088	5,929	3,144	2,305	1,711	1,609	0,264	0,043	0,318	0,007	0,110	1,097	1,000	0,169	0,028	1,075	0,342	0,099	0,314	0,176
2013	32,4	14	0,026	0,029	1,082	0,219	0,629	1,097	1,091	6,000	2,925	2,351	1,768	1,685	0,257	0,041	0,342	0,007	0,104	1,070	0,508	0,167	0,028	1,163	0,370	0,101	0,318	0,180
2016	32,2	16	0,024	0,030	1,244	0,240	0,616	1,054	1,090	6,137	3,020	2,359	1,735	1,654	0,258	0,037	0,331	0,011	0,189	1,057	0,531	0,163	0,027	1,199	0,381	0,101	0,317	0,179
<b>CAGR</b>																												
2006-2008	-0,005	0,000	-0,001	0,001	0,003	-0,004	0,001	0,039	0,002	0,002	0,004	0,003	0,003	0,002	0,000	0,000	-0,003	0,000	0,000	-0,002	*	-0,002	-0,004	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000
2009-2013	0,006	0,000	0,021	0,026	0,005	-0,016	-0,011	0,124	0,005	0,003	-0,021	0,007	0,015	0,024	-0,005	-0,009	0,015	-0,011	-0,011	-0,005	*	-0,002	-0,005	0,016	0,016	0,005	0,003	0,004
2014-2016	-0,002	0,046	-0,032	0,014	0,048	0,030	-0,007	-0,178	-0,001	0,009	0,016	0,002	-0,015	-0,015	0,002	-0,037	-0,011	0,170	0,220	-0,004	*	-0,008	-0,015	0,010	0,010	-0,003	-0,001	-0,002

**Taxas CAGR observadas por período**



**APÊNDICE O**  
**Análise correlacional (r linear de Pearson) com p < 0.05**  
**Crescimento urbano observado entre os anos de 2006 e 2016 (CAGR)**

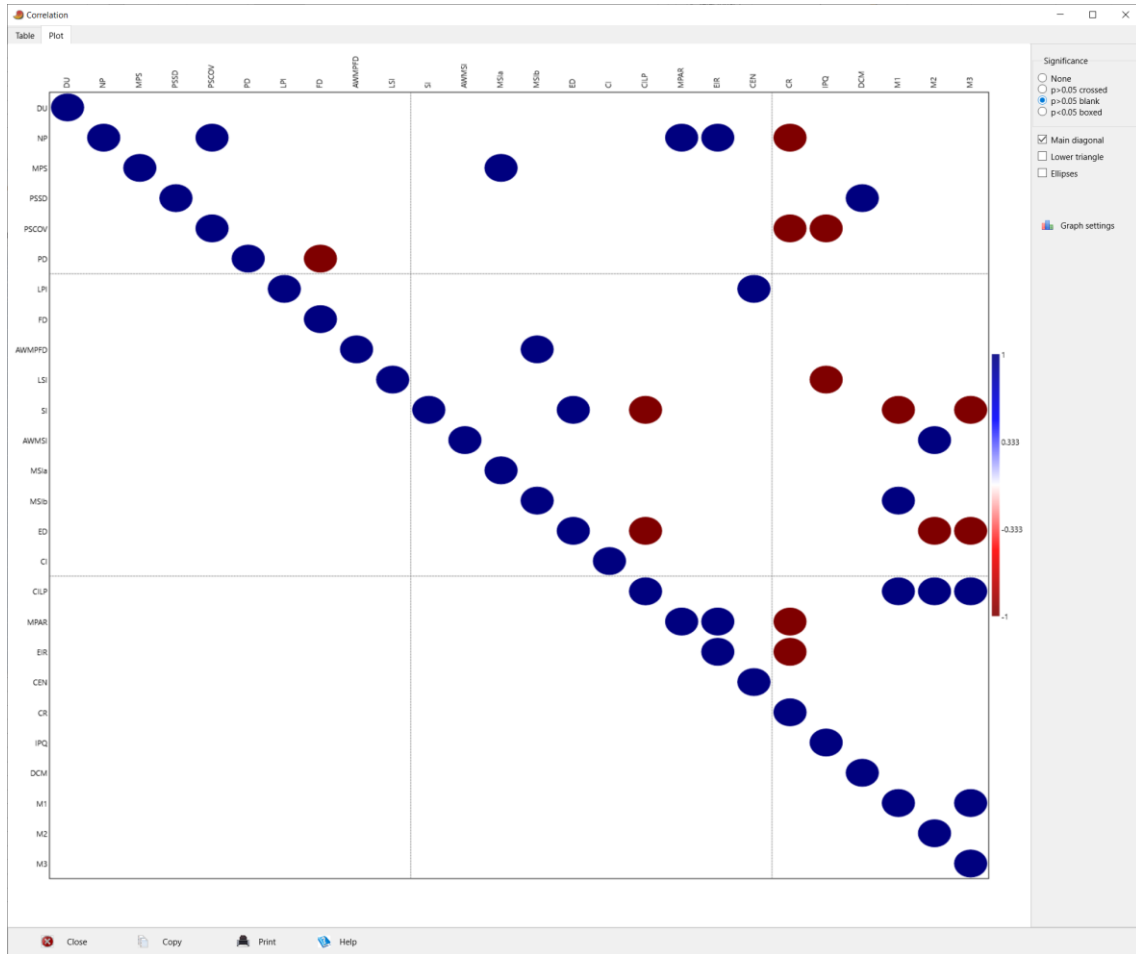
Metric	Pop.		Fragmentation		Heterogeneity		Fragmentation		Complexity / Frag.		Fragmentation		Complexity		Fragmentation		Compactness		Compactness		Complexity / Fragmentation		Disp.		Compact., Frag. & Complex.		Compactness & Dispersion		Compact., Frag., Disp. & Complex.		
	Escala macro		Escala micro		Escala macro		Escala micro		Esc. Macro		Escala micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro		Esc. Micro		Escala macro		
	DU	NP	MPS	PSSD	PSCOV	PD	LPI	FD	AWMFD	LSI	SI	AWMSI	MSI(a)	MSI(b)	ED	CI	CILP	MPAR	EIR	CEN	CR	IPQ	DCM	MI	M2	M3					
<b>DU</b>																															
<b>NP</b>	-0,28																														
<b>MPS</b>	0,66	-0,91																													
<b>PSSD</b>	0,96	0,00	0,42																												
<b>PSCOV</b>	-0,23	<b>1,00*</b>	-0,89	0,05																											
<b>PD</b>	-0,51	0,97	-0,98	-0,24	0,96																										
<b>LPI</b>	-0,89	-0,18	-0,25	-0,98	-0,23	0,07																									
<b>FD</b>	0,53	-0,96	0,99	0,27	-0,95	<b>-1,00*</b>	-0,09																								
<b>AWMFD</b>	0,69	-0,89	1,00	0,46	-0,87	-0,97	-0,29	0,98																							
<b>LSI</b>	-0,20	1,00	-0,87	0,09	1,00	0,94	-0,26	-0,94	-0,85																						
<b>SI</b>	-0,85	0,75	-0,96	-0,66	0,71	0,89	0,52	-0,90	-0,97	0,69																					
<b>AWMSI</b>	0,88	-0,70	0,93	0,72	-0,66	-0,85	-0,58	0,87	0,95	-0,63	-1,00																				
<b>MSI(a)</b>	0,66	-0,90	<b>1,00*</b>	0,43	-0,88	-0,98	-0,26	0,99	1,00	-0,86	-0,96	0,94																			
<b>MSI(b)</b>	0,77	-0,83	0,99	0,55	-0,80	-0,94	-0,40	0,95	<b>0,99*</b>	-0,78	-0,99	0,98	0,99																		
<b>ED</b>	-0,89	0,69	-0,93	-0,72	0,65	0,85	0,59	-0,86	-0,94	0,63	<b>1,00*</b>	-1,00	-0,93	-0,98																	
<b>CI</b>	0,06	-0,98	0,79	-0,22	-0,98	-0,89	0,39	0,88	0,77	-0,99	-0,58	0,52	0,79	0,69	-0,51																
<b>CILP</b>	0,85	-0,74	0,95	0,67	-0,70	-0,88	-0,53	0,89	0,96	-0,68	<b>-1,00*</b>	1,00	0,96	0,99	<b>-1,00*</b>	0,57															
<b>MPAR</b>	-0,33	<b>1,00*</b>	-0,93	-0,05	0,99	0,98	-0,13	-0,98	-0,91	0,99	0,78	-0,73	-0,93	-0,86	0,73	-0,96	-0,77														
<b>EIR</b>	-0,32	<b>1,00*</b>	-0,92	-0,04	1,00	0,98	-0,14	-0,97	-0,91	0,99	0,77	-0,73	-0,92	-0,85	0,72	-0,97	-0,76	<b>1,00*</b>													
<b>CEN</b>	-0,89	-0,20	-0,23	-0,98	-0,24	0,05	<b>1,00*</b>	-0,08	-0,27	-0,28	0,51	-0,57	-0,24	-0,38	0,57	0,41	-0,52	-0,14	-0,15												
<b>CR</b>	0,19	<b>-1,00*</b>	0,87	-0,09	<b>-1,00*</b>	-0,94	0,26	0,94	0,85	-1,00	-0,69	0,63	0,86	0,78	-0,62	0,99	0,68	<b>-0,99*</b>	<b>-0,99*</b>	0,28											
<b>IPQ</b>	0,19	-1,00	0,87	-0,09	<b>-1,00*</b>	-0,94	0,26	0,94	0,85	<b>-1,00*</b>	-0,69	0,63	0,86	0,78	-0,62	0,99	0,68	-0,99	-0,99	0,28	1,00										
<b>DCM</b>	0,95	0,02	0,40	<b>1,00*</b>	0,07	-0,22	-0,99	0,25	0,44	0,11	-0,65	0,70	0,41	0,54	-0,71	-0,24	0,66	-0,03	-0,02	-0,98	-0,11	-0,11									
<b>MI</b>	0,84	-0,75	0,96	0,66	-0,72	-0,89	-0,51	0,90	0,97	-0,69	<b>-1,00*</b>	1,00	0,96	<b>0,99*</b>	-1,00	0,59	<b>1,00*</b>	-0,79	-0,78	-0,50	0,69	0,69	0,64								
<b>M2</b>	0,84	-0,75	0,96	0,66	-0,72	-0,89	-0,51	0,90	0,97	-0,69	-1,00	<b>1,00*</b>	0,96	0,99	<b>-1,00*</b>	0,59	<b>1,00*</b>	-0,79	-0,78	-0,50	0,69	0,69	0,64	1,00							
<b>M3</b>	0,84	-0,75	0,96	0,66	-0,72	-0,89	-0,51	0,90	0,97	-0,69	<b>-1,00*</b>	1,00	0,96	0,99	<b>-1,00*</b>	0,59	<b>1,00*</b>	-0,79	-0,78	-0,50	0,69	0,69	0,64	<b>1,00*</b>	1,00	1,00					

\* Correlação significativa ao nível 0.05

### APÊNDICE P

#### Plot de análise correlacional (r linear de Pearson) com $p < 0.05$

#### Crescimento urbano observado entre os anos de 2006 e 2016



**APÊNDICE Q**  
**Testes de Normalidade e de Hipótese não-paramétrico aplicado sobre as métricas observadas entre os anos de 2006 e 2016**

**Testes de normalidade**

Tests for normal distribution			
	2006-2008	2009-2013	2014-2016
<b>N</b>	26	26	26
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,4769	0,6331	0,7318
<b>p(normal)</b>	1,478E-08	7,28E-07	1,49E-05
<b>Anderson-Darling A</b>	4,295	2,51	3,065
<b>p(normal)</b>	5,354E-11	1,555E-06	6,29E-08
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Lilliefors L</b>	0,3461	0,2313	0,2672
<b>p(normal)</b>	0,0001	0,0001	0,0001
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0007	0,0001
<b>Jarque-Bera JB</b>	380,4	211,7	25,29
<b>p(normal)</b>	2,521E-83	1,056E-46	3,222E-06
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0001	0,0012

Copy   
 Print   
 Monte Carlo N:

Close   
 Help   

**Teste de Kruskal-Wallis**

Several-sample tests	
One-way ANOVA	Residuals
Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis
Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc

**Kruskal-Wallis test for equal medians**

*H* ( $ch^2$ ): 0,9015  
*H<sub>c</sub>* (tie corrected): 0,9041  
*p* (same): 0,6363

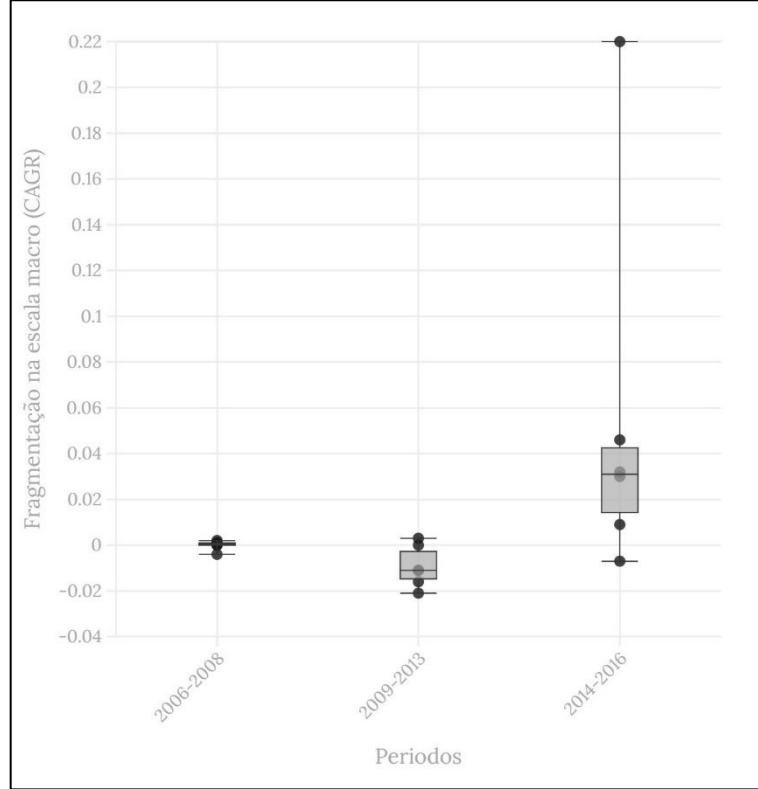
There is no significant difference between sample medians

