UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Programa de Pós-graduação em Geografia Física

AGNES SILVA DE ARAUJO

**DINÂMICA E PADRÕES ESPACIAIS DE SEGREGAÇÃO RESIDENCIAL:
ANÁLISE DO CASO DE MARÍLIA/SP ENTRE 2000 E 2010 ATRAVÉS DE
ÍNDICES DE SEGREGAÇÃO E MODELAGEM BASEADA EM AGENTES**

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo/SP
Novembro/2020

AGNES SILVA DE ARAUJO

DINÂMICA E PADRÕES ESPACIAIS DE SEGREGAÇÃO RESIDENCIAL:
ANÁLISE DO CASO DE MARÍLIA/SP ENTRE 2000 E 2010 ATRAVÉS DE
ÍNDICES DE SEGREGAÇÃO E MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia Física, da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Joana Barros

VERSÃO CORRIGIDA

São Paulo/SP
Novembro/2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

A663d Araujo, Agnes Silva de
Dinâmica e padrões espaciais de segregação
residencial: análise do caso de Marília/SP entre 2000
e 2010 através de índices de segregação e modelagem
baseada em agentes / Agnes Silva de Araujo ;
orientador Alfredo Pereira de Queiroz Filho. - São
Paulo, 2020.
180 f.

Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração:
Geografia Física.

1. Segregação. 2. Padrões espaciais. 3. Índices
espaciais de segregação. 4. Modelagem baseada em
agentes. I. Queiroz Filho, Alfredo Pereira de,
orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE
Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)

Nome do (a) aluno (a): Agnes Silva de Araujo

Data da defesa: 02/10/2020

Nome do Prof. (a) orientador (a): Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, 25/11/2020

Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

Ao amigo e mestre Prof. Ailton Luchiari,
por tudo o que me ensinou.

“Marco Polo descreve uma ponte, pedra por pedra.
- Mas qual é a pedra que sustenta a ponte? – Pergunta Kublai Khan.
- A ponte não é sustentada por essa ou aquela pedra – responde Marco –, mas pela curva
do arco que as formam.
Kublai Khan permanece em silêncio, refletindo. Depois acrescenta:
- Por que falar das pedras? Só o arco me interessa.
Polo responde:
- Sem pedras o arco não existe.”

(Ítalo Calvino – Cidades Invisíveis, p. 81)

Agradecimentos

É um alívio saber que nos agradecimentos eu tenho licença poética para escrever em primeira pessoa e posso reconhecer que na capa deste trabalho não deveria constar apenas meu nome como autora, mas também os de todos os que conviveram comigo nestes últimos quatro anos e que merecem não só meus agradecimentos, mas também o reconhecimento de que participaram ativamente do desenvolvimento deste trabalho.

Primeiramente, eu gostaria de agradecer aos meus orientadores Prof^o Alfredo Pereira de Queiroz Filho e Prof^a Joana Barros, que me acolheram e aceitaram me orientar diante de uma grande tragédia que se abatia sobre o Departamento de Geografia da USP: o falecimento do Prof^o Ailton Luchiari. Agradeço pela paciência, orientação, apoio, pelas inspirações, encorajamento, pela constante disponibilidade e por todas as lições que ultrapassam os âmbitos da Academia. Sem vocês eu não teria conseguido. Obrigada ao Prof^o Ailton Luchiari, meu orientador durante a graduação e mestrado, por ter me apresentado a ciência da informação geográfica e ter me motivado a seguir esse caminho.

Eu sou muito grata aos membros da minha banca de qualificação, Prof^o Miguel Monteiro e a Prof^a Flávia Feitosa, pela compreensão, gentileza e pelo inestimável parecer que contribuiu para que o trabalho assumisse o formato em que está.

Agradeço ao CNPq pela bolsa de doutorado que me possibilitou conduzir essa pesquisa durante os quatro anos e, à CAPES, pela bolsa de doutorado-sanduíche que me levou a Birkbeck, University of London, e permitiu experiências internacionais memoráveis, e a ter um acesso precioso a informações e pessoas. Um agradecimento especial ao Dri, que me acompanhou nessa jornada, pelo carinho e tempo que me dedicou.

Muito obrigada aos amigos de São Paulo que nestes últimos anos me ampararam, riram e choraram comigo: Flávia, Michel, Zaba, Rafinha, Bozo e Natalie. Um agradecimento especial à minha “ex-cunhada” Laura, pelo carinho, pelas conversas e por ter ficado na minha vida. Obrigada, também, aos amigos queridos do DGEO pelo apoio, amizade e pelas noites de caipirinha: Ana Clara, Rafael, Allan, Marina, Juliana, Yuri, Camila, Ritinha, Fabíola, Isabela e Pedrinho. E às queridas amigas de Marília: Camila, Patrícia e Renatinha.

Um agradecimento especial ao Marcus Saraiva por todo apoio em Londres, pelas dicas e conselhos inestimáveis, pela amizade e por toda ajuda fornecida durante a concepção desta tese.

Finalmente, eu gostaria de agradecer à minha família. Aos meus amados pais, Sandra e Denis. Sem o amor e apoio de vocês esta tese não existiria. E aos meus irmãos queridos: Deninho, Vitor e Rafael, que me inspiram todo dia com a sua perseverança e fé.

E obrigada a você, que por um acaso esteja lendo.

Resumo

No início dos anos 2000 o país passou por mudanças políticas e econômicas que provocaram uma redução nas desigualdades sociais. O senso comum supunha que, como consequência da diminuição dessas desigualdades, a segregação também seria minimizada. Evidências empíricas, no entanto, apontam que houve um aumento na segregação nos espaços metropolitanos. Poucos estudos, porém, buscam analisar o grau e a alteração nos padrões espaciais da segregação nas cidades médias, entre 2000 e 2010, a partir de uma perspectiva quantitativa. Além disso, apesar de pesquisas qualitativas concluírem que a segregação aumentou nas cidades médias, neste período de tempo, em decorrência de processos de multiplicação e diversificação dos desenvolvimentos imobiliários no estilo condominial, redefinições nas relações de centro-periferia e valorização de setores específicos destas cidades, existe uma lacuna entre estas formulações teóricas sobre processos e a dinâmica da segregação no período, e pesquisas que testem efetivamente essas hipóteses. Esta tese visa a contribuir com a redução das lacunas mencionadas a partir de duas abordagens metodológicas complementares que requerem ferramentas distintas. A primeira, objetiva comparar e quantificar o grau da segregação, além de analisar as transformações/manutenção nos seus padrões espaciais a partir de índices de segregação. A segunda visa a testar hipóteses teóricas, de maneira espacial e temporalmente explícita, sobre a dinâmica da segregação no período, utilizando um modelo de simulação baseado em agentes. Os resultados dos índices revelam que, em Marília, no período, houve a manutenção dos padrões espaciais de segregação em macroescala e um agravamento em microescala. Foi possível verificar um aumento na segregação dos grupos de alto (renda de dez a 20 salários mínimos e acima de 20 salários mínimos) e de baixíssimo nível socioeconômico (até dois salários mínimos). Os grupos de alto nível socioeconômico encontram-se mais isolados no setor centro-leste da cidade, enquanto o de baixíssimo nível socioeconômico encontra-se mais concentrado e isolado nas zonas periféricas localizadas ao norte e sul da cidade. Os exercícios de simulação do modelo baseado em agentes, por sua vez, apontaram que a emergência de novos empreendimentos imobiliários no estilo condominial, desenvolvidos para atender a demanda habitacional dos grupos de alto nível socioeconômico e localizados no setor centro-leste da cidade, contribuíram para agravar o isolamento destes grupos nestas localidades. A multiplicação e diversificação dos condomínios fechados, somados a outros mecanismos como: a valorização do setor-centro leste da cidade e os efeitos de dependência (*path-dependence*), ou das trajetórias históricas de ocupação, também contribuíram para o aumento da segregação dos grupos de baixo nível socioeconômico, mantendo as habitações acessíveis à população de baixo nível socioeconômico nas áreas periféricas. As simulações, ainda, apresentaram projeções futuras de aumento da segregação dos grupos de baixo e baixíssimo nível socioeconômico nas áreas periféricas ao sul e norte da cidade em decorrência da alocação empreendimentos pertencentes à faixa 1 do programa “Minha Casa, Minha Vida”.

Palavras-chave: segregação; padrões espaciais; dinâmica; índices espaciais de segregação; modelagem baseada em agentes.

Abstract

In the early 2000s, the country underwent political and economic changes that brought about a reduction in social inequalities. Common sense assumed that, as consequence of the reduction of social inequalities, segregation would also be minimized. Empirical evidence, however, points out that there has been an increase in segregation in metropolitan spaces. Few studies, however, attempt to analyze the degree and change in spatial patterns of segregation in medium-sized cities, between 2000 and 2010, from a quantitative perspective. Qualitative research also have concluded that segregation has increased in medium-sized cities in this period, pointing to processes that may have triggered this increase such as: multiplication and diversification of gated real estate developments, redefinitions in the center-periphery and appreciation of specific sectors of these cities. However, there is a gap between theoretical formulations and conclusions about segregation dynamics and tests of these hypotheses. This thesis aims to contribute to the reduction of the mentioned gaps from two complementary methodological approaches that require different tools. The first, aims to quantify the degree of segregation and analyze the transformations / maintenance in their spatial patterns from segregation indices. The second approach aims to test theoretical hypotheses about the dynamics of segregation between 2000 and 2010 in a spatially and temporally explicit manner using an agent-based simulation model. The indices results show that in Marília in this period, there was a maintenance of segregation patterns on a macro scale perspective and a worsening of segregation on a micro scale. It was possible to see an increase in the segregation of high-income groups (income of ten to twenty minimum wages and above twenty minimum wages) and of very low socioeconomic status (income up to two minimum wages). The groups of high socioeconomic level are more isolated in the central-eastern sector of the city, while the very low socioeconomic level group is more concentrated and isolated in the peripheral areas located on the extreme north and south of the city. The simulation exercises of the agent-based model point out that the emergence of gated communities, developed to meet the housing demand of groups of high socioeconomic level and located in the central-eastern sector of the city, contributed to aggravate the isolation of these groups in these locations. The multiplication and diversification of gated communities, added to other mechanisms such as: the appreciation of the center-east sector of the city and the effects of path-dependence, also contributed to the increase in the segregation of the low socioeconomic groups, keeping housing accessible to the low socioeconomic population in peripheral areas. The simulations also showed future projections of increased in segregation of low and very low socioeconomic groups in the peripheral areas to the south and north of the city due to the allocation of popular housing, belonging to the band 1 of the federal program “Minha Casa, Minha Vida”.

Keywords: segregation; spatial patterns; dynamics; spatial indices of segregation; agent-based models.

Sumário

CAPÍTULO I: Introdução	13
1.1. Objetivos	16
1.1.1. Objetivos Gerais	16
1.1.2. Objetivos Específicos	16
1.2. Hipóteses	16
1.3. Esboço da tese	17
CAPÍTULO II: A segregação residencial	19
2.1 Segregação residencial: definições, dimensões espaciais e multiescalaridade	19
2.1.1. Segregação residencial: o conceito	19
2.1.2. A segregação e as suas dimensões espaciais	20
2.1.3. A natureza multiescalar da segregação	23
2.2. Padrões espaciais e os processos formativos da segregação	25
2.2.1. Padrões espaciais e processos formativos de segregação: a origem	25
2.2.2. Uma discussão sobre a terminologia	28
2.2.3. A questão do contexto local	29
2.2.4. Padrões espaciais, multiescalaridade e processos formativos no contexto das cidades brasileiras	31
2.2.5. A segregação e as cidades médias brasileiras	35
CAPÍTULO III: Índices de segregação e Modelagem baseada em agentes	39
3.1. Índices de segregação	39
3.1.1. As definições e reflexos na operacionalização dos índices de segregação	40
3.1.2. Limitações metodológicas e operacionais dos índices tradicionais	42
3.1.3. Abordagens de espacialização dos índices de segregação	45
3.1.4. Índices de segregação aplicados às cidades brasileiras	47
3.2. Modelagem Baseada em Agentes Aplicada a simulação da segregação	51
3.2.1. A segregação e a abordagem dos Sistemas Complexos	51
3.2.2. Modelos Baseados em Agentes (Agent-Based Models – ABMs)	54
3.2.3. ABMs aplicados à simulação da segregação	58
CAPÍTULO IV: Metodologia	64
4.1. Índices espaciais globais e locais de segregação	64
4.1.1. Análise multiescalar dos padrões espaciais de segregação	68
4.1.2. Minimizando o efeito de borda dos índices espaciais de segregação	70
4.1.3. Compatibilizando os grupos de renda dos censos de 2000 e 2010	71
4.2. ABM e os desafios de desenvolvimento de um protocolo metodológico	75
4.2.1. Design do modelo	76
4.2.2. Implementação do modelo	77
4.2.3. Avaliação do modelo	78
4.2.4. Publicação	81
4.3. O estudo de caso: Marília/SP	82
4.3.1. Retrospectiva histórica do processo de formação de Marília e as dinâmicas recentes	83

CAPÍTULO V: Análise dos padrões espaciais de segregação em Marília entre 2000 e 2010	91
5.1. Análise das alterações nos padrões espaciais de segregação entre 2000 e 2010.....	91
5.1.1. Alterações na dimensão dispersão/agrupamento	91
5.1.2. Alterações na dimensão exposição/isolamento	94
5.2. Discussão sobre as alterações nos padrões espaciais de segregação em Marília.....	101
CAPÍTULO VI: MAPS: Modelo de simulação das Alterações nos Padrões espaciais de Segregação.....	104
6.1. O modelo conceitual.....	104
6.1.1. O ambiente urbano	108
6.1.2. Os agentes.....	110
6.1.3. Parâmetros globais	114
6.2. Implementação do modelo.....	116
6.3. Análise sensitiva e verificação.....	118
6.3.1. Teste #1: Sensibilidade às condições iniciais	118
6.3.2. Teste #2: Sensibilidade às variações nos parâmetros de entrada.....	124
CAPÍTULO VII: Simulando a dinâmica das alterações nos padrões espaciais de segregação.....	134
7.1. Calibração.....	134
7.2. Validação dos resultados.....	136
7.2.1. A dimensão dispersão/agrupamento	136
7.2.2. A dimensão exposição/isolamento.....	140
7.2.3. Experimento de simulação: testando a hipótese #2	147
7.3. Discussão sobre a dinâmica subjacente às alterações nos padrões espaciais de segregação em Marília entre 2000 e 2010.....	152
7.4. Limitações do modelo e possíveis extensões.....	154
CAPÍTULO VIII: Considerações Finais.....	156
8.1. As contribuições da tese.....	156
8.1.1. <i>Sobre os padrões espaciais e a dinâmica da segregação.....</i>	<i>156</i>
8.1.2. <i>Sobre as abordagens metodológicas.....</i>	<i>159</i>
8.2. Limitações e perspectiva de futuros trabalhos.....	160
8.2.1. <i>No que se refere aos índices espaciais de segregação.....</i>	<i>160</i>
8.2.2. <i>No que se refere a modelagem baseada em agentes.....</i>	<i>161</i>
8.3. Conclusões.....	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	163
ANEXOS.....	180

Lista de Figuras

Figura 1. Dimensões da segregação urbana.	22
Figura 2. Caracterização da segregação em diferentes escalas	24
Figura 3. Diagramas esquemáticos das estruturas internas e fluxos de atividades nas cidades pré-industriais de Köhl (1841).	26
Figura 4. Modelos Urbanos de Burgess (1925) e Hoyt (1939).	28
Figura 5. Problema do tabuleiro de xadrez.....	43
Figura 6. O princípio da emergência.....	52
Figura 7. Elementos de interação de um ABM.	57
Figura 8. Estimador gaussiano de intensidade kernel.	65
Figura 9. Perfis de segregação de quatro áreas hipotéticas.	69
Figura 10. Classificação dos grupos socioeconômicos de 2000 e 2010.	72
Figura 11. Grupos socioeconômicos predominantes por setor censitário (2000 e 2010).	72
Figura 12. Classificação dos grupos socioeconômicos de 2000 e 2010 (com base nos valores do salário mínimo original e ajustado).....	74
Figura 13. Grupos socioeconômicos predominantes por setor censitário (2000 e 2010: classificação com base no salário mínimo original e ajustado).....	75
Figura 14. Processo de validação de um ABM.	80
Figura 15. Mapa de localização da área de estudo.	82
Figura 16. Trechos das ferrovias: Cia Paulista, Sorocabana e Noroeste.....	84
Figura 17. Crescimento urbano de Marília entre 1962 e 1984.....	87
Figura 18. Empreendimentos no estilo condominial lançados entre 2000 e 2010.	90
Figura 19. Perfil de segregação dos índices espaciais globais da teoria da informação computado para 2000 e 2010.....	92
Figura 20. Mapas dos índice espacial locais da teoria da informação computado para 2000 e 2010.	93
Figura 21. Perfil de segregação dos índices espaciais globais normalizados de exposição entre o grupo de zero a dois salários mínimos e os demais grupos socioeconômicos....	94
Figura 22. Perfil de segregação dos índices espaciais globais normalizados de exposição entre o grupo com renda acima de 20 salários mínimos e os demais grupos socioeconômicos.....	96

Figura 23. Matriz dos índices espaciais globais normalizados de exposição/isolamento, em escala logarítmica.	97
Figura 24. Índice de exposição local entre os grupos com rendimentos acima de 20 e até dois salários mínimos.	98
Figura 25. Índice de exposição local entre os grupos com rendimentos entre dez e 20 e acima de 20 salários mínimos.	99
Figura 26. Índice de exposição local entre os grupos com rendimentos de até dois e entre dois e três salários mínimos.	100
Figura 27. Diagrama da rotina geral de simulação do modelo.	108
Figura 28. Processo de tomada de decisão das famílias.	112
Figura 29. Processo de tomada de decisão dos desenvolvedores imobiliários.	113
Figura 30. Interface de usuário do MAPS.	117
Figura 31. Composição dos diferentes cenários.	119
Figura 32. Resultados da predominância dos grupos socioeconômicos nos diferentes cenários iniciais.	120
Figura 33. Resultados do índice local nos diferentes cenários iniciais.	121
Figura 34. Resultados do índice de isolamento global nos diferentes cenários iniciais.	122
Figura 35. Resultados do índice de isolamento local nos diferentes cenários iniciais.	123
Figura 36. Resultados do índice local para diferentes valores de raio.	125
Figura 37. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 para diferentes valores de raio.	125
Figura 38. Resultados do índice de isolamento local para o grupo G4 utilizando diferentes valores de raio.	126
Figura 39. Resultados do índice local para diferentes pesos atribuídos às rendas.	127
Figura 40. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 utilizando diferentes pesos atribuídos às rendas.	127
Figura 41. Resultados do índice de isolamento local para o grupo G4 utilizando diferentes pesos atribuídos às rendas.	128
Figura 42. Resultados do índice local computado para diferentes valores de taxas de depreciação.	129
Figura 43. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 para diferentes valores de taxa de depreciação.	130
Figura 44. Resultados do índice de isolamento local do grupo G4 para diferentes valores de taxa de depreciação.	130

Figura 45. Resultados do índice local para taxa de ocupação do espaço homogênea entre os grupos socioeconômicos e desigual.....	132
Figura 46. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 computado para taxa de ocupação do espaço homogênea entre os grupos socioeconômicos e desigual.	132
Figura 47. Resultados dos índices de isolamento local dos grupos socioeconômicos dada as taxas de ocupação distribuídas de forma homogênea e desigual.	133
Figura 48. Dados empíricos de Marília (entrada do modelo de simulação).....	135
Figura 49. Índices espaciais globais da Teoria da Informação.....	137
Figura 50. Índices espaciais locais da Teoria da Informação calculados a partir de uma largura de banda de 600m.	138
Figura 51. Índices locais da Teoria da Informação calculados a partir de uma largura de banda de 2000m.	139
Figura 52. Índices espaciais globais de isolamento computados para os dados do censo de 2000 e 2010 e para o início e fim da simulação do ABM.	141
Figura 53. Índices espaciais locais de isolamento do grupo com renda acima de 20 salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.	143
Figura 54. Índices espaciais locais de isolamento do grupo com renda de dez a 20 salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.	144
Figura 55. Índices espaciais locais de isolamento do grupo com renda de dois a três salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.	145
Figura 56. Índices locais de isolamento do grupo com renda de até dois salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.	146
Figura 57. Índices espaciais globais da Teoria da Informação computados para a simulação com dados de localização empíricas dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias.	148
Figura 58. Índices locais da Teoria da Informação computados para a simulação com dados de localização empíricas dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).	149
Figura 59. Índices locais da Teoria da Informação computados para a simulação com dados de localização empíricas dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).	149
Figura 60. Índices globais de isolamento computados para a simulação com dados de localização empíricas dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).	150
Figura 61. Índices locais de isolamento computados para a simulação com dados de localização empíricas dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).	151

Lista de Tabelas

Tabela 1. Dimensões da segregação urbana de acordo com Massey e Denton (1988).....	21
Tabela 2. Evolução Demográfica da População Urbana (1980 – 2010).....	73
Tabela 3. Ajuste nas classes do censo de 2010 conforme os rendimentos	73
Tabela 4. Evolução Demográfica da População Urbana (1980 – 2010).....	86
Tabela 5. Empreendimentos no estilo condominial lançados entre 2000 e 2010 em Marília	89
Tabela 6. Ambiente urbano e sua representação.	109
Tabela 7. Os agentes e sua representação.	110
Tabela 8. O observador e sua representação.	115
Tabela 9. Dados de SIG utilizados como input.	116
Tabela 10. Faixa de rendimento para cada grupo socioeconômico.	119
Tabela 11. Parâmetros utilizados para validação dos resultados.	136

CAPÍTULO I

Introdução

A segregação é característica das cidades contemporâneas (LOGAN, 2000; MARCUSE, 1997; POULSEN et al., 2002). Pode ser definida como a separação geográfica e/ou social de diferentes grupos populacionais no espaço urbano (WHITE, 1983). Nesse sentido, afirmar que uma cidade é segregada significa dizer que existem padrões espaciais que limitam a possibilidade de contato entre os diferentes grupos populacionais e acesso a recursos públicos e institucionais (escolas, hospitais, parques, empregos etc.) (REARDON, 2006). Para tornar o termo mais preciso, contudo, é necessário adjetivá-lo, levando em consideração qual a composição populacional (racial, étnica ou socioeconômica) utilizada para descrever estes padrões espaciais (REARDON, 2006) e a quais espaços sociogeográficos (residenciais, de lazer, trabalho etc.) se referem (FARBER et al., 2012; JAKLE et al., 1976; PALMER, 2013; WONG; SHAW, 2011). Considerando estes pressupostos, o foco desta tese é a segregação residencial socioeconômica.

Inúmeros estudos apontam para uma associação entre segregação socioeconômica e prejuízos para os grupos desprivilegiados, como aumento das desigualdades sociais e espaciais (LAGO, 2000; MARQUES; TORRES, 2004; MASSEY; DENTON, 1993; MUSTERD et al., 2017), acesso diferenciado às infraestruturas urbanas (BICHIR, 2006; VETTER; MASSENA, 1982), concentração e reprodução da pobreza (MARQUES; TORRES, 2004; MASSEY; FISCHER, 2000; RIBEIRO, 2005), fraco desempenho escolar (CUNHA; JIMÉNEZ, 2006; KOSLINSKI; ALVES, 2012; PALARDY, 2013), exclusão social (MUSTERD; OSTENDORF, 1998a) e maior vulnerabilidade (KOWARICK, 2009).

Tendo em vista as evidências científicas dos seus impactos negativos, a segregação é questão central nos debates internacionais (BOLT, 2009; BOLT et al., 2010; MUSTERD; OSTENDORF, 1998b; ROBERTS; WILSON, 2009) e nacionais (BICHIR, 2006; HUGHES, 2004; MARQUES; BICHIR, 2001; RIBEIRO, 2003; TORRES, 2004) sobre políticas públicas urbanas. A concepção de novas propostas de políticas que minimizem os efeitos da segregação, porém, demanda um maior entendimento sobre seus padrões espaciais e sua dinâmica.

Para tanto, são necessários métodos e técnicas que possibilitem análises espaciais e temporais explícitas, bem como avaliar as teorias sobre os processos formativos. Estes dois elementos estão estreitamente vinculados: enquanto os métodos e técnicas revelam novas características sobre os padrões espaciais e a dinâmica da segregação, as teorias são revisitadas, aperfeiçoadas ou desenvolvidas para explicá-los (FEITOSA, 2005).

No Brasil, desde a década de 1970 a literatura categorizou o padrão espacial de segregação como radial-concêntrico, a partir de uma leitura macroescalar, com as áreas mais centrais e providas de infraestruturas urbanas habitadas por grupos socioeconômicos mais abastados e as periferias precárias ocupadas pelos grupos desfavorecidos, cujas causas estavam relacionadas às desigualdades socioeconômicas advindas do capitalismo dependente (BONDUKI; ROLNIK, 1982; KOWARICK, 1979; MARICATO, 1979; SANTOS, 1978). A associação da segregação aos grupos socioeconômicos mais baixos prevaleceu nas análises neste período (TORRES, 2004).

Posteriormente, modificações nos padrões espaciais de segregação induziram o surgimento de novas pesquisas que vincularam estas mudanças nos padrões espaciais à tendência “autossegregativa” das classes de nível socioeconômico mais elevado (CALDEIRA, 2000; VILLAÇA, 1998). O aumento na complexidade dos padrões espaciais de segregação, advindos de processos de setorização dos bairros destinados aos grupos de nível socioeconômico mais elevado, a multiplicação dos núcleos de pobreza nas áreas centrais e a heterogeneização dos espaços periféricos, por sua vez, possibilitados pela maior oferta de infraestrutura urbana e implementação de condomínios fechados de alto padrão nestas localidades (CALDEIRA, 2000; COY; PÖHLER, 2002; MARQUES; TORRES, 2004; TORRES, 2004; VILLAÇA, 1998), fizeram com que o foco das pesquisas se alternasse entre micro e macroescala, denunciando seu caráter multiescalar.

No início dos anos 2000 o país passou por mudanças políticas e econômicas. O crescimento econômico, advindo do “*boom* das commodities”, associado às políticas de redução do desemprego, transferência de renda e acesso à educação de nível superior provocou uma redução das desigualdades sociais e econômicas (MARQUES, 2014, 2016a). O senso comum supunha que, como consequência do abrandamento das desigualdades, a segregação também seria minimizada.

Evidências empíricas, no entanto, apontam que a segregação persistiu nos espaços metropolitanos, no período de 2000 a 2010 (CHETRY, 2015; FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016). Chetry (2015), Feitosa et al. (*in press*) e Marques (2016) apontam que as classes de nível socioeconômico mais elevado estão mais segregadas, em 2010,

em decorrência da multiplicação dos condomínios fechados de alto padrão em espaços onde já predominavam as elites, tornando-os mais homogêneos.

No que se refere aos grupos de baixo nível socioeconômico, existe uma discordância na literatura. Enquanto certos autores ressaltam que os grupos de baixo nível socioeconômico se tornaram menos segregados em 2010, por efeito da alocação de condomínios fechados de alto e médio padrão em áreas periféricas, onde predominam a população de baixa renda (OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2015; YWATA et al., 2011), outros apontam que estão mais segregadas em 2010, em decorrência da heterogeneização e fragmentação dos espaços periféricos (FEITOSA et al., *in press*).

A maioria dos estudos sobre segregação urbana foca em grandes áreas metropolitanas, em especial São Paulo (BICHIR, 2006; FEITOSA et al., *in press*; FRANÇA, 2016; MARQUES, 2016, MARQUES; TORRES, 2004). Poucos estudos, porém, buscam analisar o grau e a alteração nos padrões espaciais da segregação nas cidades médias, entre 2000 e 2010, a partir de uma perspectiva quantitativa, com exceção dos trabalhos de Prado (2012) e Rocha (2011). E, apesar de pesquisas qualitativas apontarem para o fato de que a segregação aumentou nas cidades médias, entre 2000 e 2010, como consequência da multiplicação e diversificação dos desenvolvimentos imobiliários no estilo condominial, da implementação de *shoppings centers*, redefinições nas relações de centro-periferia (SPOSITO, 2013; SPOSITO; GÓES, 2013) e da valorização de setores específicos (BARCELLA; MELAZZO, 2020; MELAZZO, 2015), ainda existe uma lacuna entre as formulações teóricas sobre processos e a dinâmica da segregação no período, e pesquisas que testem efetivamente essas hipóteses de forma quantitativa e espaço-temporalmente explícita.

Esta tese visa a contribuir para a redução nas lacunas anteriormente mencionadas a partir de duas abordagens metodológicas complementares, que requerem ferramentas distintas. A primeira objetiva comparar e quantificar o grau da segregação, além de analisar as transformações/manutenção nos seus padrões espaciais. Para tanto, são utilizados índices de segregação, ferramentas tradicionalmente utilizadas para mensurar o fenômeno. A segunda objetiva testar hipóteses teóricas de maneira espacial e temporalmente explícita sobre a dinâmica da segregação no período. Para tanto, são necessárias ferramentas de simulação como os modelos baseados em agentes (ou *Agent-Based Models* – ABM). Os ABMs possuem uma estrutura flexível que permite representar explicitamente as interações entre os diferentes agentes e o ambiente urbano. É particularmente adequado para análise da dinâmica de Sistemas Complexos como a

segregação, que exibem características de emergência, auto-organização, não-linearidade, *feedback* e *path-dependence*.

Adota-se a cidade de Marília como área de estudo por ser considerada um caso representativo das cidades médias brasileiras (SPOSITO et al., 2007). Esta é caracterizada como tal, pois observam-se processos de reestruturação urbana, como maior fragmentação decorrente de novas centralidades (SPOSITO, 2013), difusão de novas formas de habitats, como condomínios fechados (DAL POZZO, 2011; SPOSITO; GÓES, 2013; ZANDONADI, 2008), constituição de espaços de exclusão social (NUNES, 2007) e desigualdade (MELAZZO, 2006).

1.1. Objetivos

1.1.1. *Objetivos Gerais*

O objetivo desta tese é contribuir para o entendimento sobre os padrões espaciais e a dinâmica da segregação residencial socioeconômica no período de 2000 a 2010 em Marília.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Analisar os padrões espaciais e o grau de segregação residencial de Marília/SP, entre 2000 e 2010, a partir de índices espaciais de segregação;
- Desenvolver um modelo baseado em agentes que incorpore a dinâmica da segregação no período e contribua para o teste de hipóteses teóricas.

1.2. Hipóteses

Esta tese possui duas hipóteses que estão estreitamente vinculadas. A primeira refere-se às alterações nos padrões espaciais de segregação ocorridas entre 2000 e 2010 em Marília e, a segunda, refere-se à dinâmica e aos processos preponderantes no período.

- **Hipótese 1:** A segregação em Marília apresentou tendências similares às transformações observadas em outras cidades brasileiras no mesmo período, tais como aumento da segregação dos grupos de elevado nível socioeconômico, cujos espaços encontram-se mais homogêneos e redução da segregação entre as classes médias e baixas, que se encontram em espaços mais heterogêneos e fragmentados (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016).

- **Hipótese 2:** A dinâmica da segregação está relacionada à multiplicação e diversificação dos desenvolvimentos imobiliários no estilo condominial.

1.3. Esboço da tese

Esta tese está dividida em duas partes: a primeira é composta pelos Capítulos II e III, elaborados a partir de uma revisão de literatura, que discutem o conceito de segregação, os processos e as tendências observadas no período de 2000 a 2010 no contexto das cidades brasileiras. Apresentam, ainda, uma discussão sobre as metodologias utilizadas nesta pesquisa. A segunda parte refere-se aos capítulos de IV a VII, que detalham a metodologia utilizada nesta pesquisa e o estudo de caso (Marília), e objetivam analisar os padrões de segregação de Marília, entre 2000 e 2010, através de índices espaciais de segregação, e simular sua dinâmica por meio do desenvolvimento de um ABM baseado em dados geográficos.

Sendo assim, o Capítulo II discute o conceito de segregação, suas dimensões espaciais e multiescalaridade, bem como os processos formativos dos padrões espaciais e as tendências observadas no período de 2000 a 2010 no contexto das cidades brasileiras.

O Capítulo III apresenta um levantamento bibliográfico sobre os diferentes quadros teóricos-metodológicos utilizados nesta pesquisa: 1º) dos índices espaciais de segregação, discutindo a busca pelo desenvolvimento desses índices e apresentando a evolução nas diferentes concepções teóricas e seus rebatimentos operacionais e, 2º) da Teoria da Complexidade, discutindo as vantagens da adoção das suas ferramentas metodológicas como os ABMs e apresentando as definições atribuídas aos seus componentes estruturais, bem como os modelos desenvolvidos para o estudo do fenômeno da segregação residencial.

O Capítulo IV possui o objetivo de detalhar a metodologia utilizada nesta tese, especifica quais índices espaciais de segregação foram utilizados e discute os procedimentos para desenvolvimento de um ABM. O capítulo, ainda, apresenta as especificidades de Marília com ênfase nos processos de consolidação do seu espaço urbano, tendências populacionais e distribuição espacial dos distintos grupos socioeconômicos.

O Capítulo V analisa quantitativamente as alterações empíricas nos padrões de segregação em Marília entre 2000 e 2010 de forma a contribuir para o entendimento da segregação e induzir a formulação teórica sobre a dinâmica dessas alterações.

O Capítulo VI apresenta o modelo baseado em agentes desenvolvido nesta tese, o MAPS: Modelo de simulação das Alterações nos Padrões espaciais de Segregação. O capítulo expõe as especificações teóricas e o modelo conceitual, seguido dos exercícios de simulação para fins de análise sensitiva e verificação do modelo.

O Capítulo VII apresenta a aplicação empírica do MAPS ao estudo de caso desta tese: Marília/SP. O objetivo é testar a hipótese número dois deste estudo e explorar os mecanismos atuando na dinâmica da segregação entre 2000 e 2010. Este capítulo também apresenta os exercícios de validação do modelo e discute suas possíveis extensões e limitações.

O Capítulo VIII traça as considerações finais sobre as contribuições da tese acerca do entendimento sobre as alterações nos padrões espaciais de segregação de Marília/SP no período de 2000 a 2010 e a dinâmica subjacente a estas.

CAPÍTULO II

A segregação residencial

Este capítulo possui o objetivo de discutir a segregação residencial: o conceito, suas dimensões espaciais, sua multiescalaridade e os processos formativos que desencadearam os padrões espaciais observados. Partindo do pressuposto de que a segregação residencial possui aspectos altamente contextuais, o capítulo, ainda, visa a discutir a segregação no contexto das cidades brasileiras em direção às tendências recentes (2000 a 2010).

2.1. Segregação residencial: definições, dimensões espaciais e multiescalaridade

Esta seção apresenta a definição de segregação utilizada nesta tese e discute suas características de multiescalaridade e multidimensionalidade a partir de um *overview* da literatura sobre o fenômeno.

2.1.1. Segregação residencial: o conceito

Existe um consenso entre os pesquisadores sobre o conceito de “segregação” estar relacionado à ideia de “separação”, sob a qual, originalmente, se fundamentou. De acordo com Maloutas (2012), o termo “segregação” foi originalmente cunhado para se referir à separação de genes durante o processo de meiose no âmbito das ciências genéticas. Posteriormente, foi apropriado pela Escola de Ecologia Humana¹ para se referir à separação existente entre as diferentes “áreas naturais”, definidas como áreas residenciais (ou habitats) dos diferentes grupos sociais naturais (étnicos e raciais) nas cidades (PARK et al., 1925).

White (1983) aponta que o termo “separação” demanda uma explicação adicional acerca da dimensão à qual se refere, uma vez que a “separação” pode ser geográfica, compreendida como distanciamento espacial, ou social, relacionado ao potencial de interação entre os grupos populacionais. E apesar de, frequentemente, ambas as dimensões estarem associadas, a presença de uma determinada forma de separação não implica, universalmente, na outra (WHITE, 1983). Um exemplo característico desta

¹ Terminologias advindas das ciências biológicas como sucessão, competição e dominação foram amplamente utilizadas pela Escola de Chicago como analogias e metáforas entre os processos biológicos e naturais (ZORBAUGH, 1970).

distinção entre “separação” geográfica e social são os condomínios fechados, que podem acentuar a proximidade geográfica entre os diferentes grupos populacionais, mas mantêm a separação social, através de muros e equipamentos de segurança (CALDEIRA, 2000).

Nesta pesquisa, assim como defende White (1983), considera-se que a segregação pode ser compreendida como a separação geográfica e/ou social dos diferentes grupos populacionais em uma área urbana. No entanto, se faz necessário especificar e aprofundar como suas dimensões espaciais podem ser caracterizadas.

2.1.2. A segregação e as suas dimensões espaciais

Desde a publicação de Duncan e Duncan (1955) a literatura não definiu adequadamente o conceito de “segregação”, mas sim o que se referia ao seu extremo oposto, ou seja, a noção de “assimilação”, comumente definida como a distribuição uniforme entre os diferentes grupos populacionais em uma determinada área de estudo (CORTESE et al., 1976). As críticas apresentadas por Cortese et al. (1976) retomaram os intensos debates acerca da natureza da segregação residencial e sua conceituação. Como consequência, diversas definições e medidas de segregação foram propostas por uma variedade de artigos e publicações subsequentes (ALISON, 1978; JAMES; TAEUBER, 1985; LIEBERSON; CARTER, 1982; SCHWARTZ; WINSHIP, 1980; STEARNS; LOGAN, 1986; STEINNES, 1977; THEIL; FINIZZA, 1971; VAN VALEY; ROOF, 1976; WHITE, 1983, 1986; ZOLOTH, 1976).

No intuito de sugerir uma organização aos estudos sobre segregação que se encontravam em um estado de “desordem teórica e metodológica” (MASSEY; DENTON, 1988, p. 282), Massey e Denton (1988) propuseram que a segregação fosse conceituada em cinco dimensões: dispersão e exposição (dimensões não-espaciais), agrupamento, centralização e concentração (dimensões espaciais). Os autores argumentaram que definições genéricas, até o momento utilizadas, ocultaram a complexidade espacial do fenômeno, mas no entanto, os cinco eixos caracterizavam e especificavam “como” ou “de que forma” os diferentes grupos estão segregados no espaço urbano (MASSEY; DENTON, 1988). As definições de cada uma das dimensões da segregação podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões da segregação urbana de acordo com Massey e Denton (1988).

<i>Dimensões</i>	<i>Definição</i>
<i>Dispersão</i>	Distribuição dos diferentes grupos sociais em um determinado ambiente urbano.
<i>Exposição</i>	Contato potencial entre diferentes grupos sociais em um determinado ambiente urbano.
<i>Agrupamento</i>	Grau em que os membros de um determinado grupo vivem desproporcionalmente em áreas contíguas.
<i>Centralização</i>	Grau em que um grupo social está próximo do centro de uma área urbana.
<i>Concentração</i>	Quantidade relativa de espaço físico ocupada por um grupo social em um ambiente urbano.

Fonte: MASSEY; DENTON (1988, adaptado).

Brown e Chung (2006), Johnston et al. (2007), Reardon e O’Sullivan (2004) e Sabatini e Sierralta (2006) revisaram a propostas de Massey e Denton (1988) alegando que algumas das dimensões se sobrepõem e que não existem dimensões não-espaciais da segregação. As revisões mencionadas, consistentemente, reduziram as cinco dimensões de Massey e Denton (1988) a apenas duas. As propostas, no entanto, possuem variações conceituais e semelhanças significativas que serão discutidas a seguir. A discussão acerca da proposta de Johnston et al. (2007) será apresentada antes, apesar de a publicação ter ocorrido posteriormente, porque possui elementos que a difere substancialmente das outras.