Close   
 Copy   
 Print   
 Help

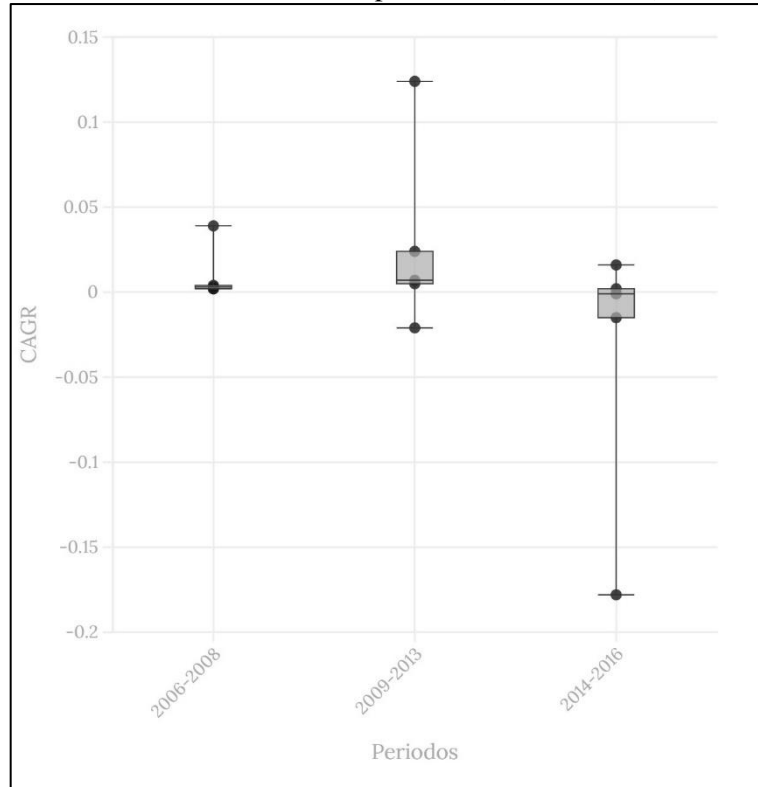


**APÊNDICE R**  
*Análises Boxplot (2006 – 2016)*

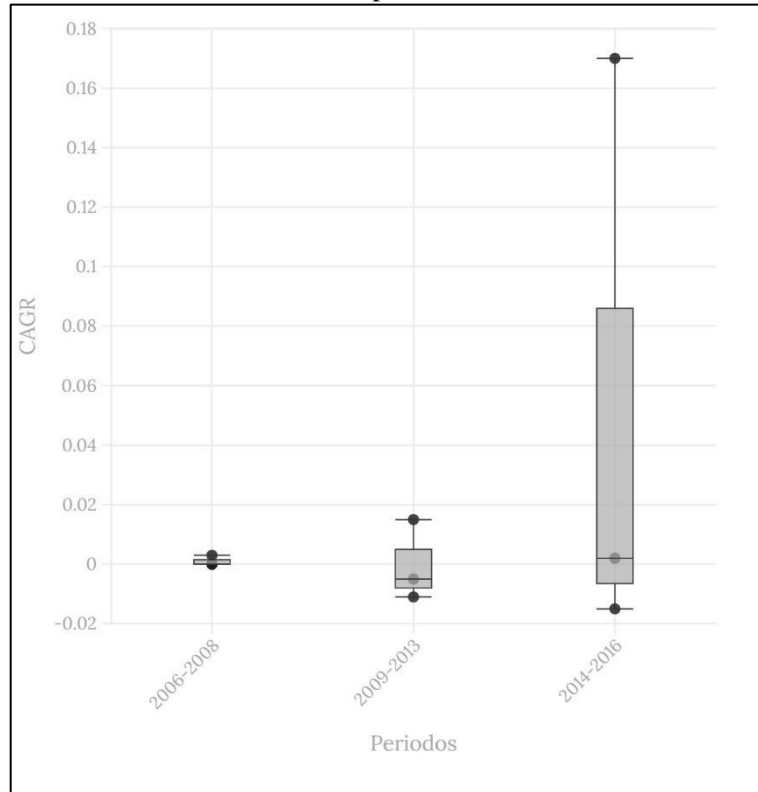
Taxas CAGR na Fragmentação



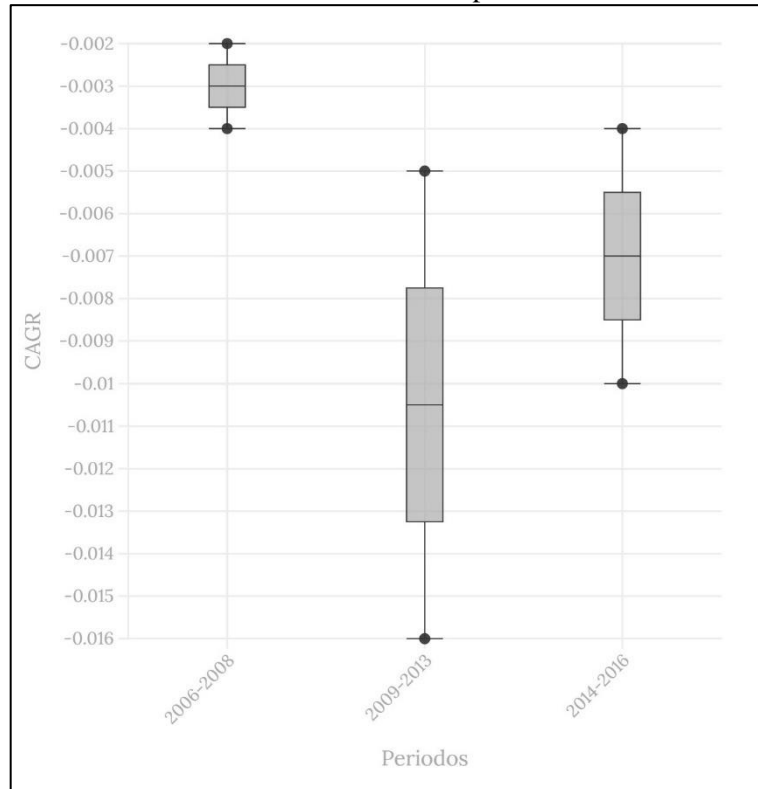
Taxas CAGR na Complexidade (escala micro)



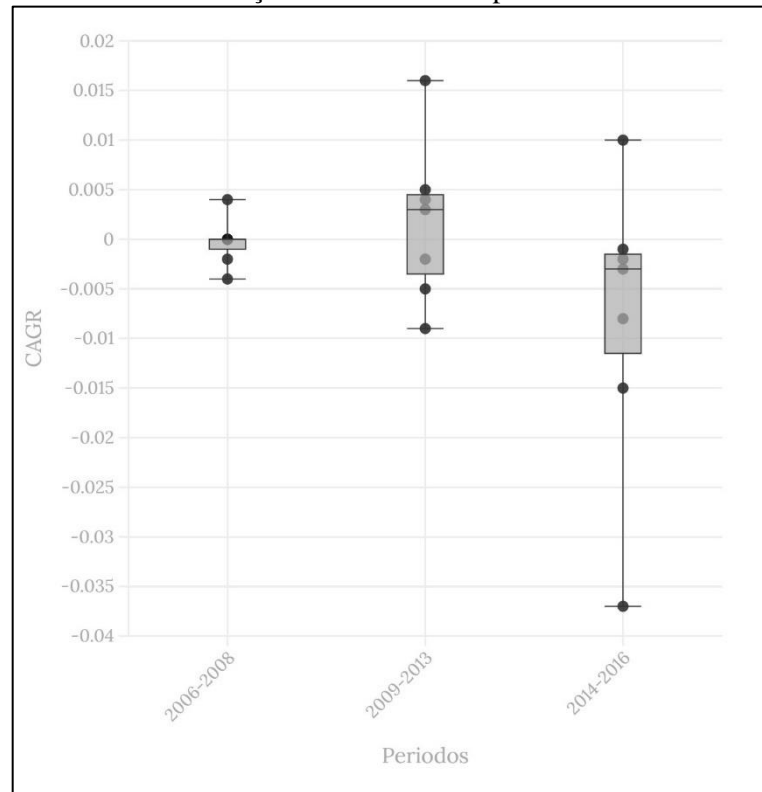
Taxas CAGR na Complexidade (escala macro)



Taxas CAGR na Dispersão



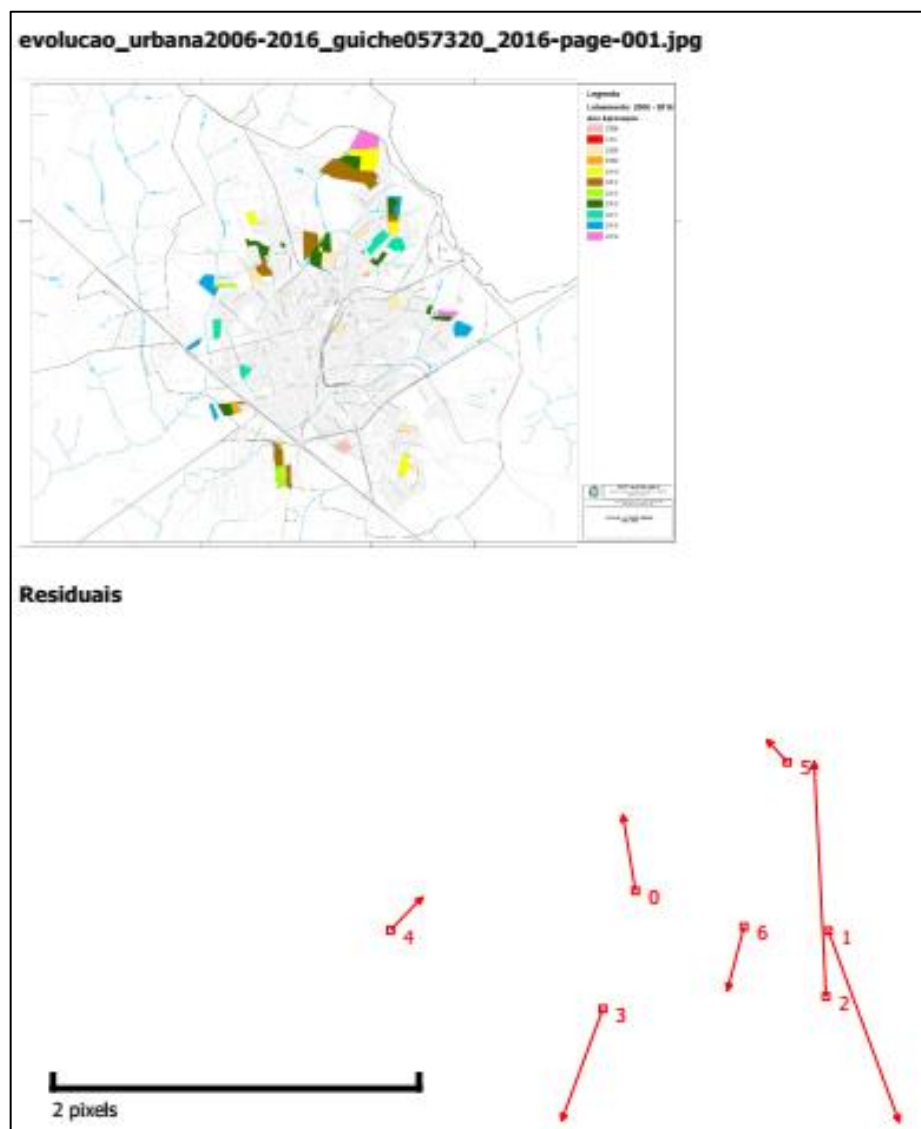
Variações CAGR na Compacidade



## APÊNDICE S

### QGIS' GDAL Georeferencer Report

ID	Habilitado	Pixel X	Pixel Y	Map X	Map Y	Res X (pixels)	Res Y (pixels)	Res Total (pixels)
0	sim	3147	-2512	-5362733.754	-2484446.844	-0.0693539	-0.416457	0.422192
1	sim	4131	-2936	-5358934.040	-2486011.688	0.387886	1.0433	1.11307
2	sim	4120	-3633	-5358928.999	-2488684.458	-0.0651642	-1.28222	1.28387
3	sim	2980	-3765	-5363282.790	-2489282.073	-0.225715	0.611112	0.651464
4	sim	1895	-2928	-5367490.843	-2486137.605	0.175191	-0.180052	0.251218
5	sim	3922	-1145	-5359864.606	-2479134.303	-0.11187	-0.123125	0.166357
6	sim	3701	-2893	-5360585.043	-2485875.575	-0.090974	0.347438	0.359151



## APÊNDICE T

### Dados sobre os loteamentos aprovados e classificação tipológica

Area	Area (m <sup>2</sup> )	Distancia (m)	Perimetro (m)	Lc	S	Tipologia
2006	202744	4681	1836		1	Infill
2006	13037	3320	528		1	Infill
2007	13732	4525	710		1	Infill
2008	8715	2566	493		1	Infill
2008	197513	3335	1800		1	Infill
2008	155977	4887	1963		1	Infill
2008	209759	2496	1935		1	Infill
2008	45220	2122	924		1	Infill
2008	147854	3548	1701		1	Infill
2008	130277	387	1514		1	Infill
2008	230502	2550	3651		1	Infill
2009	20169	2283	691		1	Infill
2009	104679	4808	1337	427	0,319	Edge-expansion
2009	15064	4738	687	212	0,309	Edge-expansion
2010	154323	4901	1616	632	0,391	Edge-expansion
2010	250457	6070	2560		1	Infill
2010	664002	6339	4016	968	0,241	Edge-expansion
2010	174834	4309	2267		1	Infill
2011	252101	5358	2472		0	New-generated
2011	154368	5976	2150		0	New-generated
2011	437599	3088	2977	537	0,18	Edge-expansion
2011	239715	3211	2331		1	Infill
2011	1179797	5656	5572	2043	0,367	Edge-expansion
2011	106748	4597	1327	570	0,43	Edge-expansion
2012	115866	4201	2044		1	Infill
2012	293751	5938	4236		0	New-generated
2013	195043	5102	1822	415	0,228	Edge-expansion
2013	28232	3426	727		1	Infill
2013	280854	6126	2362	2013	0,852	Infill
2013	113144	4224	1771	1021	0,577	Infill
2013	263030	3879	3066		1	Infill
2013	141987	3003	2102		1	Infill
2013	55668	3767	1070	726	0,679	Infill
2013	182383	4971	2000	700	0,35	Edge-expansion
2013	516901	2687	6397		1	Infill
2014	207000	4289	2011	767	0,381	Edge-expansion
2014	142005	3716	1740		1	Infill
2014	300811	3526	2642		1	Infill
2014	252847	3852	2029		1	Infill
2014	6146	3314	421		1	Infill
2015	103164	5532	1625		0	New-generated
2015	11785	2921	437		1	Infill
2015	335695	4814	2637	952	0,361	Edge-expansion
2015	95012	5194	1524		0	New-generated
2015	151007	5106	2629	1362	0,518	Infill
2015	317865	4958	2201	619	0,281	Edge-expansion
2016	151614	4416	1939	617	0,318	Edge-expansion
2016	556684	6949	3289	1579	0,48	Edge-expansion

**Em vermelho:** CHIS Faixa 1 do Programa MCMV

## APÊNDICE U

### Distâncias e áreas observadas por loteamento

Distância (km)			Área (ha)		
2006-2008	2009-2013	2014-2016	2006-2008	2009-2013	2014-2016
0,387	2,283	2,921	13,028	2,017	1,179
2,122	2,687	3,314	4,522	51,690	0,615
2,496	3,003	3,526	20,976	14,199	30,081
2,550	3,088	3,716	23,050	43,760	14,201
2,566	3,211	3,852	0,872	23,972	25,285
3,320	3,426	4,289	1,304	2,823	20,700
3,335	3,767	4,416	19,751	5,567	15,161
3,548	3,879	4,814	14,785	26,303	33,570
4,525	4,201	4,958	1,373	11,587	31,787
4,681	4,224	5,106	20,274	11,314	15,101
4,887	4,309	5,194	15,598	17,483	9,501
	4,597	5,532		10,675	10,316
	4,738	6,949		1,506	55,668
	4,808			10,468	
	4,901			15,432	
	4,971			18,238	
	5,102			19,504	
	5,358			25,210	
	5,656			117,980	
	5,938			29,375	
	5,976			15,437	
	6,070			25,046	
	6,126			28,085	
	6,339			66,400	

### Testes de normalidade

Tests for normal distribution						
	2006-2008 - dist	2006-2008 - area	2009-2013 - dist	2009-2013 - area	2014-2016 - dist	2014-2016 - area
<b>N</b>	11	11	24	24	13	13
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9365	0,8618	0,9621	0,7345	0,9596	0,9324
<b>p(normal)</b>	0,4799	0,06083	0,482	2,983E-05	0,7481	0,366
<b>Anderson-Darling A</b>	0,3224	0,6205	0,259	1,949	0,2205	0,3274
<b>p(normal)</b>	0,472	0,07827	0,6843	3,924E-05	0,7885	0,4712
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4832	0,0808	0,7078	0,0002	0,8065	0,4969
<b>Lilliefors L</b>	0,1333	0,1783	0,09219	0,2606	0,1113	0,1702
<b>p(normal)</b>	0,8432	0,4162	0,8618	0,0001	0,9457	0,3743
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,8469	0,4204	0,8615	0,0004	0,9357	0,3729
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,4239	1,244	1,152	58,59	0,7869	1,494
<b>p(normal)</b>	0,809	0,537	0,5621	1,897E-13	0,6747	0,4737
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7578	0,1828	0,3811	0,0002	0,4797	0,1488