Johnston et al. (2007) sugerem duas dimensões para caracterizar a segregação: 1º) separação (engloba as dimensões de dispersão/agrupamento e exposição/isolamento), que se refere ao grau em que os membros de um determinado grupo populacional vivem separados do restante da população em um bloco coerente e, 2º) localização (que reúne concentração e centralização) que concerne à medida em que os membros do grupo são reunidos, independentemente de seu grau de separação, em áreas de alta densidade no centro da cidade. A revisão de Johnston et al. (2007), no entanto, se baseou no contexto empírico da segregação racial das áreas metropolitanas dos Estados Unidos, onde a população negra se encontra, predominantemente, concentrada nas densas áreas centrais das cidades. Faz sentido, portanto, que as dimensões “concentração” e “centralização” se apresentem congregadas em uma única dimensão, denominada pelos autores de “localização”. No contexto das cidades latino-americanas, cada vez mais policêntricas e geograficamente extensas, a dimensão “localização” perde o sentido (BROWN; CHUNG, 2006).

Reardon e O’Sullivan (2004), revendo as mesmas dimensões da segregação na proposta de Massey e Denton (1988), apontam que a diferença entre “dispersão” e “concentração” seria resultado da agregação de dados em diferentes escalas, ou seja, um problema operacional que aparece como consequência da escala metodológica imposta pela agregação de dados em unidades de área. Os autores propõem a caracterização da segregação em dois eixos espaciais: dispersão (ou agrupamento) e isolamento (ou exposição) (REARDON; O’SULLIVAN, 2004), ilustrados na Figura 1.

A distribuição geográfica dos membros dos grupos populacionais é caracterizada pela dimensão dispersão/agrupamento que significa, em casos extremos, um agrupamento espacial dos membros do mesmo grupo ou uma distribuição espacial homogênea entre os membros dos diferentes grupos (REARDON; O’SULLIVAN, 2004). O potencial de interação entre membros de diferentes grupos populacionais (exposição) ou membros do mesmo grupo (isolamento), é caracterizado, por sua vez, pela dimensão exposição/isolamento (REARDON; O’SULLIVAN, 2004).

Figura 1. Dimensões da segregação urbana.

Fonte: REARDON; O’SULLIVAN (2004, adaptado).

A revisão de Brown e Chung (2006) apresenta elementos análogos à proposta de Reardon e O'Sullivan (2004): a dimensão “centralização” é suprimida e são mantidas as dimensões dispersão (ou concentração) e agrupamento (ou exposição). Os autores argumentam que concentração é o outro extremo da dispersão, ou seja, quando existe a concentração de membros de um determinado grupo populacional, isso se reflete em baixa dispersão e, da mesma forma, o agrupamento é a expressão espacial da baixa exposição, uma vez que se houver agrupamento entre membros de um mesmo grupo a exposição a outros grupos populacionais é reduzida. Não obstante, as dimensões referem-se à distribuição espacial e ao contato potencial entre membros de grupos populacionais distintos.

O mesmo comentário pode ser aplicado à proposta de Sabatini e Sierralta (2006) que, por sua vez, focam a discussão sobre a segregação nas especificidades das cidades latino-americanas. Para os autores existem duas dimensões objetivas da segregação: “concentração espacial”, cuja caracterização se assemelha à dispersão/agrupamento e “homogeneidade social”, equiparada à exposição/isolamento de Reardon e O'Sullivan (2004).

Independentemente das variações terminológicas, as revisões comentadas demonstram aprimoramentos conceituais importantes em relação à proposta de Massey e Denton (1988). Existe, ainda, uma similaridade substancial entre as sugestões de Reardon e O'Sullivan (2004), Brown e Chung (2006) e Sabatini e Sierralta (2006). Porém, devido ao pioneirismo, adota-se nesta pesquisa a terminologia de Reardon e O'Sullivan (2004). Discussões sobre as dimensões espaciais da segregação levantaram outra importante questão: a multiescalaridade do fenômeno (FEITOSA et al., 2007; LEE et al., 2008; SABATINI et al., 2009; REARDON et al., 2008), discutida na seção subsequente.

2.1.3. A natureza multiescalar da segregação

Estudos que buscam analisar e descrever os padrões espaciais de segregação se deparam com um problema primordial: a questão da escala. Durante um longo período este tema recebeu pouca atenção dos pesquisadores (REARDON et al., 2008). Nas últimas décadas, no entanto, a multiescalaridade da segregação passou a ser um pressuposto para diversas pesquisas que abordam o fenômeno (FEITOSA et al., 2007; FOWLER, 2016, 2018; KAPLAN; HOLLOWAY, 2001; KELVYN et al., 2015; LEE et al., 2008; OLTEANU et al., 2019; ÖSTH et al., 2015; PETROVIĆ et al., 2018; REARDON et al., 2008; SABATINI et al., 2001).

Antes de discutir a questão da multiescalaridade da segregação se faz necessário observar as diferenças conceituais no que se refere ao termo “escala”, uma vez que geógrafos lidam com diferentes tipos, como: 1º) a geográfica, no que diz respeito a abrangência do fenômeno a ser analisado, 2º) a cartográfica, que consiste na relação matemática existente entre as distâncias reais e as representadas em um mapa, e 3º) a metodológica, que diz respeito ao tamanho das unidades espaciais de agregação de dados (REARDON et al., 2008).

Para ilustrar o problema da multiescalaridade, que se refere a como uma mesma área de estudo pode ser categorizada de forma distinta (segregada ou integrada) de acordo com a variação na escala de análise (Figura 2).

Observando as áreas A e D nota-se que são menos e mais segregadas, respectivamente, independentemente da variação na escala. As áreas B e C, no entanto, podem ser categorizadas como mais ou menos segregadas, e vice-versa, se comparadas em distintas escalas. Em uma escala reduzida, a área B é menos segregada do que a área C. Em grande escala, porém, a área B é mais segregada do que a área C. Da mesma forma, uma cidade pode ser considerada segregada se analisada em uma determinada escala de análise, e integrada, de outra escala.

Figura 2. Caracterização da segregação em diferentes escalas.

Fonte: SABATINI et al. (2001, p. 27).

O que se conclui do problema da multiescalaridade é que não existe uma escala “correta” para análise da segregação, mas sim diferentes padrões espaciais que existem simultaneamente e podem ser identificados a partir de escalas distintas (FOWLER, 2016; KAPLAN; HOLLOWAY, 2001; REARDON et al., 2008). Soma-se a isso o fato de que a relevância da questão escalar da segregação ultrapassa o âmbito das descrições dos padrões espaciais e caracterização da segregação nas cidades, mas também se reflete no entendimento do fenômeno, na compreensão das suas causas e consequências (REARDON et al., 2008). De acordo com Reardon et al. (2008), existem evidências que apontam para processos formativos e consequências diversas no que tange à segregação em macro e microescala.

Considera-se que os desafios na caracterização e entendimento dos padrões de segregação em uma determinada área de estudo incluem o uso de ferramentas metodológicas que possibilitem análise multiescalar e multidimensional (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento) da segregação, que serão discutidas no Capítulo III desta tese.

2.2. Padrões espaciais e os processos formativos da segregação

Esta seção apresenta o debate sobre as terminologias empregadas na literatura e a relação entre os padrões espaciais de segregação e os processos formativos. Além disso, discute a questão do contexto local na formulação de teorias sobre a consolidação dos padrões espaciais observados.

2.2.1. Padrões espaciais e processos formativos de segregação: a origem

O geógrafo alemão Johann Köhl (1841) foi um dos primeiros autores a tentar relacionar a forma como os grupos sociais estavam distribuídos nas cidades da Europa continental aos processos desencadeadores destes padrões residenciais observados (PEUCKER, 1968). O autor apontou uma relação entre a distância do centro da cidade e o poder de compra do grupo populacional, culminando, posteriormente, no clássico modelo esquemático centro-periferia, também denominado modelo concêntrico-inverso, no qual a população de alto nível socioeconômico reside próxima ao centro e, a população de baixo nível socioeconômico, nas áreas mais distantes, referente à realidade pré-industrial das cidades europeias (CORREIA, 1995; 2013).

De acordo com Peucker (1968), a tese de Köhl se pautava na determinação da rede de transportes no assentamento dos diferentes grupos sociais nas cidades. O autor ainda fez algumas contribuições em relação aos fluxos de atividades no espaço urbano, conjecturando sobre a maneira como as funções (residenciais, comerciais etc.) são conectadas e algumas de suas representações esquemáticas podem ser relacionadas a estruturas fractais (BATTY, 2013), como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3. Diagramas esquemáticos das estruturas internas e fluxos de atividades nas cidades pré-industriais de Köhl (1841).

Fonte: PEUCKER (1968, p. 248).

A influência das pesquisas de Köhl (1841) e da sociologia alemã, principalmente no que se refere ao uso do conceito de “áreas naturais”, proposto por Georg Simmel (1890), pode ser observada nas bases teóricas da Ecologia Humana, associada à Escola de Chicago (ENTRIKIN, 1980), cujos pesquisadores buscavam explicar a formação das diferentes “áreas naturais”, que se referiam às áreas residenciais (ou habitats) dos diferentes grupos sociais naturais (grupos étnicos e raciais) nas cidades, através da preferência de indivíduos de outras etnias em se estabelecerem próximos, da assimilação dos imigrantes às cidades e da guetificação compulsória das minorias negras nos *black*

belts (BURGESS, 1925). A separação das diferentes “áreas naturais”, era compreendida como um resultado espacial espontâneo advindo de processos de competição, dominação, sucessão e segregação, que culminavam em um equilíbrio social e biótico (PARK et al., 1925; ZORBAUGH, 1970).

O equilíbrio advinha da competição, que figurava como princípio mais importante, como uma “luta pela sobrevivência”, que regulava os membros da comunidade. Park et al. (1925) afirmavam que a competição econômica e espacial, entre os grupos sociais naturais por recursos escassos, como a terra urbana, resultava na divisão do espaço intraurbano em “áreas naturais”, que possuíam uma forte homogeneidade étnica e cultural dentro de seus espaços, e heterogeneidade em relação às demais áreas.

Partindo do princípio científico da indução, Burgess (1925), observando sua área de estudo que era Chicago, no início do século XX, propôs um modelo esquemático de cidade em que as “áreas naturais” estavam dispostas em círculos concêntricos (Figura 4). A população de alto nível socioeconômico residia na periferia, apontando para o momento histórico de migração das elites para os subúrbios nas cidades americanas, enquanto a população de baixa renda residia perto do centro e da zona industrial das cidades, sujeita a doenças e à poluição. A segregação, para Burgess (1925), se referia ao processo involuntário no qual determinado grupo social “natural” era forçado a se estabelecer em uma determinada área.

Quase uma década depois, Hoyt (1939) propôs um novo modelo esquemático para as cidades norte-americanas, onde as “áreas naturais” deixam de assumir o padrão de círculos concêntricos ao redor do centro da cidade e passam a ser divididas em setores a partir do centro. Hoyt (1939) observou a tendência “autossegregativa” da população de alto nível socioeconômico, que passa a se concentrar ao longo dos eixos de circulação, que atravessa as “melhores” áreas da cidade – apesar de não ter cunhado este termo. Para Hoyt (1939), assim, a segregação passou a se referir a um processo voluntário no qual os grupos de nível socioeconômico mais elevado se estabelecerem ao longo deste setor (Figura 4).

Os distintos processos formativos e padrões espaciais descritos em Burgess (1925) e Hoyt (1939), posteriormente, desencadearam uma discussão sobre a terminologia utilizada. Esse debate será apresentado na próxima seção.

Figura 4. Modelos Urbanos de Burgess (1925) e Hoyt (1939).

Fonte: BURGESS (1925); HOYT (1939), adaptado.

2.2.2. Uma discussão sobre a terminologia

O enfoque nos processos formativos desencadeou a utilização de outros termos, como autosegregação, segregação voluntária e involuntária, guetos dourados, segregação induzida etc. (BLAKELY; SNYDER, 1997; GALSTER, 1987; MASSEY; DENTON, 1993; MUSTERD; OSTENDORF, 1998), bem como discussões sobre a necessidade de se adotar outras definições ou conceitos para se referir a processos formativos que divergiam dos descritos originalmente pela Escola de Chicago (MARCUSE, 2001).

De acordo com Marcuse (2001), para que o conceito de “segregação” não perca sua capacidade explicativa deve-se manter o sentido original, no qual o processo de gênese é involuntário, ou seja, um processo que a população era forçada a se agrupar em uma determinada área (guetos). Assim, a utilização de outros termos como “autosegregação” ou “segregação involuntária ou induzida” seriam oxímoros (MARCUSE, 2001).

Partindo deste mesmo pressuposto, Vasconcelos (2004, 2013) propõe que o uso do conceito de segregação seja limitado aos contextos em que a população é forçada a se instalar involuntariamente em uma determinada área e, portanto, seria um equívoco

utilizá-lo para explicar a realidade das cidades brasileiras, uma vez que os padrões de separação residencial resultam de outros processos.

No entanto, o que se pode observar nas formulações originais da Escola de Chicago é que apesar das divergências existentes entre os processos formativos dos padrões de segregação descritos por Burgess (1925) e Hoyt (1939), ambos utilizam o mesmo termo e o conceito de “segregação” de forma invariante. Demais termos como: “autossegregação”, “segregação involuntária, induzida ou voluntária”, não são empregados. Não porque se constituem em oximoros, como argumenta Marcuse (2001), mas porque existe uma flexibilidade inerente ao próprio conceito.

Independentemente das variações nos padrões espaciais e nos processos de gênese, sejam estes involuntários ou voluntários, a segregação, na sua formulação original, se refere ao processo indissociável entre aqueles que segregam e os que são segregados, cujo resultado espacial é a separação geográfica e/ou social dos diferentes grupos populacionais. Essa flexibilidade do conceito, ainda, possibilita a atualização dos seus conteúdos, já que tanto os processos formativos como os padrões espaciais podem variar tanto no tempo quanto no espaço.

2.2.3. A questão do contexto local

De forma geral, os modelos esquemáticos clássicos da Escola de Chicago eram modelos de cidades específicas, como Chicago, no caso de Burgess (1925). As áreas centrais, denominadas *Central Business District* (CBD), na América do Norte, exerciam uma função dominante nestas cidades, o que foi capturado pelos modelos (BATTY, 2008).

Uma terceira proposta, atribuída a Harris e Ullman (1945), no entanto, afirmava que nem todas as cidades apresentavam uma estrutura interna, ou padrões espaciais de segregação, como os observados por Burgess (1925) e Hoyt (1939). Dependendo de uma variedade de fatores (culturais, demográficos, topográficos, históricos, políticos etc.) as cidades podiam apresentar uma estrutura com múltiplos centros (núcleos), ao invés de um único (Teoria dos Núcleos Múltiplos). Assim sendo, as localizações residenciais dos distintos grupos populacionais e a segregação se dava de acordo com os diferentes processos e aspectos observados, que variavam para diferentes áreas urbanas, o que impossibilitava a proposição de um esquema único e genérico para todas as cidades (HARRIS; ULLMAN, 1945).

Firey (1945) também apresentou críticas em relação aos modelos esquemáticos propostos por Burgess (1925) e Hoyt (1939), afirmando que não correspondiam à realidade quando fatores naturais como rios, lagos, mar e o relevo, intervinham. O autor também criticou o enfoque econômico-biológico das análises de Burgess (1925) e Hoyt (1939), argumentando que os aspectos sociais e culturais eram insuficientemente reconhecidos na organização morfológica e social das cidades em ambas as propostas. Em consideração a esta limitação, Firey (1945) introduziu variáveis de valores sociais (como crenças religiosas, políticas e ideológicas) para explicar a segregação residencial.

Nota-se, tanto em Harris e Ullman (1945), como em Firey (1945), um movimento de crítica interna das bases teóricas da Escola de Chicago e a necessidade de inserção de elementos contextuais para compreensão da segregação. No que se refere às bases teóricas, houve a proposição do conceito de “áreas sociais”, definidas como áreas em que residem grupos sociais que apresentam similaridades entre si e diferenças em relação a outros grupos (SHEVKY; BELL, 1955), em detrimento do conceito de “áreas naturais”, utilizado no âmbito da escola da Ecologia Humana, e o método passou do etnográfico para empírico e operacional.

No estudo de Shevky e Bell (1955), por exemplo, a cidade de São Francisco foi analisada através de três índices distintos: urbanização, posição social e segregação que, de acordo com os autores, descreviam as principais forças atuando na formação das “áreas sociais”. Um estudo similar foi conduzido na cidade de Los Angeles (SHEVKY; WILLIAMS, 1949), porém, menos impactante. Posteriormente, as contribuições teóricas de Shevky e Bell (1955) foram desdobradas em um modelo teórico sobre a sociedade urbana referente ao período de industrialização (VAN ARSDOL et al., 1958).

De forma geral, as próprias críticas internas da Escola de Chicago já apontavam a necessidade de se considerar os aspectos contextuais na formação dos padrões espaciais de segregação. E ao incorporá-los, tanto na descrição dos padrões espaciais de segregação como na inferência sobre os processos formativos subjacentes, pode-se relacioná-los às tendências globais, especificando os elementos comuns e os particulares de cada área de estudo, o que se reflete em ganhos em termos de entendimento sobre o fenômeno.

A seguir será discutido como este aspecto contextual se refletiu no debate nacional sobre a segregação e no entendimento sobre o fenômeno no contexto das cidades brasileiras. Conjuntamente será analisada a relação entre os processos de gênese e os padrões de segregação consolidados em períodos anteriores, bem como a necessidade de

atualização dos seus conteúdos frente às alterações dos padrões espaciais e no processo de segregação, no período entre 2000 e 2010.

2.2.4. Padrões espaciais, multiescalaridade e processos formativos no contexto das cidades brasileiras

No Brasil, a literatura aponta para três mecanismos que contribuem para a conformação de padrões de segregação: 1º) a estrutura social e o mercado de trabalho, que se desdobra em uma pobreza urbana estrutural, advinda da economia capitalista dos países em desenvolvimento e, na formação de periferias; 2º) as estratégias do mercado imobiliário, que se refere à apropriação das melhores localidades, especulação da terra urbana e lucro a partir de mudanças de uso e ocupação; 3º) políticas estatais, que se refere ao poder do Estado em regular o território, seja através de zoneamentos, investimentos em infraestrutura urbana e obras públicas ou da remoção compulsória da população de baixo nível socioeconômico de certas localidades (TORRES et al., 2003).

As primeiras pesquisas que relacionaram processos sociais ao macro padrões de segregação os descreviam como centro-periferia, em alusão ao modelo esquemático de Burgess (1925) onde as elites ocupavam as localizações próximas ao centro, equipadas de serviços e infraestruturas urbanas, enquanto a população com nível socioeconômico mais baixo se localizava nas periferias distantes e desprovidas de infraestruturas urbanas (BONDUKI; ROLNIK, 1982; CAMARGO, 1976; KOWARICK, 1979; MARICATO, 1979; SANTOS, 1978).

Para estes autores, o processo de industrialização tardia desencadeou a desinserção de um contingente significativo da população como mão de obra no processo produtivo, majoritariamente migrante das áreas rurais e, como consequência, houve uma expansão do trabalho autônomo e informal e a superexploração da força de trabalho (KOWARICK, 1979; MARICATO, 1979; SANTOS, 1978). Estes processos desencadearam a formação de um contingente populacional submetido a rendimentos irrisórios que ocupou as periferias através da autoconstrução de residências em terrenos baratos (pela falta de infraestrutura e serviços urbanos) ou terrenos públicos (BONDUKI; ROLNIK, 1982; KOWARICK, 1979; MARICATO, 1979; SANTOS, 1978; VETTER; MASSENA, 1981).

O que se pode observar como tendência geral na literatura do período é que a perspectiva socioeconômica com caráter de denúncia social, e destaque para os grupos de nível socioeconômico mais baixo, predominou no debate (MARQUES, 2014). Hoje,

porém, sabe-se que a segregação por cor não é insignificante (CARVALHO; BARRETO, 2007; FERREIRA, 2018; FRANÇA, 2016; MOURA; FEITOSA, 2019; TELLES, 1992).