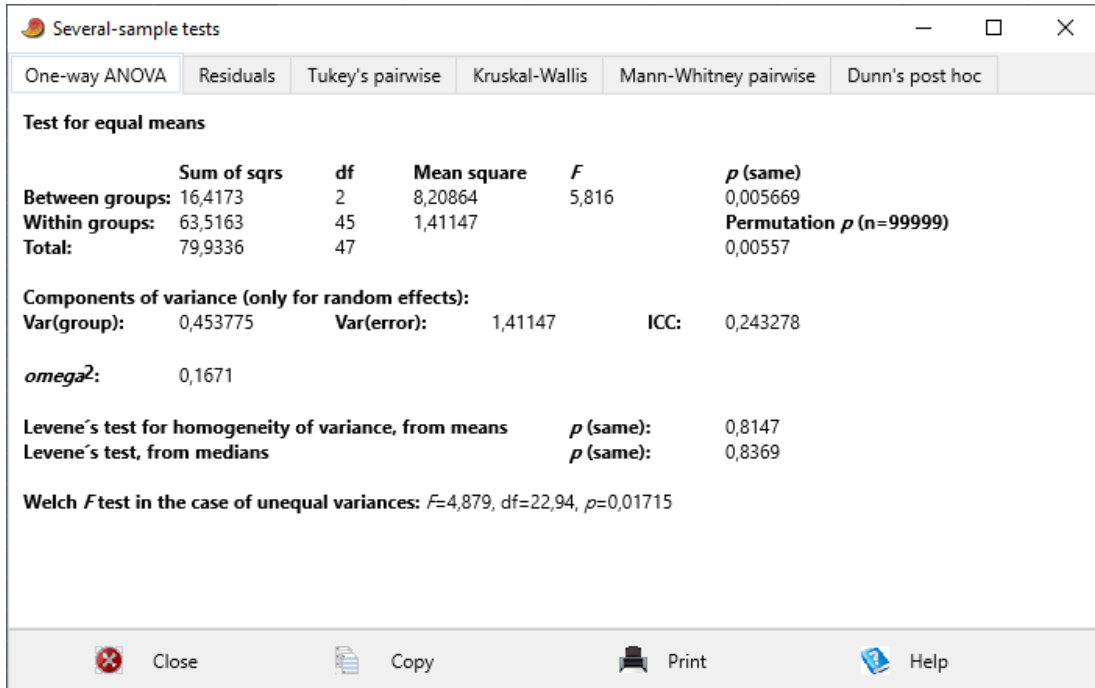
Copy   
 Print   
 Monte Carlo N:

Close   
 Help

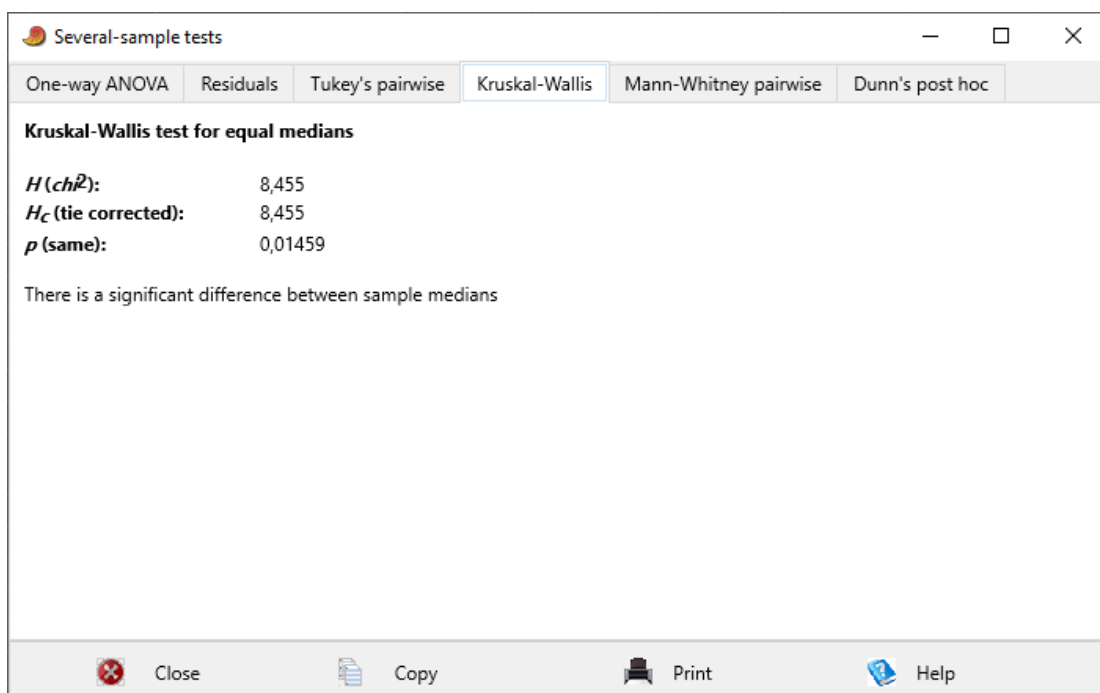
## APÊNDICE V

Testes de hipótese para as distâncias observadas nos períodos

### Teste anova SIMPLES



### Teste de Kruskal-Wallis



### Teste t de Student

	<i>2006-2008</i>	<i>2009-2013</i>
Média	3,129	4,527
Variância	1,729	1,395
Observações	11,000	24,000
Hipótese da diferença de média	0,000	
gl	18,000	
Stat t	-3,014	
P(T<=t) uni-caudal	0,004	
t crítico uni-caudal	1,734	
P(T<=t) bi-caudal	<b>0,007</b>	
t crítico bi-caudal	2,101	

### Teste U de Mann-Whitney

	<i>2006-2008</i>	<i>2009-2013</i>
N	11	24
Mean rank:	3,4857	1,395
Mann-Whitn U	56	
z	2,6828	
p (same med.):	<b>0,0073014</b>	

### Teste t de Student

	<i>2009-2013</i>	<i>2014-2016</i>
Média	4,527	4,507
Variância	1,395	1,179
Observações	24,000	13,000
Hipótese da diferença de média	0,000	
gl	27,000	
Stat t	0,054	
P(T<=t) uni-caudal	0,479	
t crítico uni-caudal	1,703	
P(T<=t) bi-caudal	<b>0,958</b>	
t crítico bi-caudal	2,052	

### Teste U de Mann-Whitney

	<i>2009-2013</i>	<i>2014-2016</i>
N	24	13
Mean rank:	12,432	6,5676
Mann-Whitn U	152	
z	0,11135	
p (same med.):	<b>0,91134</b>	



## APÊNDICE W

### Vazios urbanos com cadastro imobiliário

#### Quadrante Norte

Cadastro	Num. lote	Área (ha)	Distância (Km)	AWMLV (R\$/m <sup>2</sup> )
2402160003	3	2,74	5,14	63
2400660014	14	1,49	3,02	323
2400660015	15	1,66	2,98	325
2400660013	13	3,11	2,76	328
2400490001	1	14,64	5,02	99
2400430005	5	26,90	4,16	294
2400660001	1	5,69	2,33	421
2401810001	1	0,89	2,70	326
2401820001	1	0,66	2,82	325
2401030001	1	2,35	3,97	316
2400710003	3	0,40	3,89	321
2400710002	2	1,59	4,01	280
2402160002	2	2,23	5,08	68

#### Quadrante Leste

Cadastro	Num. lote	Área (ha)	Distância (Km)	AWMLV (R\$/m <sup>2</sup> )
902210002	2	1,07	3,67	126
902110001	1	0,85	3,72	120
902190025	25	0,33	3,50	109
501000011	11	0,37	1,10	485
500590003	3	0,10	1,03	591
500590004	4	0,10	1,04	646
500590007	7	0,12	1,07	662
602820001	1	0,04	2,49	313
2501120002	2	13,01	3,29	48
905970001	1	0,50	3,23	93
500310008	8	0,51	0,84	374
501010001	1	0,94	1,06	458
902210012	12	0,94	3,59	120
602550017	17	0,16	2,54	251
602550087	87	0,12	2,51	251
602550088	88	0,12	2,52	251
602570067	67	0,43	2,40	250
500730016	16	0,04	1,16	752
602570066	66	0,35	2,35	251

500730015	15	0,06	1,17	814
602570068	68	0,35	2,41	251
602570005	5	0,40	2,35	250
501000002	2	0,04	1,12	471
501000001	1	0,04	1,13	471
603300001	1	12,34	3,59	169
500730014	14	0,58	1,14	804
501000005	5	0,04	1,13	473
500600012	12	0,28	0,96	523
501000006	6	0,04	1,14	472
602550076	76	0,93	2,58	251
602830008	8	4,75	3,22	143
602550117	117	0,06	2,63	250
202830007	7	4,81	3,25	120
602550118	118	0,05	2,62	251
602830003	3	1,79	3,33	78
602550081	81	0,03	2,53	251
902210003	3	0,53	3,60	173
602550082	82	0,21	2,56	251
602830002	2	1,28	3,33	74
602830001	1	1,53	3,34	53
701030005	5	8,01	2,40	254
701030009	9	4,89	2,29	261
605200004	4	0,02	2,47	315
605200005	5	0,02	2,48	315
605200011	11	0,02	2,48	316
605200012	12	0,02	2,49	315
605200006	6	0,02	2,49	314
605200013	13	0,02	2,50	313
605200007	7	0,02	2,50	312
605190001	1	0,03	2,33	319
605190007	7	0,03	2,39	318
605200001	1	0,04	2,43	316
605200008	8	0,03	2,45	318
605200002	2	0,02	2,45	315
605200003	3	0,02	2,46	315
605200009	9	0,02	2,46	318
605200010	10	0,02	2,47	317
605190019	19	0,03	2,37	319
605190020	20	0,03	2,38	319
605190006	6	0,03	2,38	318
605190021	21	0,03	2,39	319
605190022	22	0,03	2,40	319
605190008	8	0,03	2,40	318
605190009	9	0,03	2,41	319
605190010	10	0,03	2,42	320

605190015	15	0,03	2,33	319
605190016	16	0,03	2,34	319
605190002	2	0,03	2,34	318
605190003	3	0,03	2,35	318
605190017	17	0,03	2,35	319
605190018	18	0,03	2,36	319
605190004	4	0,03	2,36	319
605190005	5	0,03	2,37	318
602820005	5	0,03	2,48	314
602820006	6	0,03	2,48	315
602820007	7	0,03	2,48	315
602820008	8	0,03	2,48	315
602820009	9	0,03	2,48	316
602820010	10	0,03	2,48	316
602820011	11	0,05	2,48	317
602820012	12	0,04	2,51	317
605190011	11	0,03	2,42	320
605190023	23	0,04	2,41	319
901950001	1	0,54	3,91	123
605190012	12	0,03	2,43	320
605190013	13	0,03	2,44	320
605190014	14	0,03	2,45	319
602820002	2	0,38	2,53	315
602820003	3	0,03	2,48	313
602820004	4	0,03	2,48	313
902200001	1	0,87	3,39	110
902240005	5	3,95	3,95	128
902240004	4	3,55	3,82	127
902240003	3	4,32	3,71	120
602820021	21	0,03	2,58	310
902240002	2	5,13	3,58	97
602820022	22	0,04	2,60	305
902240001	1	7,92	3,41	82
902210008	8	0,94	3,53	156
902210009	9	0,64	3,48	133
500590001	1	0,09	1,03	434
905020003	3	0,55	3,14	135
905020002	2	0,60	3,11	122
905820002	2	0,47	3,42	120
602820013	13	0,03	2,52	317
905820001	1	0,52	3,37	120
602820014	14	0,03	2,53	316
902200005	5	0,36	3,42	103
602820015	15	0,03	2,54	316
902200004	4	0,42	3,29	107
602820016	16	0,03	2,54	316

902200003	3	0,48	3,33	106
602820017	17	0,03	2,55	316
602820018	18	0,03	2,56	313
602820019	19	0,03	2,57	311
602820020	20	0,03	2,58	312

### Quadrante Sul

<b>Cadastro</b>	<b>Num. lote</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Distância (Km)</b>	<b>AWMLV (R\$/m<sup>2</sup>)</b>
901100009	9	0,20	4,53	191
901100007	7	0,21	4,58	186
901100005	5	0,21	4,61	183
905340001	1	1,35	4,14	152
902300001	1	4,94	3,91	210
1001580003	3	2,35	4,23	295
1001580002	2	2,83	4,18	289
1002120002	2	0,44	3,62	336
1002120001	1	0,40	3,68	326
1002100003	3	0,24	3,72	313
901390007	7	1,90	4,95	149
901380001	1	2,07	4,50	189
1002640002	2	0,52	3,86	257
1002640001	1	0,84	3,83	264
800320175	175	0,69	2,20	318
800320176	176	0,08	2,21	294
801180001	1	3,16	2,60	194
801190001	1	3,36	2,63	203
905160002	2	2,38	6,37	213
905150002	2	2,50	6,31	232
905140001	1	4,76	6,21	238
800320177	177	0,09	2,22	295
800320178	178	0,09	2,22	283
1001650007	7	1,07	4,55	325
100165008	8	1,02	4,45	311
1300640005	5	0,39	3,74	280
1300640006	6	0,42	3,68	280
2700120002	2	3,05	6,08	132
2800060001	1	11,30	6,37	150
2800070001	1	14,16	6,23	168
2800080001	1	19,57	6,04	188
2800090003	3	25,25	5,98	205
2800160001	1	6,91	6,25	238
2800130001	1	5,11	5,18	244
2800140001	1	11,29	5,39	256
1100680004	4	0,11	3,15	347

1100680003	3	0,10	3,14	344
2700130005	5	2,36	6,48	214
2700130003	3	2,55	6,29	176
2700130004	4	2,64	6,38	200
2700120001	1	3,24	5,98	120
1001800005	5	1,69	3,87	300
1001800006	6	1,82	4,01	289
1101010002	2	0,08	3,27	342
1100680002	2	0,21	3,10	343
902430049	49	0,11	4,63	178
902430050	50	0,11	4,65	177
902210009	9	0,64	3,48	133
902290001	1	3,67	4,03	186
902430051	51	0,12	4,67	175
801200130	130	0,03	2,33	238
801200129	129	0,03	2,33	239
801200128	128	0,03	2,33	239
801200127	127	0,03	2,33	240
3000030001	1	29,19	4,80	392
801200126	126	0,03	2,33	241
1001040001	1	0,49	3,94	243
801200125	125	0,03	2,34	242
1001030001	1	0,63	3,89	257
801200124	124	0,02	2,34	242
801200123	123	0,03	2,34	243
1200930001	1	4,88	4,68	244
2800090002	2	28,91	5,55	245
902430016	16	0,09	4,60	181
801200002	2	0,11	2,26	246
801200134	134	0,03	2,32	234
800630007	7	0,19	1,16	420
801200133	133	0,03	2,32	235
801200132	132	0,03	2,32	236
801200131	131	0,03	2,33	237
800290025	25	0,16	1,44	384
1300790002	2	2,63	3,67	387
800290010	10	0,02	1,42	336
800290008	8	0,02	1,41	341
2701380001	1	2,51	6,21	153
800100034	34	0,19	1,59	518
901390012	12	0,07	4,70	176
800100012	12	0,12	1,64	445
901390011	11	0,07	4,69	177
901390010	10	0,07	4,69	178
901390009	9	0,06	4,68	179
801200122	122	0,11	2,31	242

901390004	4	0,06	4,67	180
801200121	121	0,13	2,30	244
2800090001	1	22,10	5,82	224
801200120	120	0,12	2,28	245
801200004	4	0,11	2,23	247
800090005	5	1,31	1,47	782
902430048	48	0,11	4,61	179
800020001	1	0,23	1,65	532
800020002	2	0,22	1,75	454
800090001	1	3,76	1,38	1013
1300790003	3	0,47	3,58	452
901390013	13	0,10	4,71	175
500890001	1	1,56	0,67	648
901390008	8	1,30	4,82	163
901390002	2	0,96	4,75	170
901390005	5	0,42	4,72	175
901390003	3	0,63	4,66	183
901390001	1	0,73	4,59	188
1001210038	38	0,74	3,67	299
1001210002	2	0,71	3,60	314
1200910005	5	2,22	4,72	276
1200910004	4	3,34	4,79	270
1100980029	29	0,13	3,27	347
1100980028	28	0,16	3,30	346
1100980027	27	0,07	3,45	350
1100980026	26	0,04	3,44	351
1100980025	25	0,04	3,43	351
1100980024	24	0,04	3,42	351
1200870001	1	3,88	4,96	326
1200860002	2	11,37	4,81	344
1200860001	1	12,11	4,53	344
1200910010	10	3,36	4,52	274
1200910009	9	2,37	4,48	277
1200910006	6	2,76	4,68	290
1100980014	14	0,07	3,32	349
1100980013	13	0,06	3,29	348
1100290022	22	0,33	3,29	360
1101010007	7	0,04	3,26	344
1101010003	3	0,21	3,24	342
1101120003	3	0,15	3,24	337
1100670014	14	0,40	2,94	326
1100670015	15	0,68	2,97	331
1100980023	23	0,04	3,41	351
1100980022	22	0,04	3,40	351
1100980021	21	0,04	3,39	350
1100980020	20	0,04	3,38	350

1100980018	18	0,08	3,37	349
1100980017	17	0,04	3,35	348
1100980016	16	0,04	3,35	349
1100980015	15	0,04	3,34	349
1002260001	1	6,50	5,24	228
1002250001	1	6,03	5,15	231
1002240001	1	5,86	5,07	232
1002230001	1	5,23	5,01	228
1002220001	1	5,69	4,96	225
1002130001	1	0,51	4,00	304
1001590006	6	1,48	4,12	267
1001590001	1	2,43	3,93	285
1100680001	1	0,22	3,11	346
1101000002	2	0,36	3,17	350
1001620001	1	6,98	4,68	198
1001610004	4	0,46	4,63	203
1001610003	3	0,32	4,65	207
1001610001	1	0,44	4,73	206
1001660001	1	5,47	5,11	232
1002270001	1	5,19	5,30	223
902430020	20	0,59	4,67	171
902430001	1	2,09	4,77	163
901100010	10	0,21	4,55	189

### Quadrante Oeste

Cadastro	Num. lote	Área (ha)	Distância (Km)	AWMLV (R\$/m <sup>2</sup> )
3000010001	1	28,37	4,70	360
2401750003	3	1,57	2,46	292
2001920001	1	0,68	3,88	472
2400690001	1	6,32	2,93	322
2002100001	1	1,91	4,09	347
2400480002	2	13,87	4,98	91
2002090001	1	0,38	3,97	366
3100060001	1	12,53	5,34	82
2000980001	1	3,35	4,09	380
3100110001	1	95,28	5,05	159
2000970001	1	2,80	4,02	455
1601380001	1	1,13	2,64	260
1600480001	1	3,93	2,53	581
1601310001	1	3,06	2,62	243
1601300001	1	1,21	2,49	254
1601290001	1	1,77	2,53	243
1601280001	1	2,74	2,53	249

3100090001	1	2,96	3,24	278
3100100001	1	24,15	3,51	329
2402160001	1	1,75	5,29	52
2401750005	5	1,02	2,35	289
3100010001	1	46,05	3,07	335
2400470001	1	42,10	4,47	289
2401750004	4	1,73	2,40	293
2400480001	1	17,13	4,79	135
2001920002	2	0,47	3,86	434
2002100003	3	0,72	4,02	363
2401750002	2	1,03	2,53	285
2002460001	1	2,22	4,34	284
2001100001	1	12,64	4,52	270



## APÊNDICE X

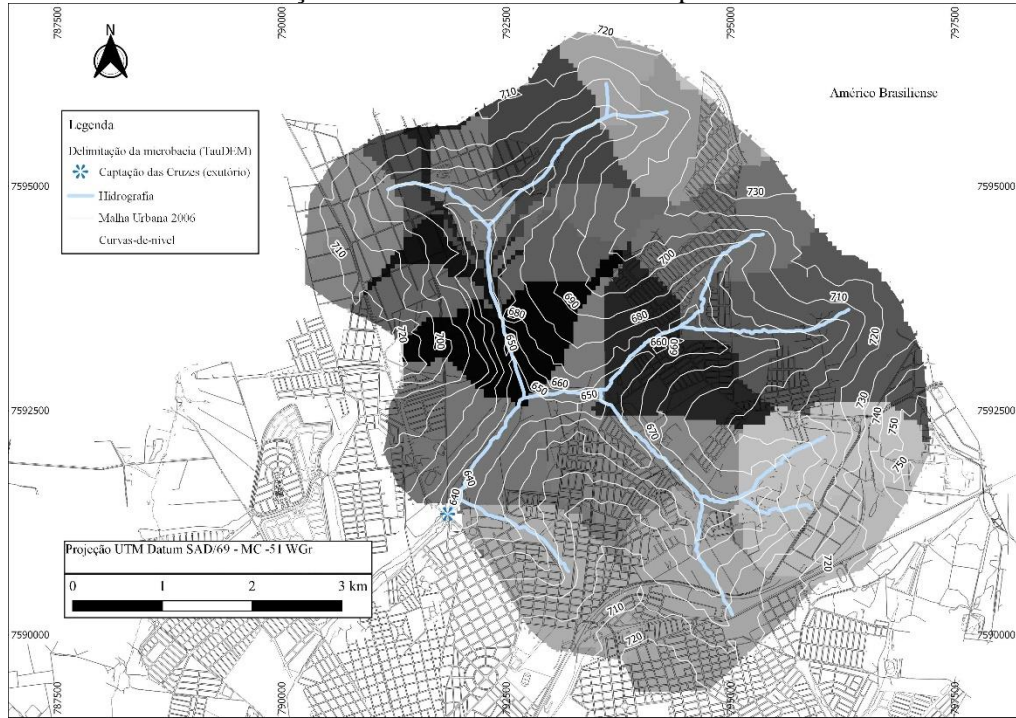
### Cálculos comparativos entre vazões máximas de escoamento

Valores extraídos			
Área da bacia	33,07		km <sup>2</sup>
Perim. da bacia	22,77		km
Declividade equivalente	0,113		m/m
Fator de forma	3,26		
T <sub>c</sub>	97		minutos
Valores adotados			
t	90		minutos
TR	50		anos
i (AQA)	<b>68</b>		<b>mm/h</b>
Valores calculados			
Fator de forma KF	3,258661351		
Coef forma C1	0,760649856		
K	<b>0,94</b>		
<b>Coef. Runoff</b>	Mínimo	Máximo	
C (2006)	0,133	0,241	
C (2017)	0,179	0,295	
Volume do Hidrograma V	46191908		<b>m<sup>3</sup> (2006)</b>
Volume do Hidrograma V	62475152		<b>m<sup>3</sup> (2017)</b>
Vazão cheia Q 2006	54,56	99,30	<b>m<sup>3</sup>/s (2006)</b>
Vazão cheia Q 2017	73,79	121,49	<b>m<sup>3</sup>/s (2017)</b>
<b>Aumento estimado na Vazão</b>	<b>35%</b>	<b>22%</b>	

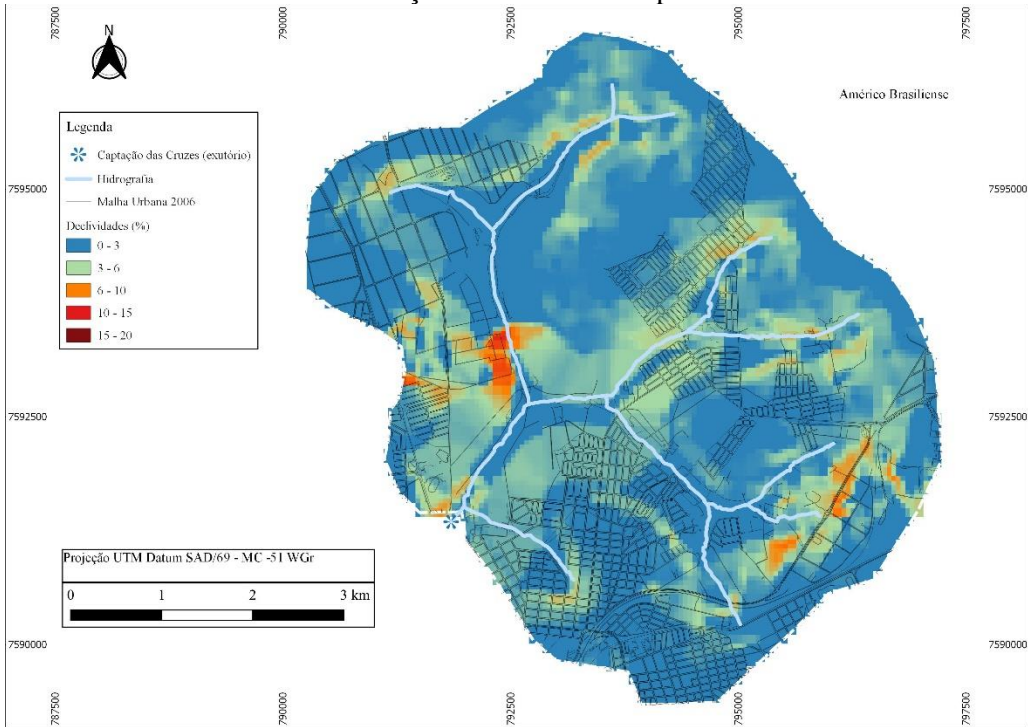
# APÊNDICE Y

## Procedimentos realizados em SIG

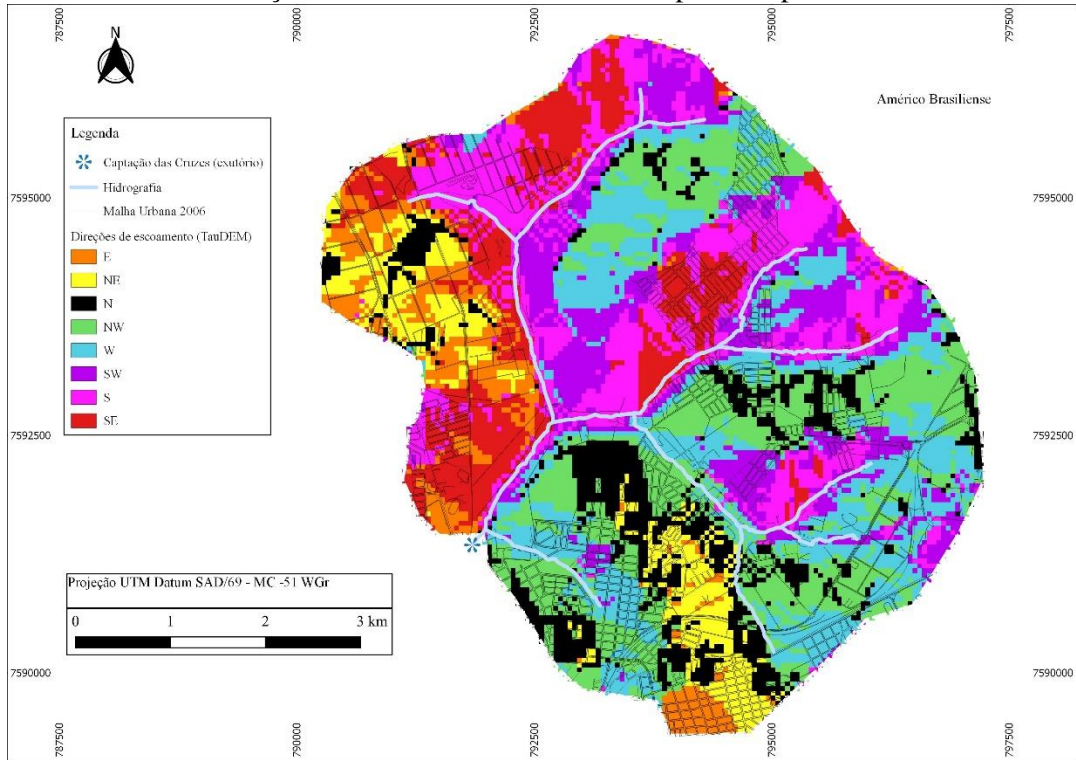
### Delimitação automatizada da microbacia por TauDEM



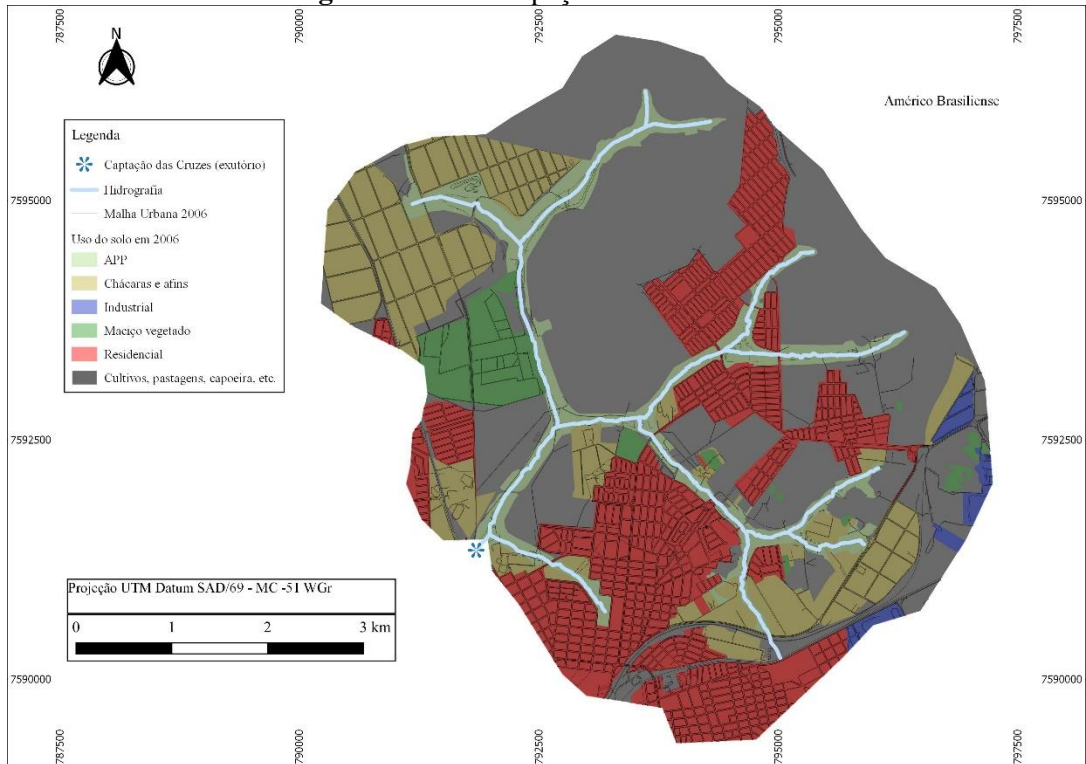
### Determinação das declividades por TIN



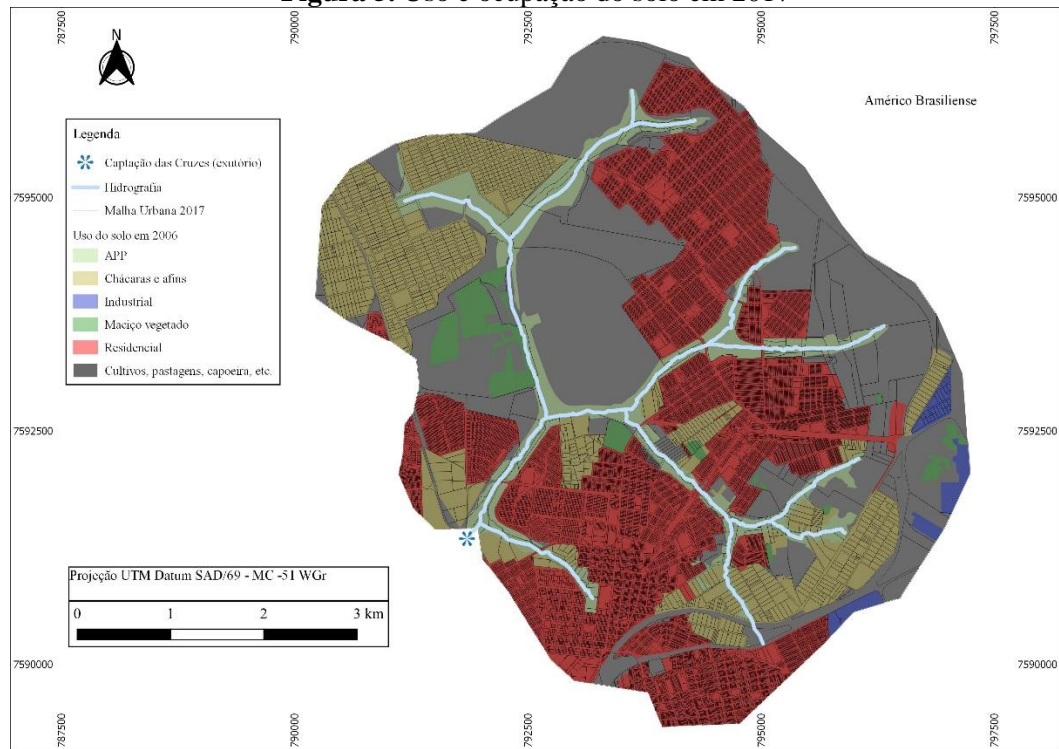
### Determinação dos sentidos de escoamento superficial por TauDEM