O foco das pesquisas nos estratos sociais mais baixos e na formação das periferias fez com que a definição de segregação se tornasse ambígua ao longo do tempo (MARQUES, 2004; TORRES, 2004), o que posteriormente se refletiu em associações entre segregação e outros processos, como de exclusão social (FACCIO, 2011; MARISCO, 2003; MEDEIROS, 2012; NUNES, 2007), desigualdade social e de renda (LAGO, 2000; MELAZZO, 2006; RIBEIRO, 2010; TELLES, 1995), acesso desigual a serviços e infraestrutura urbana (BICHIR, 2006; CUNHA; JIMÉNEZ, 2006; VETTER; MASSENA, 1982) e ao mercado imobiliário (ABRAMO; FARIA, 1998; SMOLKA, 1983), formação de espaços periféricos (BONDUKI; ROLNIK, 1982) ou vulnerabilidade social e civil (KOWARICK, 2009).

No final de década de 1990 e início de 2000 surgiram pesquisas que buscavam explicar o processo de sobreposição, sob uma perspectiva microescalar, dos novos padrões espaciais de segregação aos já consolidados em períodos anteriores (macro padrão centro-periferia), apontando para um processo de aproximação geográfica entre os diferentes grupos socioeconômicos, no entanto, mantendo a separação social. Êxodo rural, aumento do desemprego, expansão da economia informal, aumento das desigualdades, empobrecimento da população e o deslocamento no campo da percepção da violência urbana e da produção imobiliária (CALDEIRA, 2000; LAGO, 2000; TORRES et al., 2003) foram algumas causas citadas como fatores explicativos para a proliferação de favelas e núcleos de pobreza no território e a heterogeneização das áreas periféricas (MARQUES; TORRES, 2004), devido ao aumento dos condomínios fechados destinados à elite nestas localidades (CALDEIRA, 2000; COY; PÖHLER, 2002).

Para Villaça (1998), porém, independentemente da multiplicação dos condomínios fechados e núcleos de pobreza, a segregação nas metrópoles apresenta um macropadrão análogo ao modelo esquemático de Hoyt (1939), onde a elite se concentra em um eixo que vai do centro em direção à periferia, se apropriando das “vantagens” do espaço urbano através das localizações com melhor acesso às amenidades, infraestruturas urbanas e de serviços, ocupando, normalmente (mas não somente) terrenos mais caros (VILLAÇA, 1998). Apesar de o autor ressaltar a tendência da elite a se concentrar e se apropriar das “melhores” localizações urbanas, definidas pela combinação entre as amenidades físicas do território e a maior acessibilidade às infraestruturas urbanas que condicionam os fluxos de deslocamento entre as residências e os locais de comércio, serviços e lazer, o termo

“autossegregação” não é esboçado na análise, o que demonstra a compreensão da inseparabilidade entre o par: “autossegregação – segregação” (VILLAÇA, 1998).

De forma geral, pode-se concluir que as distintas perspectivas nas pesquisas sobre segregação nas cidades brasileiras já demonstravam a necessidade de analisar de forma multiescalar os seus padrões espaciais, considerando que estes dependem das trajetórias históricas locais, apontando, também, para imprescindibilidade de atualização dos conteúdos referente aos processos formativos da segregação que variam com o tempo. Em algumas pesquisas, como de Villaça (1998) e Marques e Torres (2004), percebe-se, ainda, o avanço no entendimento da segregação como um processo indissociável entre os que se segregam e os segregados.

No início dos anos 2000, mudanças nos aspectos políticos e econômicos ocorreram no país. Houve um rápido crescimento econômico, devido ao “*boom* das commodities”: uma demanda crescente pelos produtos agrícolas, petróleo e metais exportados pelo Brasil (PETRAS, 2014). Este período de crescimento econômico apresentou uma redução do desemprego, formalização de empregos, aumento dos salários dos trabalhadores pouco qualificados e aumento da escolaridade média em todos os grupos populacionais (MARQUES, 2014) e possibilitou a adoção de um salário mínimo de R\$510 em 2010, valor acima da inflação, que significou ganhos econômicos reais para a população de baixa renda.

Além disso, permitiu a implementação de políticas sociais de transferência de renda, através do programa “Bolsa Família” do governo federal, destinado às famílias em situação de extrema pobreza, e de políticas de acesso à educação, através do programa ProUni (Programa Universidade para Todos), aprovado em 2005, e do programa Brasil Alfabetizado, criado em 2003. Como resultado, a taxa de analfabetismo entre indivíduos de até 15 anos no período de 2003 a 2010 também diminuiu de 13,63% para 9,6% no Brasil (IBGE, 2010), o número total de matrículas no ensino superior também aumentou 81% no período de 2003 a 2012 (PNUD, 2013; IPEA, 2013; FJP, 2013). Em termos gerais, pode-se afirmar que houve uma redução nas desigualdades sociais e econômicas (MARQUES, 2014, 2016a).

No final deste período, ainda, políticas urbanas de habitação popular foram aprovadas com o intuito de minimizar o déficit habitacional no país. Estas assumiram um modelo de inclusão via ampliação do mercado, através do programa “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV) do governo federal, que estimulou a produção de casas, no estilo

condomínial, e ofertou subsídio através da disponibilidade de crédito para a aquisição de moradia via mercado imobiliário (ROLNIK, 2015).

Para tanto, o programa visava a atender três faixas de renda na primeira fase com subsídios decrescentes: a primeira, de zero a três salários mínimos (em valores nominais em rendas até R\$1.395), a segunda, de três a seis salários mínimos (R\$1.395 a R\$2.790) e a terceira, de seis a dez salários mínimos (R\$2.790 a R\$4.650).

Essa segmentação em faixas de renda se desdobrou em uma tendência de diversificação das habitações no estilo condomínial, que deixaram de ser acessíveis apenas para a elite e para as classes de maior nível socioeconômico e passam a ser uma possibilidade para os outros grupos. Para Rolnik (2015, p. 253), “os condomínios fechados extrapolaram as fronteiras das classes sociais, se constituindo em um modelo urbanístico para a sociedade”.

A primeira faixa adquire residências quase completamente subsidiadas. A seleção das famílias é feita pelo governo local e as habitações são construídas por empresas privadas. No que se refere à faixa 1, os terrenos são providenciados pelo governo local junto ao FAR (Fundo de Arrendamento Residencial). Onde os governos locais conseguiram, efetivamente, utilizar as Zonas Espaciais de Interesse Social (ZEIS) para implementação de projetos destinados a faixa 1 do programa, o MCMV gerou um número significativo de habitações bem localizadas, com acesso às infraestruturas urbanas de serviços, transporte e comércio (KLINK; DENALDI, 2014; MARQUES; RODRIGUES, 2013). Nas cidades não metropolitanas, no entanto, os projetos destinados a faixa 1 do programa se concentraram, majoritariamente, em áreas periféricas nos limites de expansão da mancha urbana (KLINK; DENALDI, 2014).

A aquisição das moradias para a segunda e terceira faixa é feita diretamente com a incorporadoras. A Caixa Federal fornece subsídio de uma porcentagem do valor do imóvel e financia o débito. No caso das faixas 2 e 3, a escolha dos terrenos, do projeto e *design* ficam sob decisão das incorporadoras (ROLNIK, 2015). Por se constituírem em empreendimentos de pequeno e médio porte, a localização dos projetos destinados às faixas 2 e 3 assumiram um padrão mais disperso, em terrenos disponíveis nas áreas urbanas (MARQUES; RODRIGUES, 2013).

A lógica das localizações destes empreendimentos associados ao MCMV, bem como o processo de diversificação dos condomínios fechados como tendência geral, fez com que os padrões de segregação mantivessem uma relação multiescalar. A periferia foi mantida enquanto localização dos grupos socioeconômicos de nível mais baixo, no

entanto, se tornou mais fragmentada e heterogênea em 2010 (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016; MARQUES; RODRIGUES, 2013) e a elite expandiu sua localização das áreas centrais às periféricas (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016). No que tange à macroescala, evidências apontam para a manutenção dos padrões de segregação no que concerne aos espaços metropolitanos (MARQUES, 2016; MARQUES; RODRIGUES, 2013; ROLNIK, 2015).

No aspecto local, a diversificação dos condomínios fechados fez com que sua implementação se desse de forma hierarquizada nas áreas urbanas. Enquanto empreendimentos populares se mantiveram nas periferias, outros, destinados à população de nível socioeconômico médio, se multiplicaram em localidades, predominantemente, não-periféricas (MARQUES; RODRIGUES, 2013). Os espaços dos grupos de nível socioeconômico mais elevado, que se referem a setores específicos das cidades, se tornaram mais homogêneos em 2010, em decorrência da multiplicação de condomínios de alto padrão (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016). Estes resultados reforçam que estes grupos assumem um padrão de “evitação social” em relação aos outros (MARQUES, 2016, p. 155).

Com base na discussão apresentada nesta seção, nota-se que a maioria das pesquisas focam nos espaços metropolitanos. A seguir, discute-se acerca dos espaços das cidades médias.

2.2.5. A segregação e as cidades médias brasileiras

Novas formas de segregação, associadas ao aumento dos desenvolvimentos imobiliários no estilo condominial, podem ser observadas nas cidades médias nas últimas décadas (SPOSITO, 2007). Durante os anos 1990, diversas pesquisas apontaram para um processo de multiplicação dos condomínios fechados destinados à população de maior poder aquisitivo em diversas cidades médias paulistas, o que se refletiu em transformações em termos de sociabilidade, reestruturação intraurbana (ARAÚJO, 2013; LEME, 1999; SOBARZO, 1999; SPOSITO, 2003, 2006; ZANDONADI, 2008) e aumento na concentração e no isolamento da população de alto nível socioeconômico em setores específicos (FEITOSA et al., 2007).

Algumas diferenças entre os condomínios alocados nas cidades médias e nos espaços metropolitanos, neste período, foram elencadas por Sposito (2007): a primeira

está relacionada ao menor valor de troca das habitações² e a inclusão de segmentos de médio poder aquisitivo nestes espaços e a segunda refere-se à localização preferencialmente periférica dos condomínios de alto padrão, devido à maior acessibilidade e o fácil deslocamento decorrente de um sistema viário menos denso (SPOSITO, 2007). O segundo ponto de divergência é particularmente importante e se relaciona intrinsecamente com as descobertas de Leme (1999). Para o autor, o aumento dos loteamentos e condomínios fechados, superior ao crescimento populacional, indicou processos de valorização territorial e especulação imobiliária ocorridos neste período, voltados a auferir maiores lucros possíveis aos incorporadores (LEME, 1999). Estes processos configuraram setores radiais macroescalares de expansão urbana e valorização não-espontânea, ou seja, produzidas por agentes que atuam no espaço intraurbano (LEME, 1999).

Para compreender os fatores que atuam nestes processos em nível intraurbano, todavia, é necessária uma articulação com as dinâmicas observadas em escala regional (CORRÊA, 2007; SPOSITO et al., 2007). Alguns processos observados em escala regional que determinaram a reestruturação socioespacial em nível intraurbano das cidades médias no período (SPOSITO et al., 2007) são: a desconcentração espacial dos capitais produtivos industriais em direção às cidades do interior, promovida por iniciativas do II Programa Nacional de Desenvolvimento (PND) no período de 1975 a 1979; o aprimoramento dos sistemas de transporte e telecomunicações; o surgimento de formas contemporâneas de organização espacial das atividades econômicas ligadas ao setor terciário (como *shoppings centers*, por exemplo); e o consumo de bens e serviços especializados ligados à modernização do setor agropecuário.

Mais recentemente, mudanças decorrentes de fatores macroeconômicos e a aprovação de políticas habitacionais, como o MCMV, podem ser observadas no espaço intraurbano das cidades médias (MELAZZO, 2015). Incorporadoras de capital internacional que operam em larga escala – como a empresa mexicana Homex – estão edificando condomínios residenciais destinados a residências médias e pequenas (imóveis tem até 40m²) através do financiamento do programa MCMV, em inúmeras cidades de

² O menor valor de troca, se comparado com os espaços metropolitanos, está relacionado à maior disponibilidade de terra urbana e menor custo de vida, mesmo considerando os serviços necessários para a manutenção destes espaços (serviços de jardinagem, limpeza doméstica e de piscinas, restauração de edificações e pinturas etc.) (SPOSITO, 2007).

médio porte, como Marília (SP), Foz do Iguaçu (PR), Marabá (PA) e São José dos Campos (SP) (SPOSITO, 2013; SPOSITO; GÓES, 2013).

Para Melazzo (2015), essa diversificação demonstra novas estratégias adotadas pelas incorporadoras para capturar diferentes segmentos de mercado para a realização do lucro dessas empresas. Essa diferenciação não ocorre apenas em termos de qualidade das habitações, mas também em termos de localização. Enquanto empreendimentos destinados às faixas de renda mais baixa encontram-se, predominantemente, em áreas periféricas nas franjas de crescimento urbano (ARAUJO, 2013; MELAZZO, 2015), afastados de escolas, postos de saúde públicos, e com ausência de outras infraestruturas e serviços urbanos (ARAUJO, 2013; SPOSITO, 2013; SPOSITO; GÓES, 2013), os desenvolvimentos destinados às faixas de rendimento intermediárias localizam-se nas periferias consolidadas ou em terrenos disponíveis em setores mais valorizados da cidade (MELAZZO, 2015).

As localizações diferenciadas conforme as faixas de renda atendidas pelo programa MCMV são similares ao apresentado pela literatura no que diz respeito aos espaços metropolitanos (ROLNIK et al., 2015). Algumas divergências, porém, são descritas em termos de distância das áreas centrais. No caso das metrópoles, a maioria está a 20km ou mais das áreas centrais, como apontam Rolnik et al. (2015). Nas cidades médias as distâncias são significativamente menores (em média 4,2km), mesmo assim, predominam localidades com baixa acessibilidade, uma vez que o transporte coletivo, principalmente em termos de frequência de serviços e trajetos não radiais (em direção ao centro), não atende às demandas (SPOSITO, 2013; SPOSITO; GÓES, 2013).

No que se refere aos processos de mudanças de direção nas estratégias de atuação das incorporadoras, Melazzo (2015) afirma que estão diretamente relacionadas aos bancos de terra (*land banks*), cada vez mais extensos nas cidades médias. Os bancos de terra estão estreitamente relacionados ao processo de financeirização do capital imobiliário no Brasil e podem ser definidos como a prática de agregar terrenos, mantidos por uma organização pública ou privada, para desenvolvimentos futuros (ARAUJO, 2013; MELAZZO, 2013). Os bancos de terra, ainda, são utilizados não apenas como meio de garantir a construção dos empreendimentos imobiliários, mas também são estratégias de capitalização das empresas que extraem, destes bancos, renda fundiária (MELAZZO, 2013, 2015).

Os resultados espaciais do controle de extensos bancos de terra e captura de renda fundiária são: 1º) a uma maior diferenciação espacial intraurbana nas cidades médias, 2º)

processo de valorização induzida de determinados setores das cidades, com objetivo de expandir a renda fundiária extraída e a rentabilidade das empresas, e 3º) ampliação das desigualdades socioespaciais (BARCELLA; MELAZZO, 2020).

O que se pode concluir a partir da discussão apresentada sobre as alterações nos padrões de segregação é que sua dinâmica está associada a empreendimentos no estilo condominial e a processos de diferenciação e valorização espacial que têm ocorrido desde os anos 1990, como aponta Leme (1999). Mais recentemente, estes processos são decorrentes da formação de bancos de terras e captura de rendas fundiárias (ARAUJO, 2013; BARCELLA; MELAZZO, 2020; MELAZZO, 2013, 2015) e diversificação dos condomínios fechados, em termos de valor de troca e localizações (DAL POZZO, 2011; MELAZZO, 2013, 2015; SPOSITO, 2013; SPOSITO; GÓES, 2013; ZANDONADI, 2008).

Apesar dos interessantes *insights* teóricos sobre os processos observados nas cidades médias, e o aumento da segregação no período, não existem evidências quantitativas que o comprovem, muito menos a hipótese de que o agravamento está relacionado à multiplicação e diversificação dos condomínios fechados. A próxima seção discute as abordagens utilizadas para mensurar o fenômeno e explorar sua dinâmica.

CAPÍTULO III

Índices de segregação e modelagem baseada em agentes

Este capítulo visa a discutir os fundamentos teóricos e metodológicos desta pesquisa, compostos de duas abordagens distintas, ainda que complementares: índices espaciais de segregação, que permitem quantificar e analisar as alterações nos padrões espaciais da segregação e modelagem baseada em agentes, que possibilita simular o processo de alteração dos padrões de segregação de forma dinâmica e espacialmente explícita. A adoção das abordagens acima mencionadas para o estudo da segregação é baseada nos estudos de Feitosa e colegas (FEITOSA et al., 2007, 2010).

O capítulo está organizado em duas seções. A primeira discute os diferentes índices apresentados na literatura e como cada um possui uma concepção distinta do que se constitui uma situação de segregação, discute as limitações dos índices de segregação considerados não-espaciais, debate as propostas de espacialização e apresenta um levantamento das pesquisas brasileiras que utilizam índices de segregação como metodologia. A segunda seção apresenta os fundamentos teóricos da Teoria da Complexidade e das suas ferramentas: os modelos baseados em agentes. Esta seção busca, ainda, apresentar os modelos aplicados à simulação da segregação residencial existentes na literatura.

3.1. Índices de segregação

Apesar de o debate sobre a segregação residencial estar presente no Brasil, até o início dos anos 2000, existiam poucos estudos dedicados a mensurá-la (TORRES, 2004). A predominância da abordagem qualitativa no Brasil pode ser explicada, em parte, pelas dificuldades inerentes à definição de segregação e suas dimensões espaciais, como discutido no segundo capítulo³, e porque a tradição internacional se concentrou na medição da separação espacial de grupos raciais, enquanto no Brasil o foco era segregação socioeconômica (TORRES, 2004).

Nas últimas décadas, porém, a importância de mensurar o fenômeno, através de índices de segregação que possuem o objetivo de caracterizar seus padrões espaciais e

³ Soma-se a isso o fato de que definições objetivas do que se constitui em segregação raramente estão presentes na literatura nacional. É comum que as definições fiquem subjacentes às teorias sobre os processos formativos que desencadeiam os padrões espaciais de segregação observados empiricamente (LAGO, 2006).

contribuir com a construção teórica sobre seus processos formativos, têm sido evidenciada nas pesquisas empíricas (BICHIR, 2006; CUNHA; JIMÉNEZ, 2006; FEITOSA et al., 2007; FERREIRA, 2018; MARQUES; TORRES, 2004; OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2015; PRADO, 2012; ROCHA, 2011; TORRES, 2004). Desafios na caracterização e entendimento da segregação demandam ferramentas que possibilitem análise multiescalar e multidimensional (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento), como discutido no Capítulo II.

3.1.1. As definições e reflexos na operacionalização dos índices de segregação

Existem inúmeras propostas de índices de segregação na literatura. Levantamentos abrangentes e discussões sobre seus aspectos operacionais foram desenvolvidos por Massey e Denton (1988), Reardon e Firebaugh (2002) e, mais recentemente, por Yao et al. (2017). Apesar do volume significativo de índices existentes, sabe-se que o índice de segregação mais popular é o de dissimilaridade, proposto por Duncan e Duncan (1955), seguido do índice de isolamento e exposição de Bell (1954) e do índice da Teoria da Informação (H) de Theil e Finizza (1971). Cada índice – não se restringindo aos citados acima –, no entanto, parte de concepções teóricas diferentes do que constitui uma situação de segregação, aspecto que impacta nos princípios operacionais sob os quais os índices são desenvolvidos (YAO et al., 2017).

O índice de exposição e isolamento, por exemplo, refere-se ao contato potencial entre membros dos diferentes grupos populacionais (e entre membros do mesmo grupo, no caso do isolamento), levando em consideração a probabilidade de um membro de um determinado grupo populacional dividir uma determinada área com membros do mesmo (isolamento) ou do outro grupo (exposição) (BELL, 1954). Assim, assume que indivíduos que estão mais próximos geograficamente têm maior probabilidade de contato. O índice é operacionalizado através do cálculo da proporção média do grupo n (ou do grupo m , no caso do isolamento) na unidade de área de cada membro do grupo m (BELL, 1954). Na concepção do índice de exposição e isolamento, uma situação de segregação é evidenciada através da baixa exposição entre os membros dos diferentes grupos ou do alto valor de isolamento entre os membros do mesmo grupo populacional.

O índice de dissimilaridade (D), por sua vez, foi concebido a partir da ideia de que uma situação de “segregação” se constituía no extremo oposto de “assimilação”, ou seja, em uma distribuição desigual entre os membros dos diferentes grupos populacionais (CORTESE et al., 1976). É operacionalizado através de uma medida que compara a

proporção de membros de um determinado grupo populacional que deve se mudar para que haja uma distribuição espacial homogênea entre os dois grupos populacionais (DUNCAN; DUNCAN, 1955). Para o índice da Teoria da Informação (H) a segregação é compreendida como ausência de diversidade na área de estudo. Operacionalmente, o índice compara a entropia local com a global. A entropia, por sua vez, compara a situação da diversidade existente na área de estudo a uma situação de diversidade máxima ou ideal entre os grupos populacionais (THEIL; FINIZZA, 1971). Por exemplo, em uma área de estudo com cinco grupos populacionais, a diversidade máxima (entropia) é alcançada quando a proporção para cada grupo é de 20%.

O principal ponto de divergência entre os autores sobre qual índice ou quais índices de segregação utilizar, refere-se à própria definição de segregação adotada ou quais critérios devem ser levados em consideração para mensurá-la e caracterizá-la (JAMES; TAEUBER, 1985). A adoção do conceito de Bell (1954) de segregação implicou na utilização do índice de isolamento e exposição por parte de pesquisadores como Johnston et al. (2004) e Lieberman e Carter (1982). Outros autores, a exemplo de Erbe (1975), Lieberman (1961) e Peach (1980), partilham da perspectiva de Duncan e Duncan (1955) e utilizam o índice de dissimilaridade (D). Wilkes e Iceland (2004), por outro lado, utilizaram cinco índices (dissimilaridade, exposição, delta, centralização e agrupamento) para mensurar a segregação de 29 metrópoles norte-americanas, onde cada um caracteriza uma dimensão da segregação, baseando-se na proposta conceitual de Massey e Denton (1988).

Partindo das abordagens de Brown e Chung (2006), Sabatini e Sierralta (2006) ou Reardon e O'Sullivan (2004), são necessários dois índices para mensurar a segregação em ambas as suas dimensões espaciais. No que se refere à caracterização da dimensão exposição (ou isolamento), existe um consenso entre os pesquisadores na adoção do índice de exposição ou isolamento⁴ (REARDON; FIREBAUGH, 2002; REARDON; O'SULLIVAN, 2004). Para caracterizar a dimensão dispersão (ou agrupamento), porém, existe uma variedade de índices, como o Gini, de segregação residencial (NSI), da teoria da informação (H), e dissimilaridade (D), entre outros. O índice de dissimilaridade ainda pode ser considerado o mais utilizado, apesar das avaliações criteriosas de Reardon e

⁴ Na essência, os índices de isolamento e exposição são o mesmo índice. O índice de isolamento é apenas um caso específico do índice de exposição, no qual é computada a exposição entre membros de um mesmo grupo populacional.

Firebaugh (2002) e Reardon e O'Sullivan (2004) apontarem o índice da teoria da informação como o mais idôneo.

Salienta-se que apesar de serem apresentadas separadamente, discussões a respeito das diferentes definições, dimensões espaciais da segregação e a operacionalização dos índices estão profundamente interconectadas ao longo do tempo. A proposta de Reardon e O'Sullivan (2004) referente ao fato de que a segregação deve ser caracterizada em duas dimensões espaciais (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento), por exemplo, é um desdobramento de análises sobre as limitações metodológicas e operacionais dos índices de segregação. Um dos aspectos que norteia os avanços conceituais e metodológicos dos índices é a disponibilidade de dados espaciais (WONG, 2016).

A seguir apresentam-se as discussões sobre as limitações dos índices de segregação e, posteriormente, as propostas para superá-las.

3.1.2. Limitações metodológicas e operacionais dos índices tradicionais

Debates acerca das limitações dos índices de segregação se referem a quatro aspectos principais: 1º) a natureza não-espacial dos índices tradicionais, 2º) a questão da agregação de dados, 3º) a comparabilidade dos índices de segregação quando computados para diferentes áreas de estudo ou diferentes períodos de tempo, e 4º) o caráter genérico de índices tradicionais.

A natureza não-espacial do índice de dissimilaridade (D)⁵ foi demonstrada por White (1983) a partir do hipotético “problema do tabuleiro de xadrez”, no qual o índice produziu o mesmo resultado para diferentes configurações espaciais entre dois grupos populacionais. Inclusive, se cada unidade de área é dominada por um único grupo populacional, o valor de (D) será sempre 1, independentemente da predominância de outros grupos nas áreas vizinhas (MORRIL, 1991; WHITE, 1983; WONG, 2003).

A Figura 5 ilustra este problema. Embora o arranjo (b) seja considerando mais segregado na percepção da maioria das pessoas, o valor do índice (D) é o mesmo para todos os arranjos nas “peças do tabuleiro”. Embora a natureza da não-espacialidade dos índices de segregação tenha sido ilustrada no índice de (D), ela pode ser estendida à

⁵ Diversos pesquisadores consideram o índice de dissimilaridade (D) um índice não-espacial, no entanto, existe uma espacialidade implícita ao (D) (REARDON; O'SULLIVAN, 2004a). O pressuposto geral que orienta a interpretação dos resultados do índice é que as alterações nos valores estariam relacionadas diretamente às transformações nos padrões espaciais da segregação (DUNCAN; DUNCAN, 1955).

maioria dos índices que desconsidera o arranjo espacial entre as unidades de área onde os dados populacionais são agregados (WONG, 2016).

Figura 5. Problema do tabuleiro de xadrez.

Fonte: YAO et al. (2017, p. 3).

Ressalta-se ainda que apesar de existirem diversas propostas de espacialização dos diferentes índices de segregação, como será apresentado na próxima seção, uma significativa maioria dos estudos empíricos ainda utiliza índices não-espaciais. Possivelmente a preferência em direção aos índices não-espaciais ocorre devido à sua simplicidade técnica (WONG, 2003). Enquanto índices não-espaciais podem ser facilmente calculados com o auxílio de uma planilha eletrônica, as medidas espaciais de segregação demandam a utilização de informações geográficas e ferramentas como Sistemas de Informações Geográficas – SIG (WONG, 2003).

Um segundo problema refere-se à questão da agregação de dados em unidades de área sob as quais aplicam-se os índices de segregação tradicionais. Os pesquisadores afirmam que aplicar índices de segregação em dados agregados em unidades de área pode reduzir as informações espaciais dentro da área de estudo, uma vez que cada unidade de área discreta pode ser considerada um elemento separado de seu entorno e seus limites

vistos como uma barreira para a interação entre os grupos populacionais, representando um falso senso de variações abruptas nas características da população e, erroneamente, implicando que não há relação espacial entre elas (CATNEY, 2018; WONG, 2016; YAO et al., 2017). Além disso, comumente assume-se que os limites das unidades de área – geralmente definidos por instituições governamentais que se baseiam em critérios administrativos ou operacionais – coincidem com os da realidade, o que raramente acontece (CATNEY, 2018; REY; FOLCH, 2011).

Pesquisas ainda demonstram que alterações nas unidades de agregação de dados afetam os resultados dos índices de segregação. Por exemplo, dados agregados em unidades de área menores geralmente resultam em um maior grau de segregação quando se aplica o índice de Dissimilaridade (D) (WONG, 1997). As limitações citadas anteriormente, decorrentes da agregação de dados, estão relacionadas ao MAUP (*Modifiable Areal Unit Problem*) (OPENSHAW, 1989). Este segundo problema está intrinsecamente relacionado com um terceiro: a comparabilidade dos índices de segregação quando computados para diferentes áreas de estudo ou diferentes períodos de tempo.

Diversos estudos utilizam os índices tradicionais para comparar a situação da segregação em diversas cidades e períodos de tempo (JOHNSTON et al., 2004, 2007; WILKES; ICELAND, 2004). No entanto, como as unidades de agregação de dados podem variar de uma área de estudo para outra e ao longo do tempo – frequentemente, são subdivididas em unidades menores à medida que a população aumenta em uma mesma área de estudo – interpretações errôneas podem sugerir um aumento ou diminuição da segregação ou apontar que uma área de estudo é mais segregada que outra (WONG, 1997).

Finalmente, o quarto ponto de discussão é o caráter genérico dos índices que resumem a situação de segregação a um único valor (comumente entre 0 e 1), desconsiderando variações locais nos níveis de segregação e falhando em representá-las visualmente (BARROS; FEITOSA, 2018; FEITOSA et al., 2007; O’SULLIVAN; WONG, 2007; REARDON; O’SULLIVAN, 2004; WONG, 2003). De acordo com O’Sullivan e Wong (2007) críticas a respeito do caráter global dos índices de segregação estão relacionadas a uma mudança de paradigma dentro das pesquisas quantitativas, em busca por métodos e técnicas de decomposição de estatísticas globais em seus constituintes locais para explorar e compreender melhor os processos espaciais e as especificidades locais (FOTHERINGHAM, 1997).

Abordagens que minimizam os diferentes problemas citados aqui, de forma total ou parcial, foram desenvolvidas nas últimas décadas. A seguir serão apresentadas as distintas propostas, discutindo quais as principais vantagens e desvantagens.

3.1.3. Abordagens de espacialização dos índices de segregação

Levando em consideração as questões apresentadas na seção anterior sobre as limitações dos índices de segregação tradicionais, esforços têm sido empreendidos para desenvolver índices espaciais de segregação. A maioria das propostas baseia-se na distância como principal métrica para análise da relação espacial entre grupos populacionais, podendo ser operacionalizada através funções de distância ou reduzida à adjacência entre unidades de área (YAO et al., 2017).

A adjacência foi amplamente utilizada para representar a interação entre as unidades de área nas quais os limites operam como uma barreira intransponível à interação. Morril (1991) propôs um índice de dissimilaridade ajustado, com base na adjacência, considerando que a população dentro das unidades de área que compartilham fronteiras tem maior probabilidade de interagir. Duas adaptações do índice de dissimilaridade ajustado foram propostas, posteriormente, por Wong (1993): uma levando em consideração a extensão do limite compartilhado entre as unidades de área - $D_{(w)}$ e, a outra, a compactação das unidades adjacentes - $D_{(s)}$. Wong (1993) sugere que quanto mais extenso os limites compartilhados entre as unidades de agregação de dados e menos compactas em sua geometria, maior a possibilidade de interação entre populações pertencentes a diferentes unidades de área.

De forma similar, Wong (1998, 2005) propôs uma abordagem baseada em contagem populacional composta e na variação da dimensão da vizinhança, que consistia em incluir na contagem populacional da unidade de referência a contagem populacional das unidades adjacentes de primeira, segunda, terceira ordem etc. A utilização de diferentes tamanhos de vizinhança no cálculo dos índices seria uma estratégia para análise da segregação de forma multiescalar (WONG, 2005).

A adoção da adjacência das unidades de área como metodologia de espacialização dos índices, no entanto, parte da suposição de que interações ocorrem de forma homogênea entre as unidades de áreas, desconsiderando que as interações sociais entre os membros de diferentes grupos decaem com a distância geográfica. Outra gama de índices espaciais, porém, parte dessa premissa.

Jakubs (1981) foi um dos pioneiros a propor modificações no índice de dissimilaridade (D), de forma a considerar a distância envolvida em realocar membros dos diferentes grupos socioeconômicos para configuração de uma distribuição espacial uniforme. Morgan (1983) propõe modificações no índice espacial de Jakubs (1981), no entanto, adotando outra definição do que se constitui uma situação de segregação total.

O índice de proximidade espacial (*Spatial Proximity* – SP), desenvolvido por White (1983), pode ser considerado desta mesma categoria de índices, mas se baseia em uma outra lógica. Operacionalmente é calculado utilizando a proporção entre a média das distâncias entre membros do mesmo grupo e o restante da população (WHITE, 1983). O índice, porém, é altamente sensível às alterações na composição populacional, o que dificulta a comparação entre áreas de estudo e entre datas, além de não possuir equivalência espacial local, ou seja, o índice não pode ser decomposto em versões locais, que abranjam as variabilidades internas da segregação na área de estudo (REARDON; O’SULLIVAN, 2004).

Reardon e O’Sullivan (2004) adaptaram as ideias de White (1983) e Wong (1998) para espacialização dos índices de segregação (dissimilaridade, da teoria da informação, exposição, entre outros), levando em consideração os efeitos da distância na contagem populacional composta. Para tanto, empregaram um cálculo de densidade *kernel* com uma função de decaimento de acordo com a distância, utilizando pontos localizados no espaço urbano com informações residenciais dos chefes de família. Uma proposta similar também foi aplicada por Lan et al. (2019).

O uso de dados de localizações individuais também figura na proposta de espacialização do índice de segregação de Östh et al. (2015), que utiliza limiares fixos para o tamanho da vizinhança com base em uma função de contagem populacional composta, em vez de distância. Dados de localização individual, porém, dificilmente estão disponíveis em órgãos governamentais por questões de segurança e manutenção do sigilo pessoal e levá-los pode se tornar custoso e demandar muito tempo (FEITOSA et al., 2007; WONG, 1993).

Feitosa et al. (2007) propuseram uma espacialização dos índices de segregação (dissimilaridade, exposição, isolamento e o *neighbourhood sorting index* - NSI) que possuem aspectos similares à proposta de Reardon e O’Sullivan (2004), considerando também os efeitos da distância na contagem populacional composta, através de uma função *kernel* de decaimento com a distância. A metodologia, no entanto, utiliza dados agregados, em detrimento do uso de pontos de localização individual, um aspecto que

facilita sua aplicação, dada a indisponibilidade de dados de localização individual. A proposta ainda vislumbrou equivalência espacial local dos índices de segregação, a partir do desenvolvimento de versões espaciais locais que ilustram os padrões espaciais e a variabilidade interna da segregação na área estudo, através de mapas coropléticos.

Ressalta-se que a natureza dos índices de dissimilaridade, da teoria da informação, exposição e isolamento permitem sua decomposição em versões espaciais locais. Estes índices, no entanto, são mais adequados para variáveis categóricas (raça e etnia) do que para variáveis contínuas (renda e anos de estudo) e, quando aplicados a variáveis contínuas categorizadas, apresentam uma limitação: a perda inerente de informações (FEITOSA, 2005).

Para este estudo, os índices espaciais locais desempenham um papel particularmente importante, uma vez que o objetivo é analisar as mudanças nos padrões espaciais de segregação em Marília (2000 e 2010). A adoção de índices espaciais que utilizam uma função *kernel* possibilita a comparação entre datas distintas, minimizando os problemas metodológicos advindos do uso de diferentes tamanhos de unidades de agregação de dados (WONG, 1997), uma vez que a escala de análise é determinada pela largura de banda empregada no cálculo. Soma-se a isso o fato de que a adoção de diferentes parâmetros de largura de banda na função *kernel* possibilitam análises multiescalares.

A próxima subseção se dedica a analisar os trabalhos que fazem uso de índices de segregação para analisar o fenômeno nas cidades brasileiras, empiricamente. Discute-se, principalmente, quais índices foram utilizados.

3.1.4. Índices de segregação aplicados às cidades brasileiras

Apesar de as conclusões dos estudos quantitativos sobre os padrões espaciais segregação nas cidades brasileiras terem sido mencionadas no Capítulo II desta tese, esta seção visa a discutir especificamente as variações nos tipos de índices de segregação utilizados e as contribuições, destes estudos, em termos metodológicos.

As pesquisas de Telles (1992, 1995) podem ser consideradas pioneiras na medição da segregação das cidades brasileiras. O autor aplicou índices de segregação (Dissimilaridade, Entropia e Gini), considerados não-espaciais, para quantificar a segregação socioeconômica e racial das 40 maiores cidades brasileiras no período. No que se refere às conclusões sobre a segregação por raça, Telles aponta que esta não pode ser explicada pelo nível socioeconômico, já que pode ser identificada entre membros do

mesmo nível socioeconômico com raças distintas, mas ambos os tipos de segregação estão correlacionadas. Carvalho e Barreto (2007) obtiveram conclusões similares a partir da aplicação do índice de Dissimilaridade (D) não-espacial em Salvador.

Mais recentemente, Moura e Feitosa (2019) identificaram que a população negra é a mais isolada, em 2010, quando São Paulo é analisada a partir de grupos populacionais baseados em raça. Em termos socioeconômicos, a população mais qualificada, branca e com maior renda é a mais isolada, seguida do grupo com menor renda e negra (MOURA; FEITOSA, 2019). Os autores utilizaram índices espaciais de segregação propostos por Feitosa et al. (2007), mais especificamente os índices isolamento e exposição, com a adição de um termo a mais subtraindo as proporções dos grupos populacionais, ou seja, índices relativos. Os autores contribuíram, também, para a discussão dos padrões espaciais destes grupos a partir dos índices locais, evidenciando um maior isolamento da população mais qualificada, com maior nível socioeconômico e branca, nas áreas centrais da metrópole, enquanto os grupos de menor instrução, nível socioeconômico e negra possuem um padrão de localização mais heterogêneo (MOURA; FEITOSA, 2019).

Ainda em se tratando de segregação por raça, França (2016) analisa as alterações (2000-2010) nos padrões espaciais da metrópole de São Paulo através de uma combinação entre o índice de Dissimilaridade (D) não-espacial e o índice de I de Moran Local, que quantifica a autocorrelação espacial intraurbana (dimensão dispersão/agrupamento da segregação). O autor evidenciou que a segregação por raça ocorre de forma estratificada em associação com a segregação socioeconômica e, que no período de 2000 a 2010, houve um aumento da segregação por raça com um maior agrupamento da população branca de alto nível socioeconômico em setores específicos da metrópole (FRANÇA, 2016).

A combinação entre o uso do índice de Dissimilaridade (D) e I de Moran Local também foi constatada na análise dos padrões de segregação socioeconômica na metrópole de São Paulo, desenvolvida por Marques (2016). O autor concluiu que no geral a segregação aumentou em relação às classes de nível socioeconômico superior e os demais grupos (MARQUES, 2016). Em termos espaciais, a autocorrelação das classes de nível superior aumentou em determinados setores da metrópole, onde predominava a população de alto e médio nível socioeconômico (MARQUES, 2016). Chetry (2015) chega a conclusões similares, utilizando o índice de Dissimilaridade (D) não-espacial aplicado às metrópoles brasileiras, apontando que as classes mais altas são as mais

segregadas em São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Brasília Vitória e Belo Horizonte.

Ywata et al. (2011), utilizando uma gama de índices não-espaciais de segregação (Índice de segregação, Dissimilaridade, Gini, Entropia e Isolamento, entre outros), apontam que entre 2000 e 2010 houve uma pequena redução da segregação entre as classes médias e entre o grupo de nível socioeconômico mais baixo, e todos os outros grupos. Os autores atribuem este resultado a processos de distribuição de renda observados no período (YWATA et al., 2011). Divergências entre o trabalho de Ywata et al. (2011) e Feitosa et al. (*in press*) e Marques (2016) podem estar relacionados às classes adotadas para aplicação dos índices. Enquanto Feitosa et al. (*in press*) e Marques (2016) utilizaram grupos ocupacionais, Ywata et al. (2011) utilizou quatro categorias de renda baseadas na atualização dos valores do salário mínimo.

Oliveira e Silveira Neto (2015) também apontam para uma redução da segregação, na dimensões exposição/isolamento e dispersão/agrupamento, entre as classes de nível socioeconômico mais elevado e mais baixo em Recife, entre 2000 e 2010, a partir da utilização de índices espaciais de segregação propostos por Feitosa et al. (2007). Os autores, ainda, contribuem com a análise dos padrões espaciais a partir dos índices espaciais locais, apontando para um aumento na exposição entre os grupos de maior e menor nível socioeconômico em um setor que vai das áreas centrais às periferias da cidade. Oliveira e Silveira Neto (2015) inferem que se trata de um processo setorização das elites, com surgimento de condomínios fechados de alto padrão nas áreas periféricas onde predomina a população de nível socioeconômico mais baixo, ou seja, há uma maior proximidade entre a população de alto e baixo nível socioeconômico.