**Figura 4.** Uso e ocupação do solo em 2006



**Figura 5. Uso e ocupação do solo em 2017**



## APÊNDICE Z

### Avaliação Mercadológica (lotes sem benfeitorias)

ID	Imobiliária	Bairro	Área (m²)	Valor (R\$)	FO	Unitário (R\$/m²)	Médio (R\$/m²)
81	Tedde	Acapulco	202,00	85.000,00	0,8	R\$ 336,63	R\$ 336,63
171	Tedde	Aguas do Paiol	300,00	80.000,00	0,8	R\$ 213,33	R\$ 206,67
174	Tedde	Aguas do Paiol	300,00	75.000,00	0,8	R\$ 200,00	
75	Tedde	Altos do Jaragua	331,00	190.000,00	0,8	R\$ 459,21	R\$ 402,70
90	Tedde	Altos do Jaragua	362,00	190.000,00	0,8	R\$ 419,89	
102	Tedde	Altos do Jaragua	419,00	210.000,00	0,8	R\$ 400,95	
132	Tedde	Altos do Jaragua	387,00	160.000,00	0,8	R\$ 330,75	
117	Toscano	Damha	299,50	150.000,00	0,8	R\$ 400,67	R\$ 478,33
133	Toscano	Damha	308,00	160.000,00	0,8	R\$ 415,58	
161	Toscano	Damha	310,50	160.000,00	0,8	R\$ 412,24	
178	Font Imóveis	Damha	301,00	170.000,00	0,8	R\$ 451,83	
13	Toscano	Damha	405,00	300.000,00	0,8	R\$ 592,59	
73	Tedde	Damha	297,00	200.000,00	0,8	R\$ 538,72	
130	Tedde	Damha	497,00	332.000,00	0,8	R\$ 534,41	
172	Tedde	Damha	283,00	170.000,00	0,8	R\$ 480,57	
176	Tedde	Igacaba	294,00	150.000,00	0,8	R\$ 408,16	R\$ 408,16
188	Tedde	Nascente do Jaragua	416,00	145.000,00	0,8	R\$ 278,85	R\$ 291,29
180	Tedde	Nascente do Jaragua	529,00	190.000,00	0,8	R\$ 287,33	
79	Tedde	Nascente do Jaragua	416,00	160.000,00	0,8	R\$ 307,69	
100	Suzy Imóveis	Vale do Sol	250,00	95.000,00	0,8	R\$ 304,00	R\$ 280,00
107	Tedde	Vale do Sol	250,00	80.000,00	0,8	R\$ 256,00	
111	Tedde	Botanico	302,00	130.000,00	0,8	R\$ 344,37	R\$ 344,37
114	Tedde	Buona Vita	360,00	150.000,00	0,8	R\$ 333,33	R\$ 334,93
160	Tedde	Buona Vita	361,00	153.000,00	0,8	R\$ 339,06	
166	Tedde	Buona Vita	361,00	150.000,00	0,8	R\$ 332,41	
167	Suzy Imóveis	Cambuy	301,00	120.000,00	0,8	R\$ 318,94	R\$ 355,22
57	Tedde	Cambuy	304,00	150.000,00	0,8	R\$ 394,74	
1	Tedde	Cambuy	250,00	110.000,00	0,8	R\$ 352,00	
91	Font Imóveis	Chácara Flora	500,00	198.000,00	0,8	R\$ 316,80	R\$ 316,80
99	Suzy Imóveis	Cidade Jardim	460,00	90.000,00	0,8	R\$ 156,52	R\$ 266,81
120	Toscano	Cidade Jardim	460,00	100.000,00	0,8	R\$ 173,91	
170	Suzy Imóveis	Cidade Jardim	300,00	115.000,00	0,8	R\$ 306,67	
106	Font Imóveis	Cidade Jardim	680,00	300.000,00	0,8	R\$ 352,94	
141	Tedde	Cidade Jardim	250,00	107.500,00	0,8	R\$ 344,00	
154	Tedde	Flamboyants	243,00	115.000,00	0,8	R\$ 378,60	R\$ 452,71
51	Tedde	Flamboyants	308,00	180.000,00	0,8	R\$ 467,53	
104	Tedde	Flamboyants	308,00	180.000,00	0,8	R\$ 467,53	
135	Tedde	Flamboyants	308,00	180.000,00	0,8	R\$ 467,53	
2	Tedde	Flamboyants	308,00	180.000,00	0,8	R\$ 467,53	
143	Tedde	Flamboyants	616,00	360.000,00	0,8	R\$ 467,53	

169	Suzy Imóveis	Maria Luiza	250,00	70.000,00	0,8	R\$	224,00	R\$	253,76
182	Font Imóveis	Maria Luiza	255,00	75.000,00	0,8	R\$	235,29		
148	Font Imóveis	Maria Luiza	250,00	82.000,00	0,8	R\$	262,40		
3	Tedde	Maria Luiza	240,00	88.000,00	0,8	R\$	293,33	R\$	415,49
4	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	170.000,00	0,8	R\$	404,76		
5	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	185.000,00	0,8	R\$	440,48		
6	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	170.000,00	0,8	R\$	404,76		
7	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	180.000,00	0,8	R\$	428,57		
121	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	190.000,00	0,8	R\$	452,38		
168	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	170.000,00	0,8	R\$	404,76		
8	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	170.000,00	0,8	R\$	404,76		
9	Tedde	Portal dos Tipuanas	336,00	170.000,00	0,8	R\$	404,76		
10	Tedde	Portal dos Tipuanas	345,00	170.000,00	0,8	R\$	394,20		
11	Tedde	Artico	3560,00	2.450.000,00	0,8	R\$	550,56	R\$	550,56
12	Tedde	Bella Vitta	250,00	110.000,00	0,8	R\$	352,00	R\$	294,15
83	Tedde	Bella Vitta	250,00	95.000,00	0,8	R\$	304,00		
52	Tedde	Bella Vitta	262,00	90.000,00	0,8	R\$	274,81		
53	Tedde	Bella Vitta	250,00	90.000,00	0,8	R\$	288,00		
54	Tedde	Bella Vitta	563,00	180.000,00	0,8	R\$	255,77		
55	Tedde	Bella Vitta	250,00	80.000,00	0,8	R\$	256,00		
56	Tedde	Bella Vitta	277,00	105.000,00	0,8	R\$	303,25		
76	Tedde	Bella Vitta	263,00	105.000,00	0,8	R\$	319,39		
77	Font Imóveis	Campus Ville	515,00	160.000,00	0,8	R\$	248,54	R\$	232,66
92	Tedde	Campus Ville	718,00	220.000,00	0,8	R\$	245,13		
144	Tedde	Campus Ville	372,00	95.000,00	0,8	R\$	204,30		
187	Tedde	Cedros do Campo	400,00	200.000,00	0,8	R\$	400,00	R\$	400,00
94	Tedde	Ipes	515,00	250.000,00	0,8	R\$	388,35	R\$	388,35
87	Suzy Imóveis	Laranjeiras	294,50	100.000,00	0,8	R\$	271,65	R\$	271,65
95	Toscana	Manacas	265,00	130.000,00	0,8	R\$	392,45	R\$	397,48
96	Toscana	Manacas	265,00	130.000,00	0,8	R\$	392,45		
113	Toscana	Manacas	265,00	135.000,00	0,8	R\$	407,55		
134	Tedde	Morumbi	407,00	165.000,00	0,8	R\$	324,32	R\$	233,91
186	Tedde	Morumbi	669,00	120.000,00	0,8	R\$	143,50		
58	Tedde	Quinta do Salto	300,00	180.000,00	0,8	R\$	480,00	R\$	480,00
78	Tedde	Quitandinha	3763,00	2.450.000,00	0,8	R\$	520,86	R\$	520,86
44	Tedde	Ravena	250,00	115.000,00	0,8	R\$	368,00	R\$	368,00
45	Tedde	Salto Grande	523,00	275.000,00	0,8	R\$	420,65	R\$	463,79
59	Tedde	Salto Grande	532,00	320.000,00	0,8	R\$	481,20		
60	Tedde	Salto Grande	420,00	240.000,00	0,8	R\$	457,14		
149	Tedde	Salto Grande	423,00	250.000,00	0,8	R\$	472,81		
175	Tedde	Salto Grande	442,00	270.000,00	0,8	R\$	488,69		
18	Tedde	Salto Grande	424,00	245.000,00	0,8	R\$	462,26		
19	Tedde	Universal	250,00	60.000,00	0,8	R\$	192,00	R\$	184,87
20	Tedde	Universal	250,00	60.000,00	0,8	R\$	192,00		



97	Tedde	Universal	250,00	60.000,00	0,8	R\$	192,00	
46	Tedde	Universal	307,00	60.000,00	0,8	R\$	156,35	
21	Tedde	Universal	250,00	60.000,00	0,8	R\$	192,00	
22	Font Imóveis	Centro	432,00	350.000,00	0,8	R\$	648,15	R\$ 976,88
131	Toscano	Centro	675,89	450.000,00	0,8	R\$	532,63	
153	Toscano	Centro	700,00	600.000,00	0,8	R\$	685,71	
61	Toscano	Centro	277,44	615.000,00	0,8	R\$	1.773,36	
62	Toscano	Centro	1378,00	1.600.000,00	0,8	R\$	928,88	
47	Tedde	Centro	569,00	320.000,00	0,8	R\$	449,91	
23	Tedde	Centro	277,00	630.000,00	0,8	R\$	1.819,49	
24	Suzy Imóveis	Harmonia	336,00	245.000,00	0,8	R\$	583,33	R\$ 661,02
25	Toscano	Harmonia	338,00	350.000,00	0,8	R\$	828,40	
26	Tedde	Harmonia	300,00	200.000,00	0,8	R\$	533,33	
27	Tedde	Harmonia	206,00	180.000,00	0,8	R\$	699,03	
28	De Lázari	Imperador	272,00	130.000,00	0,8	R\$	382,35	R\$ 353,83
15	Suzy Imóveis	Imperador	520,52	225.000,00	0,8	R\$	345,81	
16	Tedde	Imperador	360,00	150.000,00	0,8	R\$	333,33	
17	Suzy Imóveis	Jose Bonifacio	280,00	140.000,00	0,8	R\$	400,00	R\$ 408,33
29	Font Imóveis	Jose Bonifacio	864,00	450.000,00	0,8	R\$	416,67	
30	Font Imóveis	Maggiore	243,35	115.000,00	0,8	R\$	378,06	R\$ 365,01
31	Suzy Imóveis	Maggiore	500,05	220.000,00	0,8	R\$	351,96	
88	Habitat	Magnólias	148,27	120.000,00	0,8	R\$	647,47	R\$ 485,08
115	Toscano	Magnólias	336,00	165.000,00	0,8	R\$	392,86	
150	Toscano	Magnólias	336,00	183.000,00	0,8	R\$	435,71	
127	Toscano	Magnólias	336,00	195.000,00	0,8	R\$	464,29	
145	Toscano	Roseiras	489,00	250.000,00	0,8	R\$	409,00	R\$ 409,00
152	Toscano	Santa Angelina	256,23	103.000,00	0,8	R\$	321,59	R\$ 354,08
49	Toscano	Santa Angelina	299,90	150.000,00	0,8	R\$	400,13	
50	Toscano	Santa Angelina	291,30	150.000,00	0,8	R\$	411,95	
146	Morada Center	Santa Angelina	460,30	160.000,00	0,8	R\$	278,08	
142	Toscano	Santa Angelina	303,84	180.000,00	0,8	R\$	473,93	
165	Tedde	Santa Angelina	281,00	90.000,00	0,8	R\$	256,23	
105	Tedde	Santa Angelina	368,00	150.000,00	0,8	R\$	326,09	
112	Tedde	Santa Angelina	305,00	180.000,00	0,8	R\$	472,13	
124	Tedde	Santa Angelina	292,00	90.000,00	0,8	R\$	246,58	
147	Suzy Imóveis	Tangara	250,00	130.000,00	0,8	R\$	416,00	
151	Tedde	Vale das Rosas	659,00	350.000,00	0,8	R\$	424,89	R\$ 424,89
173	Suzy Imóveis	Vila Yamada	274,50	130.000,00	0,8	R\$	378,87	R\$ 378,87
183	Tedde	Alto da Boa Vista	235,00	85.000,00	0,8	R\$	289,36	R\$ 282,60
184	Tedde	Alto da Boa Vista	230,00	80.000,00	0,8	R\$	278,26	
185	Tedde	Alto da Boa Vista	230,00	79.000,00	0,8	R\$	274,78	
93	Tedde	Alto da Boa Vista	250,00	90.000,00	0,8	R\$	288,00	
108	Morada Center	Boa Vista II	202,62	90.000,00	0,8	R\$	355,34	R\$ 355,34
179	Tedde	Reserva do Campo	291,00	165.000,00	0,8	R\$	453,61	R\$ 453,90

103	Tedde	Reserva do Campo	310,00	176.000,00	0,8	R\$	454,19	
155	Toscano	Selmi Dei	180,00	80.000,00	0,8	R\$	355,56	R\$ 280,06
156	Font Imóveis	Selmi Dei	200,00	85.000,00	0,8	R\$	340,00	
14	Toscano	Selmi Dei	250,00	85.000,00	0,8	R\$	272,00	
98	Tedde	Selmi Dei	250,00	80.000,00	0,8	R\$	256,00	
101	Tedde	Selmi Dei	250,00	80.000,00	0,8	R\$	256,00	
119	Tedde	Selmi Dei	250,00	95.000,00	0,8	R\$	304,00	
125	Tedde	Selmi Dei	250,00	75.000,00	0,8	R\$	240,00	
129	Tedde	Selmi Dei	295,00	80.000,00	0,8	R\$	216,95	
136	Tedde	Vale do Campo	240,00	120.000,00	0,8	R\$	400,00	R\$ 400,00
35	Tedde	Veredas do Campo	279,00	144.000,00	0,8	R\$	412,90	R\$ 387,74
36	Tedde	Veredas do Campo	262,00	115.000,00	0,8	R\$	351,15	
37	Tedde	Veredas do Campo	240,00	115.000,00	0,8	R\$	383,33	
38	Tedde	Veredas do Campo	243,00	114.000,00	0,8	R\$	375,31	
39	Tedde	Veredas do Campo	250,00	130.000,00	0,8	R\$	416,00	
86	Toscano	Zavanella	1798,66	180.000,00	0,8	R\$	80,06	R\$ 80,06
126	Toscano	Biagioni	500,00	115.000,00	0,8	R\$	184,00	R\$ 184,00
128	Tedde	Brasil	400,00	110.000,00	0,8	R\$	220,00	R\$ 274,45
164	Tedde	Brasil	847,00	300.000,00	0,8	R\$	283,35	
116	Tedde	Brasil	300,00	120.000,00	0,8	R\$	320,00	
40	Tedde	Central Park Morada	360,00	180.000,00	0,8	R\$	400,00	R\$ 400,00
41	Tedde	Estacoes	315,00	150.000,00	0,8	R\$	380,95	R\$ 380,95
80	Suzy Imóveis	Gramado	348,33	140.000,00	0,8	R\$	321,53	R\$ 321,53
84	Suzy Imóveis	Gramado II	276,48	90.000,00	0,8	R\$	260,42	R\$ 260,42
159	Tedde	Santa Julia	250,00	100.000,00	0,8	R\$	320,00	R\$ 320,00
32	De Lázari	Santa Lucia	293,00	95.000,00	0,8	R\$	259,39	R\$ 323,87
33	Toscano	Santa Lucia	370,80	180.000,00	0,8	R\$	388,35	
34	Toscano	Vila Xavier	205,92	90.000,00	0,8	R\$	349,65	R\$ 402,12
85	Toscano	Vila Xavier	205,75	90.000,00	0,8	R\$	349,94	
109	Toscano	Vila Xavier	312,51	104.000,00	0,8	R\$	266,23	
110	De Lázari	Vila Xavier	290,00	125.000,00	0,8	R\$	344,83	
157	Toscano	Vila Xavier	470,00	350.000,00	0,8	R\$	595,74	
162	Morada Center	Vila Xavier	900,00	420.000,00	0,8	R\$	373,33	
42	Tedde	Vila Xavier	370,00	185.000,00	0,8	R\$	400,00	
89	Tedde	Vila Xavier	1787,00	1.200.000,00	0,8	R\$	537,21	
138	Toscano	Altos do Pinheiro	200,00	60.000,00	0,8	R\$	240,00	R\$ 240,00
139	De Lázari	Parque São Paulo	125,00	55.000,00	0,8	R\$	352,00	R\$ 317,87
140	Habitat	Parque São Paulo	250,00	78.000,00	0,8	R\$	249,60	
177	Tedde	Parque São Paulo	125,00	55.000,00	0,8	R\$	352,00	
158	Tedde	Pinheiros	300,00	160.000,00	0,8	R\$	426,67	R\$ 426,67
118	Tedde	Alvorada	360,00	90.000,00	0,8	R\$	200,00	R\$ 201,15
48	Tedde	Alvorada	435,00	110.000,00	0,8	R\$	202,30	
189	Suzy Imóveis	Furlan	295,57	350.000,00	0,8	R\$	947,32	R\$ 719,11
74	Tedde	Furlan	2689,00	1.650.000,00	0,8	R\$	490,89	