Feitosa et al. (*in press*), diferentemente de Oliveira e Silveira Neto (2015), demonstram que a segregação aumentou entre os grupos de nível socioeconômico mais elevado e os demais em 2010, o que aponta para um processo de homogeneização dos espaços das elites. Os grupos de nível socioeconômico mais baixo, também, se encontram mais segregados nas áreas periféricas, que se apresentam mais heterogêneas e fragmentadas em 2010 (FEITOSA et al., *in press*). Os autores afirmam que a presença de condomínios fechados de alto padrão em áreas periféricas, onde predomina a população de baixa renda, é uma situação excepcional e não o que se observa frequentemente na metrópole de São Paulo (*idem*, *in press*). As classes médias, por sua vez, estão menos segregadas em 2010 (*ibidem*, *in press*). Para conduzir esta análise os autores utilizaram índices globais de dissimilaridade generalizada e índices normalizados de exposição e

isolamento. Para análise dos padrões espaciais intraurbanos, adotaram índices espaciais locais, propostos por Feitosa et al. (2007).

No que se refere às cidades médias, Feitosa (2005) chegou a conclusões similares analisando a cidade de São José dos Campos/SP no período de 1991 a 2000. A autora aponta para um aumento na segregação nas dimensões exposição/isolamento e dispersão/agrupamento. A autores ressalta que a proliferação dos condomínios fechados de alto padrão em direção à periferia se deu em setores específicos da cidade, onde predominavam a população de alta renda, o que reforçou o isolamento e concentração destes grupos. Prado (2012) e Rocha (2011) contribuem analisando a segregação socioeconômica da cidade de Santa Maria/RS, em 2010, a partir dos índices espaciais de segregação propostos por Feitosa et. al. (2007). As autoras apontam para padrões espaciais similares aos descritos por Feitosa et al. (2007).

A contribuição de Bichir (2006) e Cunha e Jiménez (2006) refere-se à relação entre os padrões de segregação e o acesso às infraestruturas urbanas e de serviços. Cunha e Jiménez (2006) analisam especificamente o acesso às escolas. Ambas as pesquisas adotam uma metodologia que combina os índices de Dissimilaridade (D) não-espacial e I de Moran Local. Apesar de analisarem regiões metropolitanas distintas, São Paulo e Campinas, respectivamente, chegam a conclusões semelhantes a respeito das áreas periféricas, apontando para um processo de universalização de grande parte dos serviços básicos de infraestrutura urbana e de educação nestas áreas, no entanto, concluem que estas localidades ainda uma há concentração significativa dos grupos de nível socioeconômico mais baixo (BICHIR, 2006; CUNHA; JIMÉNEZ, 2006). Além disso, afirmam que este processo de universalização não significou ausência de acesso desigual entre os diferentes grupos socioeconômicos (BICHIR, 2006; CUNHA; JIMÉNEZ, 2006).

Contribuição estritamente metodológica pode ser atribuída a Barros e Feitosa (2018). As autoras exploraram as características dos índices espaciais globais e locais de Dissimilaridade (D) e da Teoria da Informação (H) a partir de aplicações empíricas (São Paulo e Londres), apontando para níveis diferentes de susceptibilidade à extensão geográfica e sistema de agrupamento (BARROS; FEITOSA, 2018). Ainda, ressaltam que estas conclusões só foram alcançadas a partir da análise dos índices espaciais locais, enfatizando a sua importância nas análises de segregação (BARROS; FEITOSA, 2018).

Em resumo, o que se pode concluir sobre as pesquisas que aplicam medidas de segregação às cidades brasileiras é que a grande maioria ainda utiliza índices não-espaciais, especialmente o índice de Dissimilaridade (D), apesar de diversas pesquisas

apontarem para suas limitações. Existe, também, a predominância de análises de consideram apenas uma dimensão da segregação (dispersão/agrupamento ou isolamento/exposição), sendo raras as pesquisas que abrangem ambas (FEITOSA et al., 2007; OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2015; PRADO, 2012; ROCHA, 2011) e ainda mais raros os trabalhos que comparam dois períodos distintos (FEITOSA et al., 2007; OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2015). A dimensão mais popularmente utilizada para caracterizar a segregação é a dispersão/agrupamento, através do índice (D) ou/e do I de Moran Local.

3.2. Modelagem Baseada em Agentes aplicada à simulação da segregação

Estudos sobre a segregação, comumente, partem de uma perspectiva estática. Métodos quantitativos, como os índices de segregação, revelam sobre os padrões espaciais e as características do fenômeno apenas no momento de aquisição dos dados e, apesar do rigor matemático ser desejável nas ciências, impõe limitações para o entendimento de fenômenos dinâmicos que possuem diversos agentes heterogêneos atuando de forma espacial e temporalmente explícita (FEITOSA, 2010).

Aprimoramentos teóricos-metodológicos têm sido desenvolvidos para a superação dos desafios mencionados acima. Na próxima seção será apresentada a abordagem da Complexidade, detalhando quais as suas propriedades e relacionando-as com a segregação.

3.2.1. A segregação e a abordagem dos Sistemas Complexos

Desde o início da década de 1970 tem sido apontado que a segregação apresenta características de Sistemas Complexos (SCHELLING, 1971), cuja teoria envolve diversos campos do conhecimento e está relacionada à noção de que muitos fenômenos não podem ser compreendidos através do axioma reducionista, dominante nas ciências desde 1600 (MITCHELL, 2011), ou seja, “o todo pode ser compreendido completamente se entendermos suas partes, e a natureza da sua ‘soma’” (HOFSTADTER, 1979, p. 312).

Na abordagem dos Sistemas Complexos a estrutura (ou o todo) emerge de um processo ascendente, ou seja, das interações locais (ou a interação entre as partes) (BATTY, 2000), portanto, pode ser considerado “mais do que a soma das partes” (SIMON, 1996, p. 231). Um Sistema Complexo pode ser definido como uma “entidade coerente, de alguma forma reconhecível, cujos elementos, interações e dinâmicas geram

estruturas e permitem surpresas que não podem ser definidas a priori” (BATTY; TORRENS, 2005, p. 745).

A mudança de paradigma em direção à abordagem da complexidade, nas ciências urbanas, foi resultado da necessidade de superar o foco de explicação na estrutura (BATTY, 2008, 2013). A cidade, portanto, passa a ser compreendida como um sistema em estado perpétuo de desequilíbrio, onde as mudanças, os comportamentos e o crescimento ganham centralidade como fatores dinâmicos de explicação do surgimento da estrutura urbana (BATTY, 2008, 2013).

[...] os sistemas humanos tornaram-se cada vez mais complexos devido às mudanças tecnológicas, à transição demográfica e ao aumento da riqueza, pelo menos no ocidente e em muitos países recém-desenvolvidos. Isso tornou os comportamentos espaciais mais complexos, certamente em termos de movimento e comunicação, bem como preferências de localização. Em suma, a dinâmica entrou firmemente na agenda, enquanto a explicação mudou de agregados para populações muito mais heterogêneas compostas de indivíduos e grupos que precisam ser entendidos com um nível de detalhamento muito mais refinado (BATTY, 2013, p. 25).

Dentro da abordagem dos sistemas complexos a noção de “emergência” é fundamental e está associada ao surgimento de padrões globais a partir da interação, no nível micro, de muitos elementos autônomos e independentes, e como este macropadrão modifica, por sua vez, as microinterações em um processo de *feedback* (HOLLAND, 1998), como ilustra a Figura 6. A noção de emergência é especialmente importante para a compreensão do fenômeno da segregação, uma vez que padrões espaciais emergem das escolhas residenciais individuais (SCHELLING, 1971, 1978).

Figura 6. O princípio da emergência.

Fonte: FEITOSA (2010, adaptado).

Outros conceitos importantes para abordagem dos Sistemas Complexos e que estão relacionados à noção de emergência são: não linearidade, auto-organização e dependência (HOLLAND, 1998; MITCHELL, 2011). A ideia de não linearidade é baseada na aleatoriedade e imprevisibilidade no sistema, ligada ao aspecto estocástico. Para o fenômeno da segregação, a não linearidade relaciona-se ao fato de que as escolhas residenciais individuais podem gerar padrões espaciais que não podem ser previstos, a priori. A auto-organização, por sua vez, refere-se aos níveis de interação de um sistema complexo em que não há elemento centralizador, controlando-o. No contexto da segregação, a auto-organização refere-se ao fato de que não existe um indivíduo controlador que determina as localizações residenciais de outros indivíduos. Finalmente, o conceito de dependência refere-se à noção de que interações futuras são determinadas pelo resultado de interações anteriores (HOLLAND, 1998). Para a segregação, a dependência concerne ao fato de que padrões espaciais consolidados e escolhas residenciais realizadas anteriormente afetam as interações e as futuras escolhas residenciais.

É importante mencionar que os avanços teóricos dentro da abordagem dos Sistemas Complexos estão fortemente relacionados aos avanços técnicos e computacionais (BATTY, 2008). Dentro da abordagem dos Sistemas Complexos há uma variedade de modelos baseados em contextos teóricos interdisciplinares. No entanto, de forma geral, estes podem ser definidos como “modelos de simulação” que se referem a “um programa de computador que recalcula iterativamente o estado das variáveis de um sistema e suas alterações no tempo, de acordo com a relação matemática ou lógica descrita entre os elementos” (O’SULLIVAN; PERRY, 2013, p. 13).

Os modelos de simulação se tornaram mais complexos e capazes de lidar com representações espaço-temporais explícitas, com foco em seu comportamento e não na sua estrutura, porque ferramentas foram desenvolvidas para esse fim, como CA (*Cellular Automata* ou Autômatos Celulares) e ABM (*Agent-Based Models* ou Modelos Baseados em Agentes) (BATTY, 2008).

Como a segregação é um fenômeno cujos padrões espaciais emergem da interação entre os indivíduos, suas respectivas escolhas residenciais e o ambiente, os ABMs são a ferramenta mais adequada para explorar a dinâmica dessas interações e a relação com padrões espaciais emergentes. A próxima seção será dedicada a explicar seus componentes e interações, e apresentará modelos de simulação cujo foco é o fenômeno da segregação.

3.2.2. Modelos Baseados em Agentes (*Agent-Based Models – ABMs*)

Um ABM pode ser definido como um sistema populado por agentes heterogêneos, que determinam suas interações com outros agentes e o ambiente, com base em normas sociais internalizadas ou institucionais, modelos mentais, regras comportamentais internas e habilidades cognitivas, bem como contextos formais e informais que afetam como os agentes interagem (JANSSEN, 2005). Como observado, a noção de agentes, ambiente e interações é de extrema importância para a definição de um ABM e uma definição precisa depende do significado atribuído a esses elementos.

3.2.2.1. Agentes

Não há um conceito preciso sobre a definição de agentes, no entanto, existem mais pontos de concordância do que de discordância entre os autores (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012). Conforme listado em Crooks e Heppenstall (2012, p. 87), os pontos de concordância são:

- **Autonomia:** agentes são entidades sem controle central que governam suas ações, portanto, unidades autônomas, capazes (mas não necessariamente) de processar e trocar informações, interagir com outros agentes e tomar suas próprias decisões. A autonomia dos agentes, no entanto, é limitada pelo fato de serem construídos por programadores humanos (O’SULLIVAN; HAKLAY, 2000).
- **Heterogeneidade:** os agentes podem representar diferentes tipos de entidades do mundo, com variações em suas características, como empresas, instituições, carros, animais etc. Representando seres humanos, podem ter atributos diferentes, como idade, sexo, emprego, renda etc.
- **Atividade:** os agentes são entidades ativas, embora o tipo de atividade possa variar significativamente. As arquiteturas dos agentes, como regras, comportamentos e relacionamentos, podem ser projetadas com base em diferentes abordagens, como objetivos e proatividade, ou serem reativos e perceptivos, podem ter racionalidade limitada (o que significa que os agentes não necessariamente têm um conhecimento completo do sistema ao tomar decisões racionais), interagir e se comunicar com outros agentes, ter mobilidade e ser projetado para ter funções de adaptabilidade e aprendizado.

É importante mencionar que estas propriedades não são mútuas e exclusivas; na verdade, as combinações possíveis são infinitas. Um exemplo é: um agente pode se mover pelo ambiente (ter mobilidade) e também interagir com outros agentes.

3.2.2.2 Ambiente

Um ambiente de simulação pode ser definido como “um meio separado dos agentes, nos quais os agentes operam e com os quais eles interagem” (EPSTEIN; AXTELL, 1996, p. 5). O ambiente pode ser descrito como distância, em um espaço contínuo, adjacência, em uma grade de células, ou pode ser um espaço de conectividade, como redes (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012). A principal diferença entre agentes e ambiente é que o ambiente não tem objetivos e não executa ações elaboradas, como se mover, por exemplo (GILBERT, 2008).

Uma das principais vantagens do ABM é a possibilidade de *feedback* e interação entre agentes e ambiente. O ambiente pode condicionar o comportamento do agente, que por sua vez pode ser influenciado pelos agentes, no entanto, não é uma regra (HOLLAND, 1998). Dependendo do assunto em questão e dos objetivos do modelo, as relações espaciais podem ser menos relevantes. Entretanto, em modelos nos quais os fenômenos geográficos e as relações espaciais são um componente-chave, o ambiente assume um papel significativo (STANILOV, 2012).

A seguinte classificação sugerida por Russell e Norvig (1995, p. 46) enfoca especificamente as propriedades do ambiente e a capacidade do agente de percebê-lo:

- **Acessibilidade versus Inacessibilidade:** Se os agentes puderem acessar informações completas sobre o estado do ambiente elas serão classificadas como acessíveis. Russell e Norvig (1995) sugerem que ambientes acessíveis são convenientes. No entanto, para a maioria dos ambientes do mundo real, esse não é o caso (WOOLDRIDGE, 2002).
- **Determinístico versus não determinístico:** Um ambiente determinístico é aquele em que o próximo estado é determinado pelo atual, e a ação do agente sobre ele. Em outros casos, o ambiente é não determinístico.
- **Episódico versus não episódico:** um ambiente episódico é aquele em que as ações do agente são episódicas, ou seja, o agente percebe o ambiente e atua de acordo com o estado. Os episódios seguintes e anteriores são independentes nesse sentido. Em outros casos, o ambiente é não episódico.

- **Estático versus dinâmico:** Ambientes estáticos são os que permanecem inalterados pelas ações e movimentos do agente. Se o oposto ocorre, o ambiente é dinâmico, ou seja, os estados se alteram durante a simulação. Os ambientes estáticos são fáceis de trabalhar, no entanto, Wooldridge (2002) aponta que no mundo real o ambiente é dinâmico.
- **Discreto versus contínuo:** Se o número de possíveis ações e estados for finito, o ambiente será discreto; caso contrário, será contínuo. Os exemplos incluem: xadrez, no qual os movimentos são limitados a cada jogada (discreto) e tráfego (contínuo), onde as velocidades e a localização dos carros podem variar em uma faixa de valores contínuos.

Outro ponto em relação aos ambientes nos ABMs é que o próprio espaço pode ser um atributo do ambiente (STANILOV, 2012). Isso é particularmente interessante para modelos cujo objetivo é simular um fenômeno geográfico situado na superfície da Terra. Quando o ambiente tem coordenadas, pode influenciar as ações do agente apenas aplicando medidas de distância e direção (CROOKS; CASTLE, 2012).

Nos primórdios do desenvolvimento de modelos de simulação ABM havia uma forte ligação entre a representação do ambiente e os autômatos celulares. A crescente demanda por ABM empírico, no entanto, forçou uma mudança para representações mais realistas (JANSSEN, 2006; OSTROM, 2006a). Portanto, os *kits* de ferramentas de simulação/modelagem foram adaptados para permitir a integração de dados e funções SIG, como gerenciamento e visualização de dados (CROOKS; CASTLE, 2012). Assim, são possíveis combinações entre o uso de vetores (que representam objetos discretos mais precisos) e *rasters* (nos quais as características contínuas são melhor representadas), em ambientes híbridos (STANILOV, 2012).

3.2.2.3. Interações

A principal característica dos Sistemas Complexos é a possibilidade de interações locais entre agentes e seu ambiente (HOLLAND, 1998). Dependendo da demanda do sistema modelado, um ABM pode ter interações simples ou complexas. Em geral, um ABM pode exibir interações agente-agente, agente-ambiente e ambiente-ambiente (WOOLDRIDGE, 2002). Os elementos de interação dos ABMs são apresentados na Figura 7, a seguir:

Figura 7. Elementos de interação de um ABM.

Fonte: WOOLDRIDGE (2002, adaptado).

Segundo Gilbert (2008), as interações agente-agente podem ser classificadas como diretas ou indiretas e geralmente estão relacionadas às interações sociais do mundo real. As interações diretas agente-agente se referem à troca de recursos (como dinheiro, comida, energia etc.) ou informações, que envolvem comunicação e, portanto, especificação de uma “linguagem” (GILBERT, 2008). Interações indiretas se referem a como os agentes podem influenciar um ao outro imitando seu comportamento, observando ou evitando-os (GILBERT, 2008). Jennings et al. (1998) classificam as interações agente-agente entre cooperativas ou competitivas. Cooperativas é quando os agentes trocam conhecimento ou recursos para melhorar seu desempenho, próprio ou coletivo, e alcançar objetivos. Competitivo é quando os agentes tentam maximizar seu desempenho a partir de interesses individuais (JENNINGS et al.,1998).

As interações ambiente-ambiente existem no caso de ambientes ativos dinâmicos e explícitos, o que significa que o ambiente possui sua própria dinâmica, separadamente das interações agente-agente e agente-ambiente. Na maioria dos casos as interações são simples e baseadas nas regras de CA. Ou seja, alterações locais no ambiente podem afetar células ou objetos vizinhos/adjacentes.

A natureza das interações entre agente e ambiente pode variar significativamente de acordo com o sistema modelado. Stanilov (2012) os classificou de acordo com o nível de conectividade (relações um-para-um e um-para-muitos) e direção (relações unidirecionais e multidirecionais). Em relação ao nível de conectividade os relacionamentos um-para-um são aqueles onde os agentes estão associados a apenas um recurso ou localização, como a família e a residência. Relacionamentos um-para-muitos

são aqueles nos quais os agentes estão associados a mais de um local ou característica espacial, como residências, locais de trabalho, lazer etc.

A direção da interação entre agentes e ambiente também é importante. Interações unidirecionais são aquelas cujo comportamento do agente afeta o estado do ambiente (STANILOV, 2012). Por exemplo, em um sistema no qual se simulam práticas agrícolas, os agentes (agricultores) interagem com ambiente, desmatando-o para o plantio. As interações multidirecionais, no entanto, referem-se ao ciclo de interações e ao *feedback* entre o comportamento dos agentes e o estado do ambiente (STANILOV, 2012). Um exemplo é a segregação, onde os padrões espaciais consolidados em períodos anteriores atuam na escolha residencial dos indivíduos no passo de tempo atual – e dessas escolhas residenciais emergem alterações nos padrões de segregação já consolidados.

A próxima seção apresentará os ABMs aplicados à simulação da segregação. Serão discutidos os pressupostos teóricos e/ou empíricos sob os quais os modelos foram desenvolvidos, bem como os processos de interação e a dinâmica entre os elementos representados.

3.2.3. ABMs aplicados à simulação da segregação

Revisando os ABMs aplicados à simulação da segregação foram identificados três domínios principais de pesquisa: 1º) variações de modelos clássicos desenvolvidos com base em teorias como Schelling e Alonso-Von Thünen, 2º) modelos que combinam teorias e descobertas empíricas de forma a relacionar os diferentes processos de urbanização (expansão urbana, gentrificação etc.) à emergência de padrões de segregação, e 3º) os ABMs desenvolvidos para testes de políticas públicas integrativas.