122	Toscano	Higienópolis	360,00	140.000,00	0,8	R\$	311,11	R\$	365,14
123	Toscano	Higienópolis	408,00	200.000,00	0,8	R\$	392,16		
137	Suzy Imóveis	Higienópolis	408,00	200.000,00	0,8	R\$	392,16		
163	Tedde	Portal dos Oitis	856,00	480.000,00	0,8	R\$	448,60	R\$	448,60
63	Tedde	Quinta dos Oitis	600,00	300.000,00	0,8	R\$	400,00	R\$	400,00
64	Toscano	Yolanda Opice	201,06	80.000,00	0,8	R\$	318,31	R\$	332,13
65	Toscano	Yolanda Opice	200,00	80.000,00	0,8	R\$	320,00		
66	Toscano	Yolanda Opice	201,07	90.000,00	0,8	R\$	358,08		
67	Tedde	Alvorada	243,00	80.000,00	0,8	R\$	263,37	R\$	295,94
68	Tedde	Alvorada	225,00	80.000,00	0,8	R\$	284,44		
82	Tedde	Alvorada	200,00	85.000,00	0,8	R\$	340,00		
181	Tedde	Dumont	160,00	100.000,00	0,8	R\$	500,00	R\$	467,39
69	Tedde	Dumont	184,00	100.000,00	0,8	R\$	434,78		
70	Suzy Imóveis	Iguatemi	250,00	110.000,00	0,8	R\$	352,00	R\$	352,00
71	Tedde	Santa Marta	450,00	70.000,00	0,8	R\$	124,44	R\$	109,63
72	Tedde	Santa Marta	900,00	90.000,00	0,8	R\$	80,00		
43	Tedde	Santa Marta	450,00	70.000,00	0,8	R\$	124,44		

## APÊNDICE AA

### Índices Médios de Valorização (MVI)



MVI 2006-2008	MVI 2009-2013	MVI 2014-2016
2,124	1,232	2,968
2,292	9,869	5,225
2,240	2,652	6,729
6,013	20,319	2,065
1,930	3,415	6,281
4,379	2,401	4,157
3,293	2,853	3,518
6,807	4,288	5,990
1,698	5,507	2,655
2,384	3,232	3,880
2,452	3,279	22,764
	3,179	3,559
	2,557	5,277
	2,593	
	13,943	
	5,367	
	3,559	
	4,609	
	10,225	
	4,361	
	4,230	
	4,094	
	13,988	
	6,711	



## APÊNDICE AB

### Testes de hipótese aplicados nos MVI por período

#### Testes de normalidade

	MVI 2006-2008	MVI 2009-2013	MVI 2014-2016
<b>N</b>	11	24	13
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,7879	0,7507	0,574
<b>p(normal)</b>	0,006518	5,104E-05	3,937E-05
<b>Anderson-Darling A</b>	1,059	2,37	2,113
<b>p(normal)</b>	0,005228	3,369E-06	9,848E-06
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0041	0,0001	0,0001
<b>Lilliefors L</b>	0,3104	0,2725	0,3517
<b>p(normal)</b>	0,003599	0,0001	0,0001
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0042	0,0002	0,0001
<b>Jarque-Bera JB</b>	2,463	18,69	39,68
<b>p(normal)</b>	0,2918	8,759E-05	2,425E-09
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0572	0,0033	0,0001

 Copy   
  Print   
 Monte Carlo N:

 Close   
  Help   

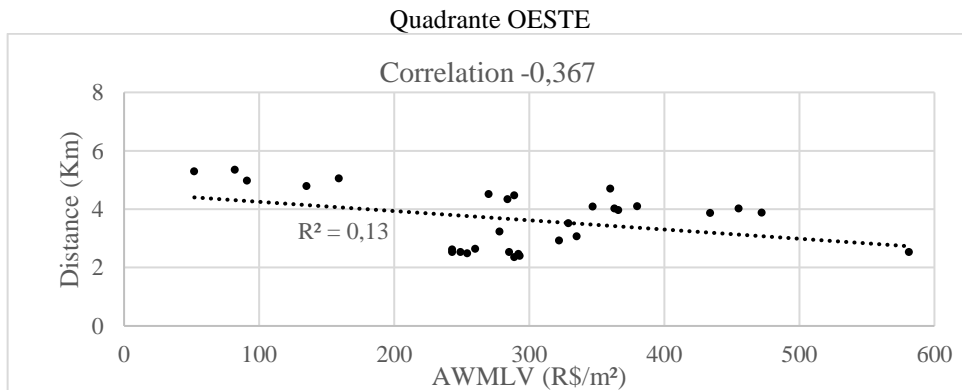
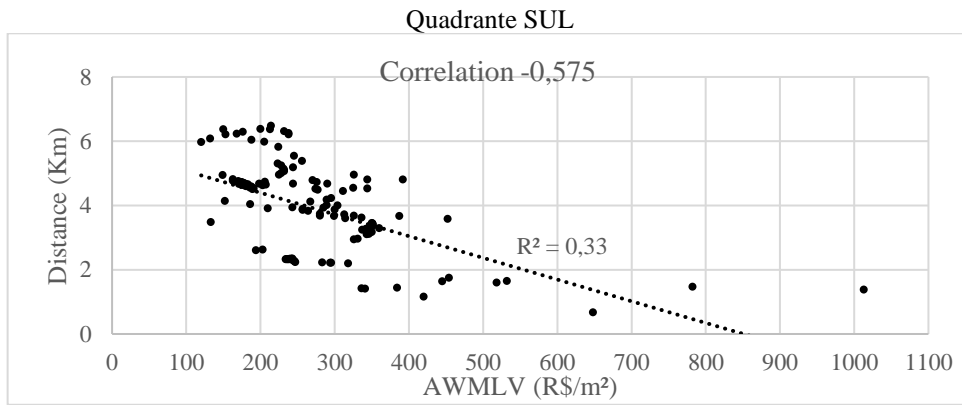
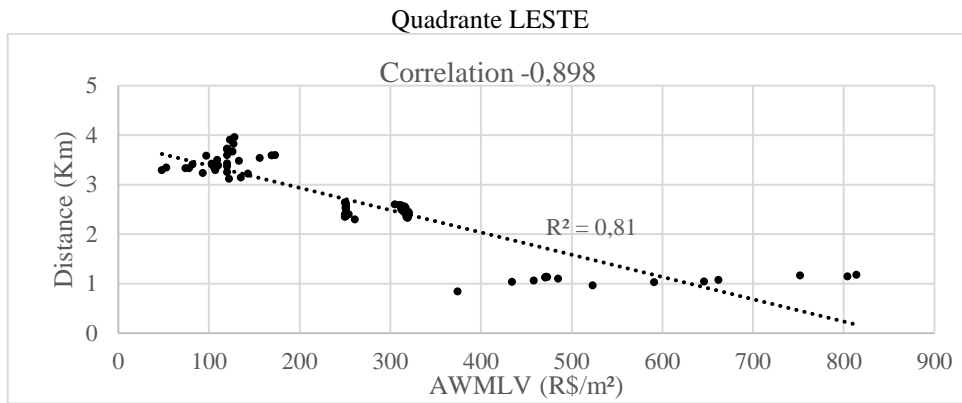
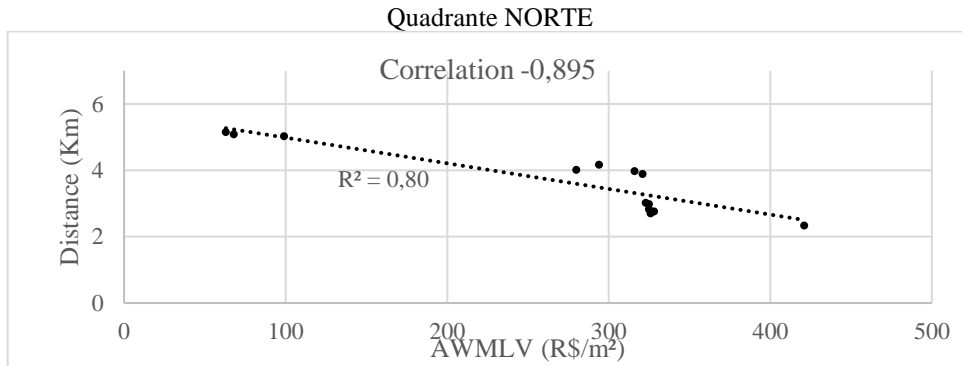
#### Testes U de Mann-Whitney

	2006-2008	2009-2013
N	11	24
Mean rank:	3,8571	14,143
Mann-Whitn U	69	
z	2,2208	
p (same med.):	<b>0,026362</b>	

	2009-2013	2014-2016
N	24	13
Mean rank:	12,041	6,9595
Mann-Whitn U	145,5	
z	0,31816	
p (same med.):	<b>0,75036</b>	

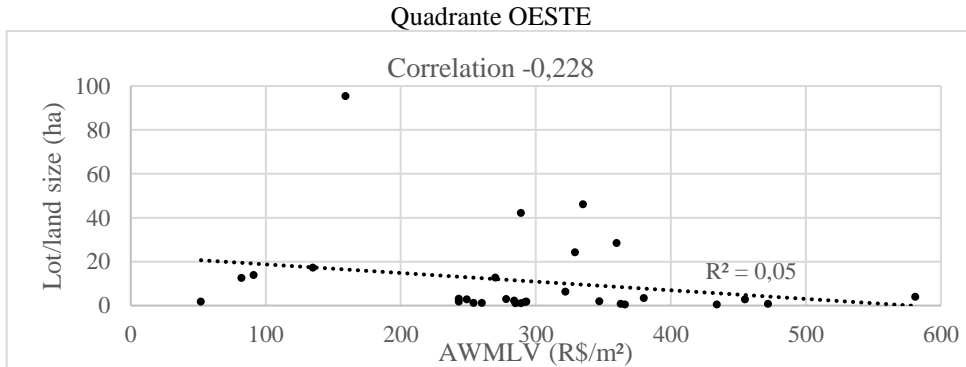
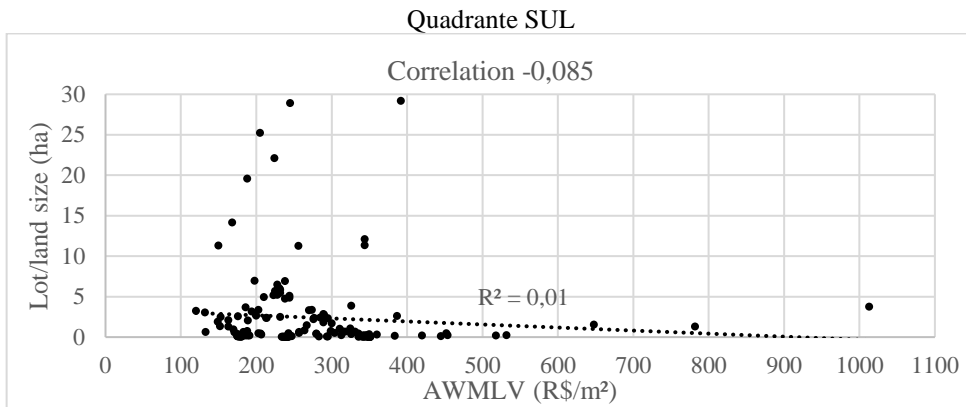
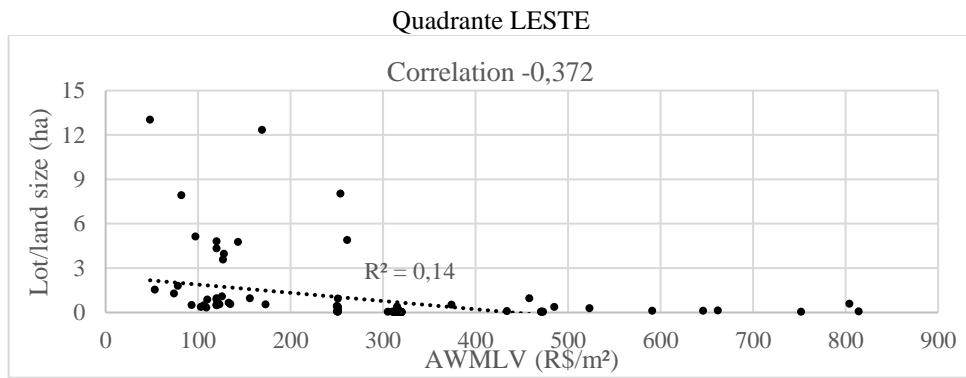
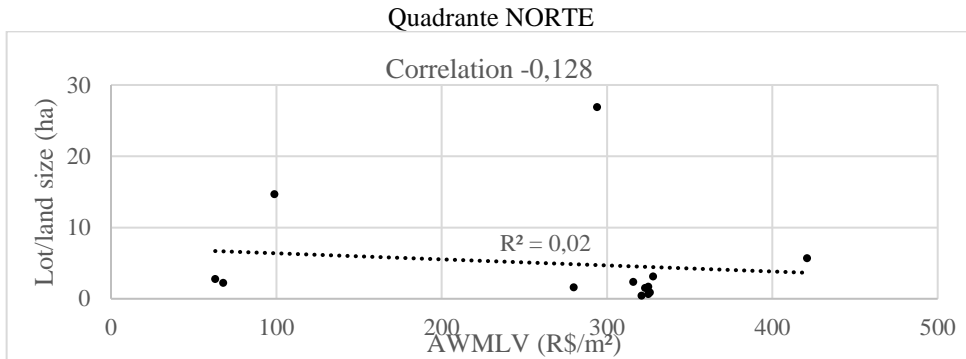
**APÊNDICE AC**

**Distribuição dos vazios urbanos por distanciamento do centro e valor da terra**



**APÊNDICE AD**

**Distribuição dos vazios urbanos por tamanho e valor da terra**



## APÊNDICE AE

## Variáveis para classificação por árvore de decisão

Period	Distance (km)	Area (ha)	AWMVI (%)	Period	Distance (km)	Area (ha)	AWMVI (%)
A	0.387	13.028	2.124	C	2.921	1.179	2.968
A	2.122	4.522	2.292	C	3.314	0.615	5.225
A	2.496	20.976	2.24	C	3.526	30.081	6.729
A	2.550	23.050	6.013	C	3.716	14.201	2.065
A	2.566	0.872	1.93	C	3.852	25.285	6.281
A	3.320	1.304	4.379	C	4.289	20.700	4.157
A	3.335	19.751	3.293	C	4.416	15.161	3.518
A	3.548	14.785	6.807	C	4.814	33.570	5.99
A	4.525	1.373	1.698	C	4.958	31.787	2.655
A	4.681	20.274	2.384	C	5.106	15.101	3.88
A	4.887	15.598	2.452	C	5.194	9.501	22.764
B	2.283	2.017	1.232	C	5.532	10.316	3.559
B	2.687	51.690	9.869	C	6.949	55.668	5.277
B	3.003	14.199	2.652				
B	3.088	43.760	20.319				
B	3.211	23.972	3.415				
B	3.426	2.823	2.401				
B	3.767	5.567	2.853				
B	3.879	26.303	4.288				
B	4.201	11.587	5.507				
B	4.224	11.314	3.232				
B	4.309	17.483	3.279				
B	4.597	10.675	3.179				
B	4.738	1.506	2.557				
B	4.808	10.468	2.593				
B	4.901	15.432	13.943				
B	4.971	18.238	5.367				
B	5.102	19.504	3.559				
B	5.358	25.210	4.609				
B	5.656	117.980	10.225				
B	5.938	29.375	4.361				
B	5.976	15.437	4.23				
B	6.070	25.046	4.094				
B	6.126	28.085	13.988				
B	6.339	66.400	6.711				

**Em vermelho:** CHIS Faixa 1 do Programa MCMV

## APÊNDICE AF

### *Classifier Output 1*

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2  
 Relation: Builtup-ABC  
 Instances: 48  
 Attributes: 3  
     Period  
     Distance (km)  
     Area (ha)

Test mode: evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

-----

Distance (km) <= 2.566: A (6.0/1.0)

Distance (km) > 2.566

| Area (ha) <= 1.3732

| | Distance (km) <= 3.314: C (2.0)

| | Distance (km) > 3.314: A (2.0)

| Area (ha) > 1.3732: B (38.0/15.0)

Number of Leaves : 4

Size of the tree : 7

Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	32	66.6667 %
Incorrectly Classified Instances	16	33.3333 %
Kappa statistic	0.3991	
Mean absolute error	0.3075	
Root mean squared error	0.3921	
Relative absolute error	73.6087 %	
Root relative squared error	85.9572 %	
Total Number of Instances	48	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
0,636	0,027	0,875	0,636	0,737	0,687	0,817	0,667	A
0,958	0,625	0,605	0,958	0,742	0,410	0,670	0,603	B
0,154	0,000	1,000	0,154	0,267	0,342	0,674	0,429	C
Weighted Avg.	0,667	0,319	0,774	0,667	0,612	0,455	0,705	0,570

=== Confusion Matrix ===

a b c <-- classified as

7 4 0 | a = A

1 23 0 | b = B

0 11 2 | c = C

## APÊNDICE AG

### *Classifier Output 2*

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2  
 Relation: BuiltupMVI-ABC-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R3  
 Instances: 48  
 Attributes: 3  
     Period  
     Distance (km)  
     MVI(%)

Test mode: evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

```

-----
MVI(%) <= 2.452: A (10.0/3.0)
MVI(%) > 2.452
| Distance (km) <= 3.548
| | Distance (km) <= 3.211: B (6.0/2.0)
| | Distance (km) > 3.211
| | | MVI(%) <= 4.609: A (2.0)
| | | MVI(%) > 4.609: C (3.0/1.0)
| Distance (km) > 3.548: B (27.0/9.0)
Number of Leaves :    5
Size of the tree : 9
Time taken to build model: 0 seconds
  
```

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	33	68.75 %
Incorrectly Classified Instances	15	31.25 %
Kappa statistic	0.4631	
Mean absolute error	0.2907	
Root mean squared error	0.3813	
Relative absolute error	69.5958 %	
Root relative squared error	83.5813 %	
Total Number of Instances	48	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,818	0,081	0,750	0,818	0,783	0,715	0,946	0,767	A
	0,917	0,458	0,667	0,917	0,772	0,494	0,738	0,658	B
	0,154	0,029	0,667	0,154	0,250	0,230	0,690	0,404	C
Weighted Avg.	0,688	0,255	0,686	0,688		0,633	0,473	0,773	0,614

=== Confusion Matrix ===

```

a b c <-- classified as
9 1 1 | a = A
2 22 0 | b = B
1 10 2 | c = C
  
```



## APÊNDICE AH

### Classifier Output 3

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2  
 Relation: BuiltupMVI-ABC-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2  
 Instances: 48  
 Attributes: 3  
     Period  
     Area (ha)  
     MVI(%)

Test mode: evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

-----

MVI(%) <= 2.452  
 | Area (ha) <= 2.823  
 | | Area (ha) <= 1.506: A (2.0)  
 | | Area (ha) > 1.506: B (2.0)  
 | Area (ha) > 2.823: A (6.0/1.0)  
 MVI(%) > 2.452: B (38.0/16.0)  
 Number of Leaves : 4  
 Size of the tree : 7  
 Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	31	64.5833 %
Incorrectly Classified Instances	17	35.4167 %
Kappa statistic	0.3503	
Mean absolute error	0.3155	
Root mean squared error	0.3972	
Relative absolute error	75.5335 %	
Root relative squared error	87.0738 %	
Total Number of Instances	48	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,636	0,027	0,875	0,636	0,737	0,687	0,817	0,667	A
	1,000	0,667	0,600	1,000	0,750	0,447	0,694	0,633	B
	0,000	0,000	?	0,000	?	?	0,595	0,314	C
Weighted Avg.	0,646	0,340	?	0,646	?	?	0,695	0,555	

=== Confusion Matrix ===

a b c <-- classified as  
 7 4 0 | a = A  
 0 24 0 | b = B  
 1 12 0 | c = C

## APÊNDICE AI

### Testes de normalidade e hipótese entre valorizações dos vazios urbanos

Tests for normal distribution <span style="float: right;">— □ ×</span>			
	<b>&lt; 1.000m<sup>2</sup></b>	<b>1000 - 10.000 m<sup>2</sup></b>	<b>&gt; 10.000 m<sup>2</sup></b>
<b>N</b>	109	92	106
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,6872	0,7644	0,8606
<b>p(normal)</b>	6,437E-14	7,741E-11	1,462E-08
<b>Anderson-Darling A</b>	11,3	8,97	1,271
<b>p(normal)</b>	2,512E-27	6,234E-22	0,002522
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0001	0,0033
<b>Lilliefors L</b>	0,3531	0,2583	0,07371
<b>p(normal)</b>	0,0001	0,0001	0,1628
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0001	0,1695
<b>Jarque-Bera JB</b>	224,7	22,82	679,5
<b>p(normal)</b>	1,573E-49	1,108E-05	2,878E-148
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0029	0,0001

Copy
 Print
Monte Carlo N:

Close
 Help

#### Teste U de Mann-Whitney

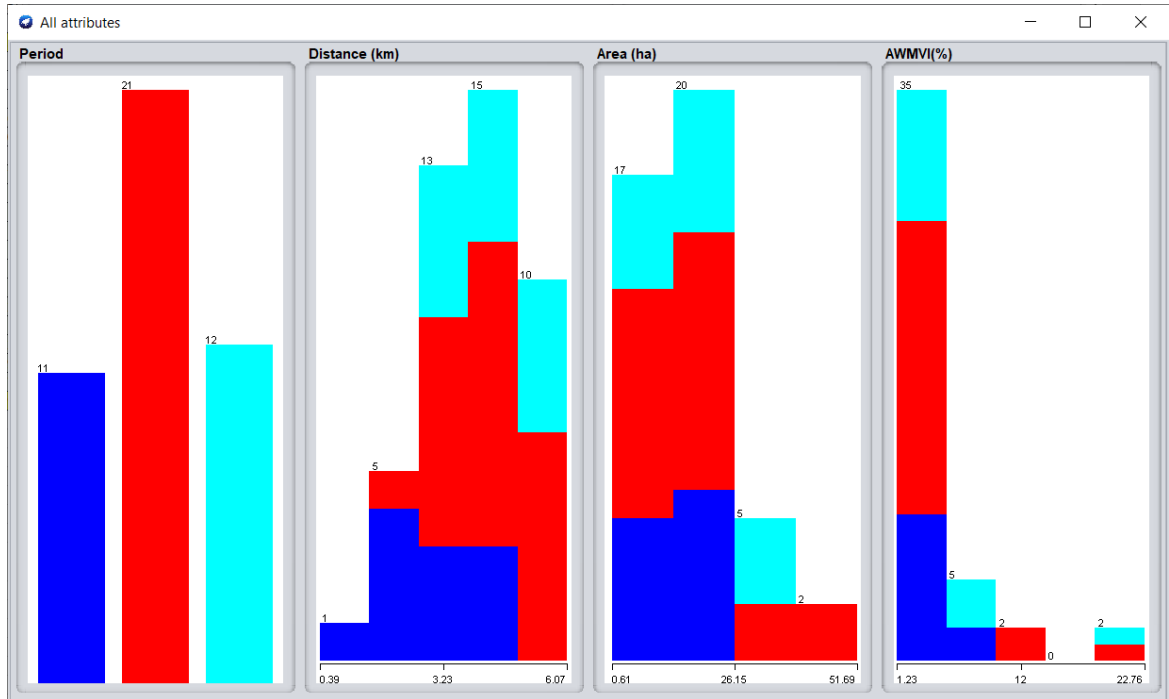
	<b>1.000 – 10.000m<sup>2</sup></b>	<b>&gt; 10.000m<sup>2</sup></b>
N	92	106
Mean rank:	37,692	61,808
Mann-Whitn U	3185	
z	4,2038	
p (same med.):	<b>0,000026</b>	

#### Teste U de Mann-Whitney

	<b>&lt; 1.000m<sup>2</sup></b>	<b>&gt; 10.000m<sup>2</sup></b>
N	109	106
Mean rank:	42,328	65,672
Mann-Whitn U	3105,5	
z	5,8583	
p (same med.):	<b>0,000000</b>	

## APÊNDICE AJ

Pré-Classificação dos loteamentos (exceto CHIS de Faixa 1 do MCMV) no Weka



## APÊNDICE AL

### Classifier Output 1 (sem Faixa 1 do MCMV)

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2

Relation: 0-sem-mcmv-BuiltupAWMVI-ABC-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R4

Instances: 44

Attributes: 3

Period

Distance (km)

Area (ha)

Test mode: evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

Distance (km) <= 2.566: A (6.0/1.0)

Distance (km) > 2.566

| Area (ha) <= 1.373

| | Distance (km) <= 3.314: C (2.0)

| | Distance (km) > 3.314: A (2.0)

| Area (ha) > 1.373: B (34.0/14.0)

Number of Leaves : 4

Size of the tree : 7

Time taken to build model: 0.01 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	29	65.9091 %
Incorrectly Classified Instances	15	34.0909 %
Kappa statistic	0.4054	
Mean absolute error	0.3105	
Root mean squared error	0.394	
Relative absolute error	73.0682 %	
Root relative squared error	85.6058 %	
Total Number of Instances	44	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,636	0,030	0,875	0,636	0,737	0,680	0,817	0,675	A
	0,952	0,609	0,588	0,952	0,727	0,410	0,676	0,585	B
	0,167	0,000	1,000	0,167	0,286	0,356	0,688	0,444	C
Weighted Avg.	0,659	0,298	0,772	0,659	0,609	0,463	0,714	0,569	

=== Confusion Matrix ===

a b c <-- classified as

7 4 0 | a = A

1 20 0 | b = B

0 10 2 | c = C

## APÊNDICE AL

### Classifier Output 2 (sem Faixa 1 do MCMV)

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2

Relation: 0-sem-mcmv-BuiltupAWMVI-ABC-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R3

Instances: 44

Attributes: 3

Period

Distance (km)

AWMVI(%)

Test mode: evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

-----  
AWMVI(%) <= 2.452: A (10.0/3.0)

AWMVI(%) > 2.452

| Distance (km) <= 3.548

| | Distance (km) <= 3.211: B (6.0/2.0)

| | Distance (km) > 3.211

| | | AWMVI(%) <= 4.609: A (2.0)

| | | AWMVI(%) > 4.609: C (3.0/1.0)

| Distance (km) > 3.548: B (23.0/8.0)

Number of Leaves : 5

Size of the tree : 9

Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances 30 68.1818 %

Incorrectly Classified Instances 14 31.8182 %

Kappa statistic 0.4685

Mean absolute error 0.2935

Root mean squared error 0.3831

Relative absolute error 69.0669 %

Root relative squared error 83.2288 %

Total Number of Instances 44

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,818	0,091	0,750	0,818	0,783	0,707	0,939	0,767	A
	0,905	0,435	0,655	0,905	0,760	0,495	0,747	0,646	B
	0,167	0,031	0,667	0,167	0,267	0,239	0,706	0,420	C
Weighted Avg.	0,682	0,239	0,682	0,682	0,631	0,478	0,784	0,615	

=== Confusion Matrix ===

a b c <-- classified as

9 1 1 | a = A

2 19 0 | b = B

1 9 2 | c = C

## APÊNDICE AM

### Classifier Output 3 (sem Faixa 1 do MCMV)

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2  
 Relation: 0-sem-mcmv-BuiltupAWMVI-ABC-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R2  
 Instances: 44  
 Attributes: 3  
     Period  
     Area (ha)  
     AWMVI(%)

Test mode: evaluate on training data  
 === Classifier model (full training set) ===

J48 pruned tree

```

-----
AWMVI(%) <= 2.452
| Area (ha) <= 2.823
| | Area (ha) <= 1.506: A (2.0)
| | Area (ha) > 1.506: B (2.0)
| Area (ha) > 2.823: A (6.0/1.0)
AWMVI(%) > 2.452: B (34.0/15.0)
Number of Leaves :    4
Size of the tree :    7
Time taken to build model: 0 seconds
    
```

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	28	63.6364 %
Incorrectly Classified Instances	16	36.3636 %
Kappa statistic	0.3553	
Mean absolute error	0.3185	
Root mean squared error	0.399	
Relative absolute error	74.9561 %	
Root relative squared error	86.7047 %	
Total Number of Instances	44	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0,636	0,030	0,875	0,636	0,737	0,680	0,817	0,675	A
	1,000	0,652	0,583	1,000	0,737	0,450	0,705	0,623	B
	0,000	0,000	?	0,000	?	?	0,604	0,322	C
Weighted Avg.	0,636	0,319	?	0,636	?	?	0,705	0,554	

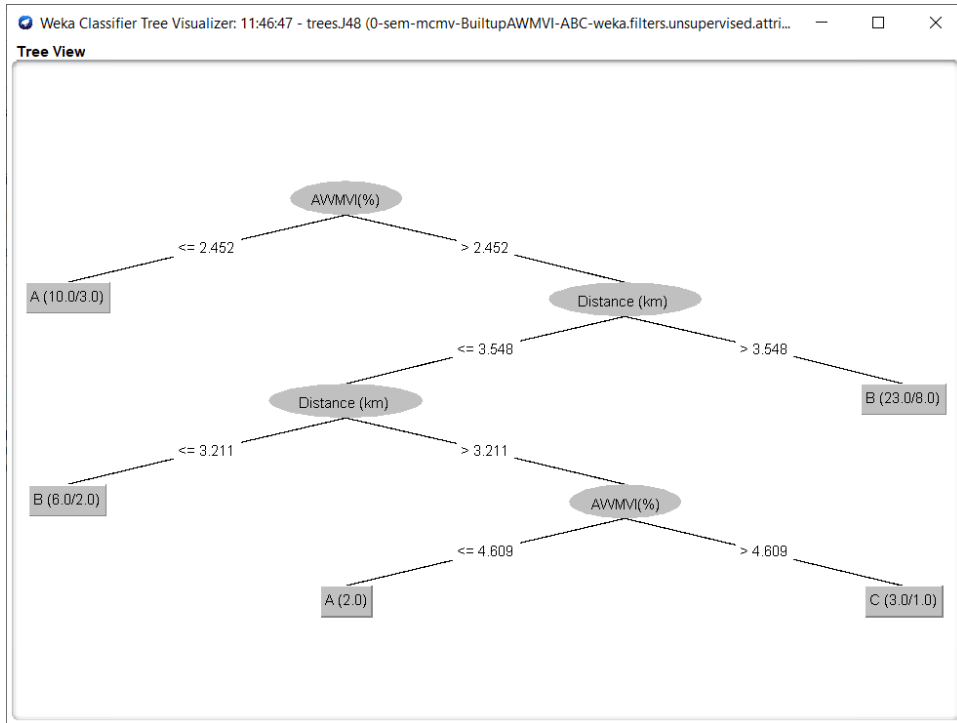
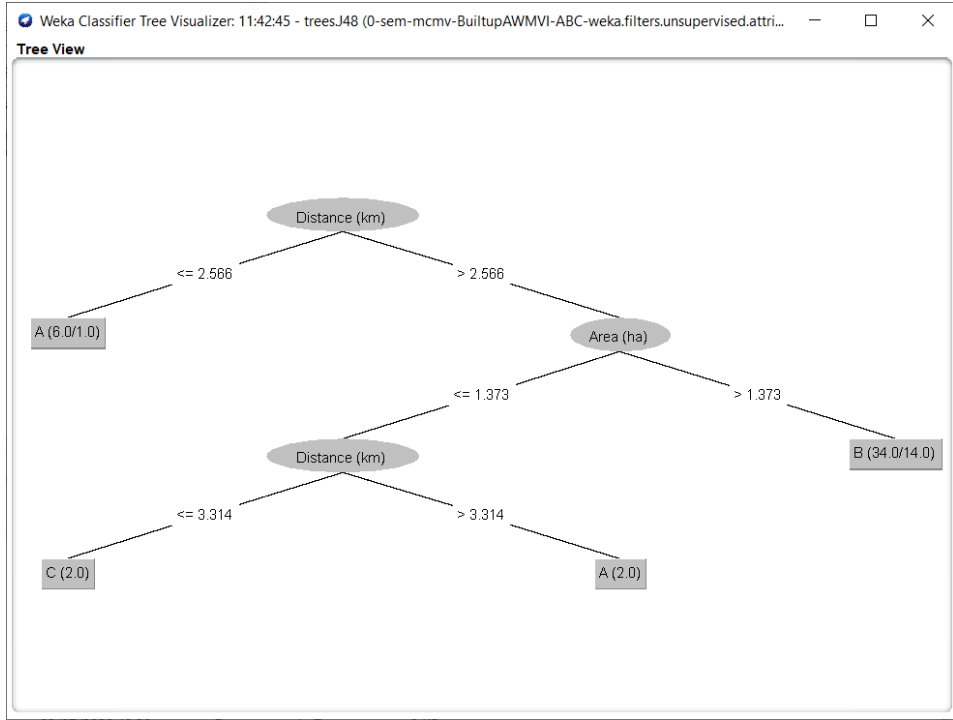
=== Confusion Matrix ===