3.2.3.1. O modelo de Schelling e suas variações

Existe uma gama de modelos que visam a simular a emergência de padrões de segregação construídos sobre precedentes teóricos, como Schelling (HUANG et al., 2014). O modelo de Schelling (1971) é considerado o primeiro ABM, embora tenha sido desenvolvido a partir de um simples tabuleiro de xadrez. O modelo parte do princípio teórico de que padrões de segregação residencial surgem porque as pessoas preferem ter vizinhos com características semelhantes a si mesmas, e mesmo que haja um limiar mínimo de dissonância entre os vizinhos, um padrão global de segregação emerge. É

importante notar que a intenção de Schelling era explicar padrões de segregação racial, observados nas cidades norte-americanas.

O modelo original foi formulado utilizando um espaço de grade de células pretas e brancas (em número constante e igual), representando dois grupos populacionais raciais diferentes, alocados aleatoriamente. Os indivíduos de ambos os grupos migrariam para outra vizinhança se estivessem descontentes na vizinhança na qual estão localizados. A insatisfação surge de uma medida de dissonância, ou seja, se o percentual de vizinhos diferentes na vizinhança (oito células adjacentes) for maior que o limiar estipulado, o indivíduo ficará descontente com sua vizinhança (SCHELLING, 1971). Mesmo nos casos em que o limiar é considerado baixo (como 30%), a segregação emerge (SCHELLING, 1978).

Extensões e variações foram propostas ao modelo devido, principalmente, aos avanços em tecnologia e capacidade computacional (HUANG et al., 2014). Huang et al. (2014, p. 663) apontam que os testes foram realizados alterando quase todos os parâmetros de entrada do modelo original de Schelling:

- **Espaço:** de uma grade para uma partição Voronoi (BENENSON, 1999; BENENSON et al., 2002; OMER, 2005), uma camada vetorial (CROOKS, 2006) e de um espaço homogêneo e neutro a um ambiente heterogêneo e baseado em dados empíricos (YIN, 2009).
- **Tipos de residentes:** de dois grupos para três grupos extraídos de uma pesquisa empírica em Los Angeles (CLARK, W. A. V.; FOSSETT, 2008), quatro grupos em Londres (CROOKS, 2010), grupos hierárquicos em dois níveis (dois grupos principais com mais dois subgrupos) em Tel Aviv (OMER, 2005), usando um grupo de raça mista, cujas preferências de vizinhança podem variar (ELLIS et al., 2012), e utilizando grupos em números desiguais de agentes (BENENSON, 1999; BENENSON; HATNA, 2011; BENENSON et al., 2002b; BRUCH; MARE, 2006, 2009; CLARK; FOSSETT, 2008; ELLIS et al., 2012; FOSSETT; DIETRICH, 2009; OMER, 2005; WASSERMAN; YOHE, 2001)
- **Vizinhança:** Diferentes formas e tamanhos de vizinhança foram avaliados por Fossett e Dietrich (2009) e Laurie e Jaggi (2003). O'Sullivan et al. (2003) propuseram uma vizinhança baseada em hierarquia. Os efeitos das barreiras naturais (como rios) e os da infraestrutura (como as ruas) na vizinhança foram

testados por Crooks (2010) e Benenson (1999), respectivamente. A vizinhança definida por blocos censitários também foi testada por Yin (2009).

- **Estratégias de mudanças:** no modelo original os agentes são movidos para qualquer outro local que ofereça um nível de satisfação mais alto. Benenson e Hatna (2011) propuseram uma estratégia de mudança baseada na maximização da satisfação e utilidade dos agentes, ou seja, um agente só se moveria se o local futuro trouxesse um nível mais alto de utilidade e satisfação.
- **Forças desencadeadoras:** de um modelo baseado em composição racial e para modelos de base socioeconômica. A renda e a qualidade das casas foram exploradas por Clark e Fossett (2008), a atratividade de serviços públicos por Wasserman e Yohe (2001), as diferenças culturais por Benenson (1999) e o tipo de propriedade e inércia do agente por Torrens (2007).

Como pode ser observado, as variações no *design* são ilimitadas. A próxima subseção apresenta um levantamento dos ABMs baseados na teoria das localizações de Alonso-Von Thünen. Apesar de não serem, a rigor, modelos de segregação, alguns autores discutem os resultados emergentes como os padrões de segregação por renda (CROOKS, 2006; GUO et al., 2017).

3.2.3.2. ABMs baseados em Alonso-Von Thünen

Crooks (2006) desenvolveu um ABM baseado na Teoria de Oferta de Aluguéis de Alonso (1960), onde o preço da oferta é resultado de uma função de utilidade que considera a renda, as preferências heterogêneas dos agentes, o custo da viagem em relação ao CBD e o espaço necessário para cada família, com base número de indivíduos. Uma função de utilidade que considera a renda, os bens compostos necessários para subsistência das famílias e área útil necessária para as famílias também é aplicada por Guo et al. (2017). Ambos os modelos discutem os padrões de segregação socioeconômica que emergem, apontando para uma tendência de famílias de alta renda se instalarem em áreas de crescimento urbano periférico com residências maiores, enquanto famílias de baixa renda se instalam no centro da cidade em residências menores (CROOKS, 2006; GUO et al., 2017).

Nas próximas subseções, serão discutidos ABMs que combinam conhecimento empírico e teórico para explorar a relação entre os diferentes estágios de urbanização e a segregação.

3.2.3.3. ABMs de processos urbanos que resultam na emergência de padrões de segregação

Há uma variedade de ABMs desenvolvidos para fornecer entendimento sobre a segregação em diferentes processos de urbanização, geralmente combinando conhecimento empírico e teórico. Apesar de não serem modelos de segregação, discutem a emergência de padrões de segregação como resultado dos processos modelados.

Há ABMs que exploram a relação entre a segregação e diferentes processos de urbanização em países desenvolvidos, como: gentrificação em Boston (JACKSON et al., 2008) e Salt Lake City (TORRENS; NARA, 2007); crescimento urbano em Lyons/Colorado (YIN; MULLER, 2007) e encolhimento urbano em Leipzig na Alemanha (HAASE et al., 2010). Nos países em desenvolvimento, a segregação é relacionada a processos como: crescimento de assentamentos informais, modelados em Dar es Salam, Tanzânia (AUGUSTIJN-BECKERS et al. 2011), crescimento urbano e periferação nas cidades latino-americanas (BARROS, 2004; BARROS, 2012) e brasileiras (POLIDORI et al., 2011; SANTOS et al., 2017; TORALLES et al., 2013) e *feedbacks* entre suburbanização e segregação (JAYAPRAKASH et al., 2009).

Na próxima subseção, ABMs de segregação empíricos e orientados a políticas de integração serão apresentados, e suas especificações teóricas serão discutidas.

3.2.3.4. ABMs desenvolvidos para testes de políticas públicas integrativas

ABMs desenvolvidos para simular processos de segregação a partir de dados empíricos fornecem uma base orientada para testes de políticas públicas de integração social. As formulações, normalmente, são uma combinação entre teorias sobre os processos de gênese da segregação, de tomada de decisão dos indivíduos e contextos locais das áreas de estudo. Os trabalhos de Feitosa et al. (2010), Mahdavi Ardestani et al. (2018) e Yin (2009) são exemplos dessa abordagem.

Yin (2009) propõe um modelo para explorar a interação entre segregação racial (entre brancos e negros) e socioeconômica na cidade de Buffalo (Nova Iorque), partindo do pressuposto de que a composição racial dos bairros e as restrições econômicas dos indivíduos estão relacionadas de forma dinâmica e interdependente aos padrões de segregação emergente. Os efeitos de políticas públicas de integração, como programas que visam a maximizar a tolerância racial entre os indivíduos e programas de empréstimo para aquisição de habitações, também foram testados a partir do modelo.

Outro modelo com características similares é o proposto por Mahdavi Ardestani et al. (2018), desenvolvido para explorar a segregação étnica em Auckland (Nova Zelândia), dentro de uma abordagem de múltiplas escalas. O modelo é composto por quatro módulos: 1) o primeiro controla o tamanho populacional com base nos dados do censo e seleciona de forma estocástica uma porcentagem de agentes (com base nas informações de mobilidade do censo), para cada grupo étnico que será realocada e tomará sua decisão residencial de onde morar, 2) o segundo controla a escolha da localização residencial do agente com base em mecanismos contextuais, como preferências pessoais e do grupo étnico, taxas de residências desocupadas e condições econômicas, 3) o terceiro controla a migração interurbana como fator exógeno, e 4) o quarto lida com fatores experimentais e testes de políticas de integração. Os padrões de segregação emergentes do modelo foram validados utilizando medidas de segregação como o I de Moran (global e local), índice de entropia e índice de pluralidade. Os efeitos de políticas públicas, como mudanças nas regras de imigração, controle de natalidade, incentivos para promover a população natural (como *baby-bônus*) e projetos financiamento de desenvolvimento habitacional foram testados pelo modelo.

Ambos os modelos mencionados partem de contextos locais (Buffalo e Auckland) onde o comportamento etnocêntrico dos indivíduos é realista e embasa as explicações teóricas da segregação étnica e racial. No entanto, não é uma suposição razoável para explicar a segregação socioeconômica no contexto das cidades brasileiras.

O modelo MASUS (*Multi-Agent Simulator for Urban Segregation*), proposto por Feitosa et al. (2010), foi desenvolvido com o objetivo de fornecer um laboratório virtual para explorar os impactos de diferentes mecanismos contextuais na emergência de padrões de segregação socioeconômica em São José dos Campos/SP, bem como testar políticas públicas de integração social e, por isso, possui premissas que o difere dos modelos anteriormente citados.

A dinâmica do MASUS provém da interação de três módulos principais: população urbana, paisagem urbana e fatores experimentais. O módulo de população urbana refere-se à localização espacial das diferentes famílias e seus atributos, como pertencimento a um grupo socioeconômico, renda e nível educacional. O módulo da paisagem urbana refere-se ao ambiente no qual os agentes estão situados e é representado como uma grade de células com suas próprias variáveis (infraestrutura, valor e uso da terra) e dinâmica, e pode ser dividida, por sua vez em quatro submodelos: expansão urbana, ofertas de moradias, valor da terra e qualidade da infraestrutura. O modelo foi validado com base

em índices espaciais de segregação. O módulo de fatores experimentais foi elaborado para testar políticas públicas, tais como: dispersão da pobreza, que consiste em transferir famílias de baixa renda das áreas afetadas para bairros de classe média, e políticas de mistura social, baseadas na distribuição de vales-moradia.

A decisão do agente de mudar e se estabelecer em um determinado local baseia-se em seus próprios atributos (tamanho da família, renda etc.) e na sua percepção da paisagem urbana (valor da terra, infraestruturas e uso da terra). O submodelo de decisão do agente foi fundamentado na noção de que este toma sua decisão, entre opções, com o objetivo de maximizar sua utilidade, embora restrito por uma racionalidade limitada. Uma das principais limitações do MASUS é o submodelo de tomada de decisão do agente que deixa de considerar alterações comportamentais na tomada de decisão, movimentos anteriores do agente e a influência dos vizinhos no processo de tomada de decisão (FEITOSA et al., 2010).

De forma geral, nota-se que os modelos orientados a testes de políticas públicas integrativas possuem pressupostos altamente contextuais e processos de validação mais rigorosos. Comumente, utilizam-se medidas de segregação ou dados empíricos para avaliação do modelo.

O próximo capítulo introduzirá a metodologia adotada nesta pesquisa, bem como os aspectos contextuais do estudo de caso (Marília/SP).

CAPÍTULO IV

Metodologia

Este capítulo detalha a metodologia empregada nesta pesquisa, específica e justifica a seleção dos índices espaciais de segregação utilizados, além de discutir o protocolo metodológico para desenvolvimento de um ABM. O capítulo visa, ainda, apresentar o estudo de caso desta tese: a cidade de Marília, com ênfase nos processos históricos de consolidação do espaço urbano da cidade em direção às tendências mais recentes (2000-2010).

O capítulo está organizado em três seções. A primeira apresenta os índices espaciais de segregação utilizados e os procedimentos operacionais e técnicos de tratamento dos dados espaciais e socioeconômicos, para efeitos de comparação entre as diferentes datas (2000 e 2010). A segunda discute os desafios que envolvem a proposição de um protocolo metodológico padrão para o desenvolvimento de um ABM. Finalmente, a terceira apresenta a cidade de Marília.

4.1. Índices espaciais globais e locais de segregação

Esta pesquisa adota os índices espaciais globais e locais propostos por Feitosa et al. (2007), desenvolvidos com base no conceito de “localidade” e “intensidade populacional local”. A ideia principal é que as áreas urbanas são compostas de diferentes localidades, que “são lugares onde as pessoas vivem e compartilham experiências com seus vizinhos” (FEITOSA et al., 2007, p. 302). A localidade representa a vizinhança. Assume-se, dessa forma, que as interações que ocorrem no seu interior são mais intensas do que as interações que acontecem entre diferentes localidades.

Operacionalmente, um estimador gaussiano de intensidade *kernel* (Figura 8) é colocado no centroide da unidade de área de referência e a contagem populacional composta é uma média, geograficamente ponderada, definida por uma função de decaimento, conforme a distância aumenta (FEITOSA et al., 2007). As variações no parâmetro de largura de banda, também, permitem análises em diferentes escalas geográficas (FEITOSA et al., 2007), como se observa na Figura 8, a seguir.

Figura 8. Estimador gaussiano de intensidade *kernel*.

Fonte: (FEITOSA, 2005, p. 69).

Formalmente, a intensidade da população é calculada da seguinte forma (FEITOSA et al., 2007):

$$\check{L}_j = \sum_{j=1}^J k(N_j) \quad (1)$$

Onde:

N_j é a população total da unidade de área j ;

j é o número total de unidades de área na área de estudo;

k é o estimador de *kernel* que define a influência de cada unidade de área na localização j ;

A intensidade populacional do grupo m na localidade j é expressa da seguinte maneira (FEITOSA et al., 2007):

$$\check{L}_{jm} = \sum_{j=1}^J k(N_{jm}) \quad (2)$$

Onde:

N_{jm} representa o número de indivíduos do grupo m na área j ;

k é a função de proximidade que define a vizinhança de j .

É importante mencionar que o cálculo é empregado tanto para os índices globais – que resumem o grau de segregação de uma área de estudo a um único valor de 0 a 1 –, quanto para os índices locais – que ilustram, através de mapas coropléticos, como cada localidade contribui para a composição do valor do índice global (FEITOSA et al. 2007). Além disso, esta proposta de espacialização foi aplicada aos diferentes índices como de dissimilaridade generalizada $(D)_{\check{m}}$, exposição $(P)_{(m,n)}$, isolamento $(Q)_{(m)}$, índice de segregação residencial (NSI) (FEITOSA et al. 2007) e, em estudos mais recentes, ao índice da teoria da informação (H) (BARROS; FEITOSA, 2018).

Para analisar as alterações nos padrões da segregação em Marília, entre 2000 e 2010, nas suas duas dimensões espaciais (dispersão/agrupamento e isolamento/exposição), os seguintes índices espaciais foram utilizados nas suas versões global e local: 1) índice da teoria da informação ($H^{\check{}}$) e 2) índice de exposição normalizado $(P_{norm})^{\check{}}_{(m,n)}$.

Levando em consideração que o objetivo desta pesquisa é comparar padrões espaciais de segregação entre duas datas diferentes, a escolha do índice da teoria da informação e do índice de exposição normalizada se deu porque ambos oferecem uma análise comparativa mais intuitiva, uma vez que o ($H^{\check{}}$) contrapõe a entropia global à local, que por sua vez, tem como referência uma situação da diversidade máxima, que não irá variar se calculada para o mesmo número de grupos populacionais, e o $(P_{norm})^{\check{}}_{(m,n)}$ internaliza, através de um termo adicional, as alterações nas proporções dos grupos populacionais. Uma segunda justificativa refere-se à própria natureza dos índices, que possibilita sua decomposição em versões locais.

A seguir, serão apresentadas suas formalizações:

- 1) O índice espacial da teoria da informação ($H^{\check{}}$) é uma versão espacial do índice (H) de Theil e Finizza (1971), que compara a entropia local com a global. A entropia compara a diversidade das localidades da área de estudo a uma situação ideal de diversidade máxima entre os grupos populacionais (BARROS; FEITOSA, 2018). Na versão global o índice apresenta valores entre 0 (máxima integração) e 1 (máxima segregação) e pode ser computado da seguinte forma (BARROS; FEITOSA, 2018):

$$(H)^{\check{}} = \sum_{j=1}^J \left[\frac{N_j (E - E_j^{\check{}})}{EN} \right] \quad (3)$$

Onde:

$$E = \sum_{m=1}^M (\tau_m) \ln \left(\frac{1}{\tau_m} \right) \quad (4)$$

e:

$$E_j^{\check{}} = \sum_{m=1}^M (\tau_m) \ln \left(\frac{1}{\tau_{jm}} \right) \quad (5)$$

A versão local assume valores entre -1 e 1. Os valores são positivos quando as localidades possuem a entropia local menor que a global (localidades menos diversas que a área de estudo como um todo) e, os negativos, quando se dá o contrário (localidades

mais diversas) (BARROS; FEITOSA, 2018). O índice local pode ser calculado assim (BARROS; FEITOSA, 2018):

$$\check{h}_j = \frac{N_j(E - \check{E}_j)}{EN} \quad (6)$$

Notação:

N é a população total da área de estudo;

N_j é a população total na unidade de área j ;

τ_m é a proporção do grupo m na área de estudo;

$\check{\tau}_m$ é a proporção do grupo m na localidade j ;

J é o número de unidades de área na área de estudo;

M é o número total de grupos populacionais;

E é a entropia da área de estudo como um todo;

$\check{E}_j$ é a entropia das localidades.

- 2) O índice de exposição normalizada $(P_{norm})_{(m,n)}^{\check{}}$ é uma adaptação espacial do índice de exposição de Bell (1954), com a adição de um termo que incorpora, no cálculo, as variações nas proporções dos grupos populacionais. O objetivo é tornar a comparação entre datas e entre áreas de estudo mais intuitiva (FEITOSA et al., *in press*).

O índice global mensura o contato potencial entre membros de dois grupos populacionais (m e n) em uma área de estudo, considerando uma situação ideal de interação (exposição máxima entre os grupos), onde a probabilidade de membros de diferentes grupos dividirem uma mesma localidade é igual ao tamanho dos grupos populacionais (valor igual a 1). Os valores superiores e inferiores indicam uma situação de segregação. Pode ser computado, de acordo com Feitosa et al. (*in press*) desta forma:

$$(P_{norm})_{(m,n)}^{\check{}} = \left[\sum_{j=1}^J \frac{N_{jm}}{N_m} \left(\frac{\check{L}_{jn}}{\check{L}_j} \right) \right] \div \left(\frac{N_n}{N} \right) \quad (7)$$

Na versão local, no entanto, o termo de normalização é desnecessário quando se comparam os padrões de exposição para os mesmos grupos populacionais (exposição entre m e n , por exemplo). Porque, na versão local, o índice seria racionalizado pela proporção total dos grupos na área de estudo, o que causaria alterações idênticas em todas as localidades, mantendo, portanto, os mesmos padrões espaciais. Na versão local, dados

os dois grupos populacionais m e n em uma área de estudo, o índice mede a proporção média do grupo n nas localidades de cada membro do grupo m , apresentando valores 0 (mínima exposição) e 1 (máxima exposição). O índice é computado através da seguinte fórmula (FEITOSA et al., 2007):

$$(p)_{j(m,n)} = \frac{N_{jm}}{N_m} \left(\frac{\check{L}_{jn}}{\check{L}_j} \right) \quad (8)$$

Notação:

N_{jm} é a população do grupo m na unidade de área j ;

N_m é a população total do grupo m na área de estudo;

N_n é a população total do grupo n na área de estudo;

N é a população total da área de estudo;

$\check{L}_{jn}$ é a intensidade populacional local do grupo n na unidade de área j ;

L_j é a intensidade populacional da localidade j ;

J é o número de unidades de área na área de estudo.

A adoção de índices espaciais permite a análise multiescalar do fenômeno da segregação a partir de variações no parâmetro de largura de banda. Na próxima subseção apresentam-se as estratégias metodológicas adotadas com essa finalidade.