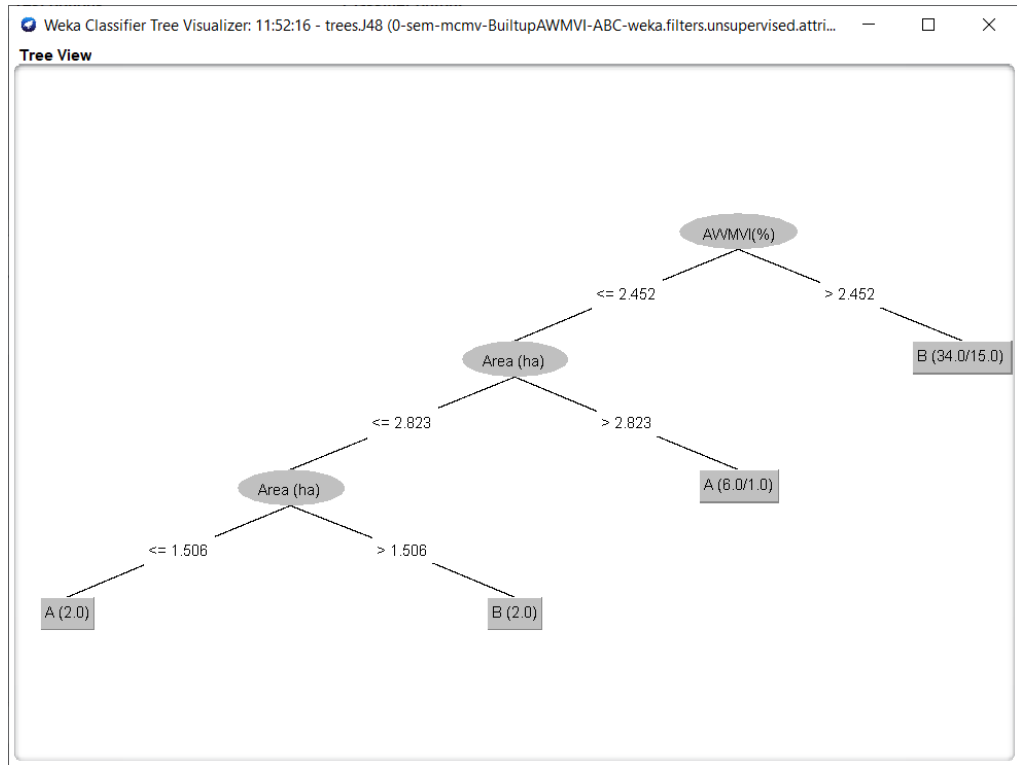
```

a b c <-- classified as
7 4 0 | a = A
0 21 0 | b = B
1 11 0 | c = C
    
```

### APÊNDICE AO

### Árvores de Decisão dos *Classifiers Outputs* sem CHIS Faixa 1 do MCMV

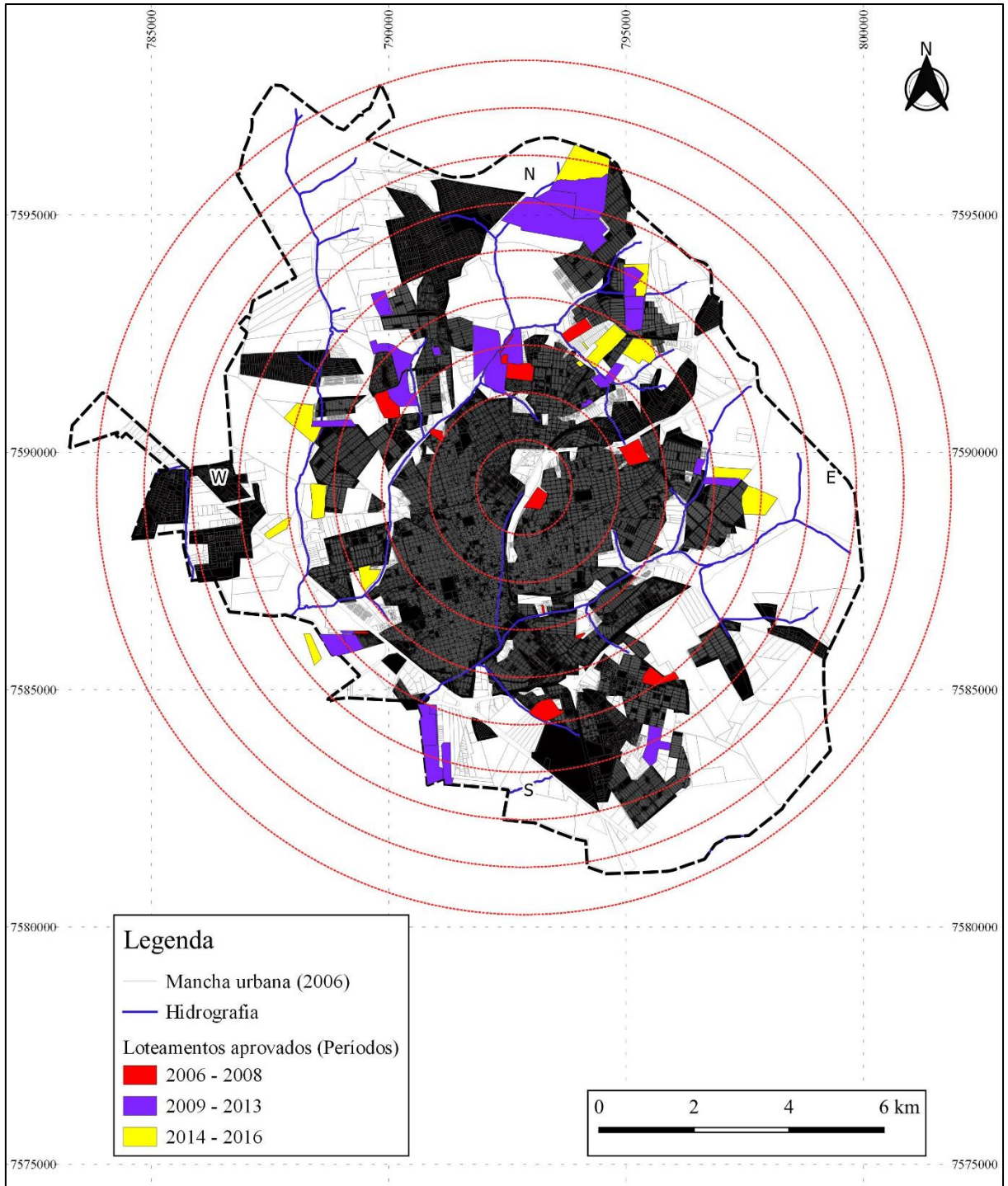






### APÊNDICE AP

#### Anéis Isométricos da Função Sigmoide de Densidade de Ocupação Urbana



## APÊNDICE AQ

Cálculos das Funções Sigmoide de Densidade de Ocupação Urbana para o ano de 2006

### CENÁRIO DE 2006

<b>r</b>	<b>Dens.</b>	<b>f(r)</b>	<b>residual</b>	<b>residual^2</b>	<b>Média^2</b>	<b>CONSTANTES</b>	
1	0,9686681	0,950208809	0,018459257	0,000340744	0,264784132	<b>c</b>	0,003822
2	0,9546203	0,891811429	0,062808867	0,003944954	0,250524299	<b>D</b>	9,013722
3	0,739449	0,780787587	-0,04133856	0,001708877	0,081426195	<b>a</b>	3,784543
4	0,6085022	0,606338959	0,002163208	4,67947E-06	0,023841181		
5	0,3696095	0,400229611	-0,030620087	0,00093759	0,007138011		
6	0,249004	0,225010577	0,023993442	0,000575685	0,042062832		
7	0,153979	0,113126527	0,040852434	0,001668921	0,0900704		
8	0,0403874	0,054160755	-0,013773397	0,000189706	0,171155065		
9	0,002647	0,026202025	-0,023554997	0,000554838	0,20380642		
				<b>SSR</b>	<b>SSM</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	
				0,009925995	1,134808535	0,9913	
				<b>r1</b>	2,938549615		
				<b>r2</b>	6,075172807		
				<b>f1</b>	0,789482612		
				<b>f2</b>	0,214339045		
				<b>ks</b>	0,183363934		
				<b>kp</b>	0,347983113		

## APÊNDICE AR

Cálculos das Funções Sigmoide de Densidade de Ocupação Urbana para o ano de 2008

### CENÁRIO DE 2008

<b>r</b>	<b>Dens.</b>	<b>f(r)</b>	<b>residual</b>	<b>residual^2</b>	<b>Média^2</b>	<b>CONSTANTES</b>	
1	1,00	0,958654387	0,041345613	0,00170946	0,289869085	<b>c</b>	0,011799
2	0,9546203	0,905161314	0,049458982	0,002446191	0,243063998	<b>D</b>	9,049309
3	0,7657389	0,797276613	-0,031537705	0,000994627	0,092497382	<b>a</b>	4,019546
4	0,6169025	0,619005534	-0,002103043	4,42279E-06	0,024117284		
5	0,3704387	0,40309787	-0,032659194	0,001066623	0,008311314		
6	0,249732	0,221671606	0,02806044	0,000787388	0,044890185		
7	0,153979	0,110459915	0,043519046	0,001893907	0,094633832		
8	0,0403874	0,054914725	-0,014527366	0,000211044	0,177424373		
9	0,002647	0,030000914	-0,027353887	0,000748235	0,210642499		
				<b>SSR</b>	<b>SSM</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	
				0,009861898	1,185449952	0,9917	
				<b>r1</b>	3,042204672		
				<b>r2</b>	6,007104669		
				<b>f1</b>	0,791168319		
				<b>f2</b>	0,220630185		
				<b>ks</b>	0,192430819		
				<b>kp</b>	0,327638263		

## APÊNDICE AS

Cálculos das Funções Sigmoide de Densidade de Ocupação Urbana para o ano de 2013

### CENÁRIO DE 2013

<b>r</b>	<b>Dens.</b>	<b>f(r)</b>	<b>residual</b>	<b>residual^2</b>	<b>Média^2</b>	<b>CONSTANTES</b>	
1	1	0,958131249	0,041868751	0,001752992	0,268510011	<b>c</b>	0
2	0,9550468	0,9088457	0,046201109	0,002134542	0,223943156	<b>D</b>	9,535765
3	0,8056562	0,812874664	-0,00721847	5,21063E-05	0,104869567	<b>a</b>	3,961268
4	0,6431568	0,654295546	-0,011138743	0,000124072	0,026029408		
5	0,3944728	0,451936755	-0,057463944	0,003302105	0,007629616		
6	0,3071219	0,264312793	0,042809066	0,001832616	0,030519609		
7	0,1880024	0,135345974	0,052656458	0,002772703	0,086329047		
8	0,0402804	0,063845253	-0,023564836	0,000555302	0,19495763		
9	0,002647	0,028856417	-0,02620939	0,000686932	0,229607201		
				<b>SSR</b>	<b>SSM</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	
				0,01321337	1,172395246	0,9887	
				<b>r1</b>	3,182760018		
				<b>r2</b>	6,353005459		
				<b>f1</b>	0,788675		
				<b>f2</b>	0,211325		
				<b>ks</b>	0,182115237		
				<b>kp</b>	0,332458411		

## APÊNDICE AT

Cálculos das Funções Sigmoide de Densidade de Ocupação Urbana para o ano de 2016

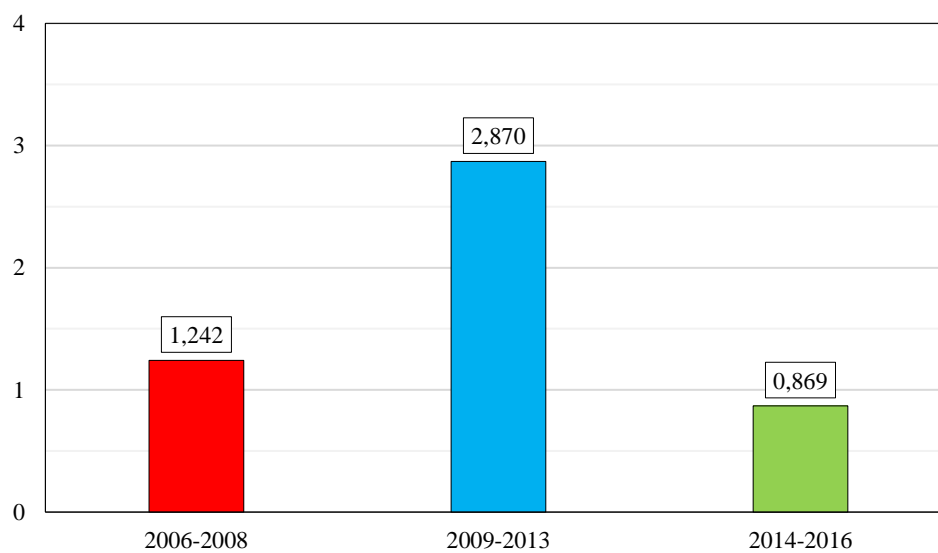
### CENÁRIO DE 2016

<b>r</b>	<b>Dens.</b>	<b>f(r)</b>	<b>residual</b>	<b>residual^2</b>	<b>Média^2</b>	<b>CONSTANTES</b>	
1	1	0,960354933	0,039645067	0,001571731	0,258781731	<b>c</b>	0
2	0,9550471	0,914142975	0,040904159	0,00167315	0,215066911	<b>D</b>	9,754767
3	0,8056591	0,82393969	-0,018280584	0,00033418	0,098825381	<b>a</b>	4,009369
4	0,6713009	0,672879549	-0,001578664	2,49218E-06	0,032402457		
5	0,4264502	0,474822573	-0,048372341	0,002339883	0,004204722		
6	0,3195285	0,284382061	0,035146441	0,001235272	0,029503407		
7	0,1941658	0,148696595	0,045469253	0,002067453	0,088285176		
8	0,0468478	0,071299732	-0,024451909	0,000597896	0,197532459		
9	0,002647	0,032643343	-0,029996315	0,000899779	0,238775924		
				<b>SSR</b>	<b>SSM</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	
				0,010721837	1,16337817	0,9908	
				<b>r1</b>	3,275309836		
				<b>r2</b>	6,479456758		
				<b>f1</b>	0,788675		
				<b>f2</b>	0,211325		
				<b>ks</b>	0,180188367		
				<b>kp</b>	0,328469871		

## APÊNDICE AU

Análise de Eficiência no Controle da Expansão (EBC) hipotética, desprezando os CHIS Faixa 1 do MCMV

Período	2006-2008	2009-2013	2014-2016
<b>Novas áreas urbanas fora dos limites</b>	74,2914	283,0144	117,0405
<b>Novas áreas urbanas dentro dos limites</b>	59,8086	98,6206	134,6595
<b>Effectiveness of boundary control (EBC)</b>	<b>1,242</b>	<b>2,870</b>	<b>0,869</b>



## APÊNDICE AV

Análise de Equilíbrio Direcional (DB) hipotético, desprezando os CHIS Faixa 1 do MCMV

Directional Balance											
Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
N	0,00	0,00	0,06	0,00	0,05	0,09	0,00	0,17	0,05	0,01	0,01
E	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
S	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
W	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,00
Period	2006 - 2008			2009 - 2013				2014 - 2016			
N	0,06			0,31				0,07			
E	0,03			0,01				0,04			
S	0,03			0,08				0,00			
W	0,02			0,05				0,05			