4.1.1. Análise multiescalar dos padrões espaciais de segregação

As abordagens que se baseiam em funções de distância comparam (ou adotam) limiares de categorização, como demonstrado por Fowler, 2016) os valores dos índices computados para diferentes escalas geográficas como estratégia para análise multiescalar da segregação. Os perfis de segregação, propostos por Reardon et al. (2008), são amplamente utilizados com esse objetivo (CATNEY, 2018; FOWLER, 2016; OLTEANU et al., 2019; ÖSTH et al., 2015; REARDON et al., 2008). Estes tendem sempre a apresentar valores decrescentes de acordo com o aumento da escala, porque conforme uma maior extensão geográfica é abrangida a contagem populacional composta também tende a aumentar. A declividade do perfil, no entanto, aponta em qual escala a segregação é mais evidente e significativa (REARDON et al., 2008), como pode ser observado na Figura 9, a seguir.

Figura 9. Perfis de segregação de quatro áreas hipotéticas.

Fonte: REARDON et al. (2008, p. 495).

No exemplo da Figura 9, comparando os perfis de segregação das áreas A e B, nota-se que em escalas menores que 3km a área B é mais segregada que a área A. Em escalas mais abrangentes, no entanto, ambas as regiões não seriam definidas como segregadas. A comparação dos perfis das áreas C e D, no entanto, aponta outros padrões. Em escalas menores do que 3km a área C seria definida como mais segregada do que a D, mas em escalas maiores ambas poderiam ser consideradas igualmente segregadas. Comparando os perfis das áreas B e C, um terceiro padrão pode ser notado. Em escalas locais (500m) a área B é caracterizada como mais segregada; em escalas mais abrangentes, porém, a área C seria definida como mais segregada. Dessa forma, um perfil relativamente plano significa que a segregação não apresenta variações significativas nas diferentes escalas, enquanto um altamente declivoso implica que a segregação é mais evidente em uma determinada escala (REARDON et al., 2008).

Os perfis de segregação são uma ferramenta que possibilita a comparação entre as variações multiescalares da segregação de forma otimizada, uma vez que trazem duas informações distintas. A primeira refere-se à comparação da segregação, apontando qual data (ou área) apresenta-se mais segregada de forma objetiva e, a segunda, se existem escalas onde a segregação é mais evidente.

Nesta pesquisa os perfis de segregação são utilizados como método de comparação dos índices espaciais de segregação aplicados para 2000 e 2010, em suas múltiplas

escalas. As larguras de banda variaram de 600m a 2000m, computados a cada 200m (definidos como escala horizontal dos perfis). A escala de 2000m foi adotada como a mais abrangente, representando deslocamentos que demandam mais tempo ou a adoção de um meio de transporte. A escala dos 600m foi utilizada como escala local, e representa uma distância curta que poderia ser percorrida a pé. Foram, ainda, realizadas análises sensíveis para verificação de que a distância entre o centroide e a borda de nenhum setor censitário fosse menor do que 600m.⁶

4.1.2. Minimizando o efeito de borda dos índices espaciais de segregação

O efeito de borda pode ser definido como o prejuízo na estimativa dos índices espaciais de segregação, decorrente da omissão de dados nas unidades localizadas próximas aos limites da área de estudo, que afeta a contagem populacional composta (FEITOSA, 2005). Considerando que o tamanho dos polígonos nos limites da área de estudo são significativamente maiores do que a área de fato ocupada, e que o estimador gaussiano de intensidade *kernel* é colocado no centroide dos polígonos, os resultados da intensidade populacional local podem indicar, erroneamente, que a população residente destas localidades está mais distante e, portanto, interage com menor intensidade com a vizinhança.

Para minimizar os efeitos de borda, foram aplicadas técnicas de análise dasimétrica, que consiste em eliminar áreas não ocupadas dos polígonos de forma a manter a consistência nos dados (EICHER; BREWER, 2012; PETROV, 2012). Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite para o ano de 2000 (Ikonos), com resolução espacial de 1m, e de 2010 (WorldView-II), com resolução espacial de 0,6m.

Outro aspecto inerente à aplicação dos índices espaciais de segregação adotados é a determinação de grupos populacionais. A próxima seção visa a discutir as categorias adotadas.

⁶ Considera-se que os índices de segregação só podem ser considerados espaciais se extrapolam os limites impostos pela escala metodológica de agregação de dados. Se adotada uma largura de banda menor do que a distância existente entre o centroide do polígono e seu limite, os índices são considerados não-espaciais.

4.1.3. Compatibilizando os grupos de renda dos censos de 2000 e 2010

O foco desta pesquisa é segregação socioeconômica. As variáveis de renda ou grupos ocupacionais são amplamente utilizadas para este fim (DAWKINS, 2007; ERBE, 1975; MUSTERD et al., 2017; REARDON; BISCHOFF, 2011; TAMMARU et al., 2016; WESSEL, 2000). Apesar de existir uma preferência internacional na adoção dos grupos ocupacionais por motivos de padronização (*International Standard Classification of Occupations* – ISCO) (ILO, 2012), que favorece as comparações entre áreas de estudo, estudos demonstram uma alta correlação entre as rendas e os grupos ocupacionais em diversos países (TAMMARU et al., 2016).

No Brasil, uma gama de estudos quantitativos sobre segregação socioeconômica adota variáveis de renda como *proxies* para o nível socioeconômico (BICHIR, 2006; FEITOSA et al., 2007; FRANÇA, 2016; MOURA; FEITOSA, 2019; OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2015; PRADO, 2012; ROCHA, 2011; SANTIN; CUNHA, 2007; TELLES, 1995; YWATA et al., 2011). Nesta tese, a média do total de rendimentos dos responsáveis, de acordo com uma faixa de renda (por exemplo: total de rendimentos dos responsáveis com renda entre dois e três salários mínimos dividido pelo total de responsáveis nesta faixa salarial), por setor censitário, foram utilizadas. Os responsáveis sem rendimento foram eliminados das análises pela inconsistência nos dados apontados por IBGE (2012), Hoffman e Ney (2008) e Osório et al. (2011).

O que se nota é que no período de 2000 a 2010 houve um aumento no salário mínimo de R\$ 151 (2000) para R\$ 510 (2010), o que significou um acréscimo nominal de 337% no salário mínimo, e real de 44,7%, quando a inflação é descontada, implicando em ganhos econômicos reais para a população de baixa renda. Essa variação, no entanto, dificulta a comparabilidade entre os dados que, se desconsiderada, pode causar uma interpretação errônea. Por exemplo, as famílias que declararam rendimentos que contabilizavam múltiplos salários mínimos tenderam a ser classificadas, em 2010, em categorias abaixo da sua categoria original (2000), mesmo que seu rendimento real tenha aumentado no período (mas não tão rápido quanto o salário mínimo). Essa tendência pode ser observada na Figura 10, onde o percentual de responsáveis classificados na faixa de rendimentos “abaixo de dois salários mínimos” aumentou de 28,4% em 2000 para 55,1% em 2010 na cidade de Marília. O gráfico pode levar à interpretação de que há uma queda acentuada nos rendimentos no período, que é o oposto da verdade.

Figura 10. Classificação dos grupos socioeconômicos de 2000 e 2010.

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Interpretações semelhantes podem ser causadas por mapas que mostram a distribuição espacial dos grupos socioeconômicos. A Figura 11 demonstra o grupo predominante em cada setor censitário em Marília nos anos de 2000 e 2010. Novamente, os resultados podem indicar que a cidade “empobreceu” em 2010.

Figura 11. Grupos socioeconômicos predominantes por setor censitário (2000 e 2010).

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Para solucionar este problema foi realizada uma adaptação na classificação das rendas dos chefes de família para 2010. O processo de reclassificação, para o ano de 2010, foi realizado a partir da extração da média dos rendimentos dos chefes de família por setor censitário. As categorias foram agrupadas considerando os valores do salário mínimo de 2000, acrescidos da inflação.

A Tabela 2 mostra uma comparação entre os valores dos salários mínimos em 2000 e 2010, e a reclassificação nos valores dos salários de 2000 acrescidos da inflação. A Tabela 3 apresenta valores hipotéticos de rendas classificadas de acordo com 2010 (classificação original em 2010) e de acordo com o salário mínimo de 2000, ajustado pela inflação (classificação ajustada para 2010). A Tabela 3 também demonstra que as rendas são classificadas em uma classe superior na classificação ajustada, se comparadas à classificação original, o que reflete um aumento real da renda da população brasileira entre 2000 e 2010.

Tabela 2. Evolução Demográfica da População Urbana (1980 – 2010)

Tabela 3. Ajuste nas classes do censo de 2010 conforme os rendimentos

<i>n° de s.m.</i>	2000	2000 (+ inflação)	2010	<i>Amostras de rendimentos</i>	Classificação original em 2010	Classificação ajustada para 2010
1	151,00	352,36	510,00	300,00	[< 1]	[0 a 1]
2	302,00	704,72	1020,00	400,00	[0 a 1]	[1 a 2]
3	453,00	1057,08	1530,00	600,00	[1 a 2]	[1 a 2]
4	604,00	1409,44	2040,00	1500,00	[2 a 3]	[4 a 5]
5	755,00	1761,80	2550,00	2000,00	[3 a 4]	[> 5]

Fonte: elaborado pela autora (2020).

A composição populacional resultante é apresentada na Figura 12.

Figura 12. Classificação dos grupos socioeconômicos de 2000 e 2010 (com base nos valores do salário mínimo original e ajustado).

Fonte: elaborado pela autora (2020).

A Figura 12 apresenta um aumento significativo na proporção da população classificada na faixa de rendimentos de dois a três s.m. e uma pequena diminuição na proporção da população classificada na faixa de até dois s.m., refletindo um aumento nos rendimentos da população de nível socioeconômico mais baixo para o período. O aumento abrupto na proporção da população na faixa de até dois s.m., observado na classificação original para 2010, está ausente na classificação ajustada, indicando que o aumento ocorre, principalmente, devido a fatores de confusão na determinação das categorias de renda. No geral, a nova classificação para os dados de 2010 reflete os ganhos econômicos reais da população de nível socioeconômico mais baixo e a diminuição das desigualdades de renda que ocorreram durante a década de 2000 no Brasil.

Os mapas (Figura 13) que demonstram a predominância dos grupos socioeconômicos por setor censitário corroboram com esta conclusão. Na classificação de 2010 ajustada nota-se que áreas ocupadas predominantemente pela população de baixíssimo e altíssimo nível socioeconômico (rendas de até dois s.m. e acima de 20 s.m.) estão quase completamente ausentes.

Figura 13. Grupos socioeconômicos predominantes por setor censitário (2000 e 2010: classificação com base no salário mínimo original e ajustado).

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Realizados os ajustes nos dados espaciais, bem como nas categorias populacionais, os índices espaciais de segregação foram computados para 2000 e 2010. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo V. A próxima seção visa a discutir a metodologia para elaboração de ABMs, ainda em amplo desenvolvimento.

4.2. ABMs e os desafios de desenvolvimento de um protocolo metodológico

Muitos têm sido os esforços para padronizar os procedimentos de desenvolvimento e comunicação dos ABMs (GILBERT; TROITZSCH, 2005; GILBERT, 2008; GRIMM et al., 2006; MANLEY, 2014; RICHIARDI et al., 2009). Os desafios contidos na proposta de um protocolo metodológico, porém, referem-se ao fato de que muitos baseiam-se nas especificidades da disciplina na qual estão inseridos ou ficam restritos à sua estrutura computacional (MANLEY, 2014).

Serão discutidos a seguir os desafios referentes a cada etapa do processo de modelagem, que para Gilbert e Troitzsch (2005) se constituem em quatro: 1º) design no modelo, 2º) implementação do modelo, 3º) avaliação do modelo e, 4º) publicação. E, apesar de não haver um consenso entre os pesquisadores sobre o passo a passo de desenvolvimento de um ABM, existe uma concordância no que se refere ao processo iterativo entre essas fases.

4.2.1. Design do modelo

A fase de design do modelo inicia-se pela análise da problemática da pesquisa e comumente envolve observação (abordagem indutiva) e levantamento bibliográfico sobre o fenômeno (abordagem hipotético-dedutiva), o que permite ao modelador identificar quais elementos, fatores e mecanismos são relevantes para a simulação da dinâmica do fenômeno e como serão traduzidos para o modelo na forma de entidades, processos, regras e interações. É nesta fase que o modelo conceitual é desenvolvido e sob o qual as fases seguintes serão embasadas.

Considera-se também, nesta fase, a formulação dos objetivos do modelo e o nível de detalhe exigido para alcançá-lo. Os ABMs amplamente citados são os modelos classificados como abstratos ou “*toy models*”, cujo objetivo é fornecer *insights* na construção de teorias sobre o fenômeno modelado (MANSON et al., 2012; SUN et al., 2016). Comumente, o *design* desses modelos é simples e baseado em pressupostos teóricos generalizáveis. Comumente, utilizam dados artificiais para ilustrar suas contribuições. No outro extremo existem modelos operacionais ou “fotográficos” (GILBERT, 2008; PARKER et al., 2003) que visam a reproduzir um fenômeno específico, ou seja, baseiam-se em casos particulares e em elementos altamente contextuais (SUN et al., 2016). Estes modelos dependem amplamente de dados empíricos e de um alto nível de detalhamento. Seus objetivos variam entre orientação de políticas públicas e previsões dos estados futuros do sistema (JANSSEN; OSTROM, 2006; MANSON et al., 2012).

Existe, ainda, uma gama de modelos entre essas duas categorias, os denominados “*middle range models*” (GILBERT, 2008) ou “*medawar zone models*” (GRIMM et al., 2005), cujo objetivo “é descrever as características de um fenômeno particular de uma forma suficientemente generalizável para que suas conclusões possam ser amplamente aplicadas a outras áreas de estudos” (GILBERT, 2008, p. 42).

Levando em consideração os objetivos do modelo, os modeladores devem ainda decidir quais elementos do mundo real devem representados. No geral, os modeladores citam a Navalha de Occam⁷ ou a Navalha de Einstein⁸ como princípios que orientam esse processo de *design*. Uma estratégia adotada pelos modeladores, para garantir a

⁷ A Navalha de Occam sugere que entre muitas explicações para um fenômeno, a que conta com menos pressupostos é a melhor.

⁸ A Navalha de Einstein afirma que um modelo deve ser o mais simples possível, mas não deve ser simplório.

parcimônia, é iniciar o processo com o modelo mais simples, que pode ser facilmente implementado e compreendido e, posteriormente, estendido (GILBERT; TROITZSCH, 2005). Esta abordagem de complicação gradual (*stepwise approach*) permite avaliar quando a performance do modelo deixa de ser significativamente aperfeiçoada com processos adicionais (BUCHMANN et al., 2016).

Outra técnica adotada pelos modeladores, com os mesmos objetivos, é a Modelagem Orientada aos Padrões (*Pattern Oriented Modeling – POM*) (GRIMM et al., 2005). Essa técnica baseia-se no princípio de que os padrões observáveis podem informar sobre a estrutura dos sistemas modelados, bem como as escalas temporais e espaciais adequadas para representação. Grimm et al. (2005) argumentam que a técnica pode reduzir a influência das escolhas pessoais dos modeladores e enviesamentos no *design* no modelo.

Outro desafio relacionado ao *design* refere-se à arquitetura dos agentes. Se os agentes representam seres humanos, são desenvolvidos e arquitetados para simular seu comportamento em diferentes cenários. Como o comportamento humano é complexo, a discussão sobre a melhor maneira de modelá-lo tem sido extensa, pois pode variar de regras simples, baseadas em se-então (*if-then rules*), a regras complexas de inspiração psicológica (BALKE; GILBERT, 2014). Frequentemente, porém, a tomada de decisão dos agentes baseia-se em pressupostos teóricos, seja porque existem dados limitados na escala do indivíduo, seja pela lacuna no conhecimento sobre como se dão os mecanismos de tomada de decisões humanas (SUN et al., 2016).

4.2.2. Implementação do modelo

A fase de implementação do modelo consiste em converter o modelo conceitual em um executável. Para tanto, pode-se construir o programa do zero, a partir de linguagens de programação orientadas ao objeto (como C++, C# ou Java), ou adotar um *software* desenvolvido para esta finalidade, ou seja, uma plataforma de simulação (*toolkit*) (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012; GILBERT, 2008).

A construção de um modelo do zero permite ao modelador um controle de todos os seus aspectos, no entanto, é uma opção que demanda tempo e uma experiência considerável, uma vez que existe a necessidade de construir elementos que não são específicos do conteúdo, como a interface gráfica do usuário (GUI) e os módulos de visualização e importação de dados (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012).

As vantagens da adoção de uma plataforma de simulação referem-se o fato de que estas não demandam uma vasta experiência de programação, já que possuem os elementos estruturais necessários que podem ser adaptados conforme os objetivos do modelo e permitem uma otimização das fases de verificação, uma vez que partes do *software* foram desenvolvidas por programadores profissionais e testadas pelos usuários (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012; GILBERT; TROITZSCH, 2005). Por outro lado, exigem que o modelador aprenda como implementar um modelo utilizando a linguagem de programação da plataforma.

Existem diversas plataformas de simulação, chegando a mais de 80, de acordo com os levantamentos de Abar et al. (2017) e Crooks e Castle (2012). As mais populares são: NetLogo (WILENSKY, 1999), Repast (NORTH et al., 2006), MASON (LUKE et al., 2005) e SWARM (MINAR et al., 1996). Para escolher uma plataforma de simulação o modelador deve ponderar sobre a sua experiência com a linguagem de programação utilizada pela plataforma ou o tempo de aprendizado necessário para este fim, se os objetivos do modelo e da pesquisa podem ser mais facilmente alcançados e se a plataforma permite o grau de complexidade necessária ao modelo.

4.2.3. Avaliação do modelo

O processo de avaliação de um ABM não é uma tarefa trivial. É considerado um dos grandes desafios da modelagem (CROOKS et al., 2008). Dentro da perspectiva da modelagem tradicional, a avaliação de um modelo consiste nas fases de verificação e validação. Não obstante, não existe um consenso de como estas etapas devem ser conduzidas, nem no que se refere aos termos cunhados pelos pesquisadores (NGO; SEE, 2012). Na prática, os processos são realizados de forma simultânea e iterativa.

Comumente, a verificação é realizada para “garantir que a implementação do programa de computador, desenvolvido sob um modelo conceitual, estejam corretos” (SARGENT, 2010, p. 166), enquanto a validação é compreendida como o grau de adequação do modelo computacional à representação de um fenômeno do mundo real (GILBERT, 2008; SCHLESINGER et al., 1979). Em resumo, “a validação do modelo lida com a construção do modelo correto [...enquanto] a verificação do modelo lida com a construção correta do modelo” (BALCI, 1994, p. 121-123).

Existem dificuldades intrínsecas a cada um destes processos, bem como diferentes abordagens de como conduzi-los. No que se refere à verificação, os desafios envolvem a própria natureza das simulações dos sistemas complexos. Suas características como

dependência, não linearidade e *feedback*, dificultam saber, com propriedade e certeza, se os resultados são provenientes das interações entre os elementos ou de algum erro no programa (GILBERT; TROITZSCH, 2005). Soma-se a isso o fato de que os modelos possuem elementos estocásticos, portanto, geram resultados diferentes a cada simulação (GILBERT; TROITZSCH, 2005).

Algumas técnicas podem ser utilizadas, por exemplo, observar a simulação passo a passo, notando se os valores das variáveis e os atributos se alteram conforme o esperado, testar o comportamento do modelo com parâmetros extremos, de forma a observar se os resultados são plausíveis, analisar o comportamento de um único agente ou célula do ambiente e implementar testes de componentes (GILBERT, 2008; NORTH et al., 2007).

No que se refere à validação, deve-se ponderar sobre os objetivos do modelo em questão. Em modelos abstratos, cujo objetivo é contribuir para explicação e construção teórica sobre de um determinado fenômeno ou sistema, a validação implica em avaliar em que medida o modelo consegue reproduzir a dinâmica e os padrões observáveis do fenômeno (GILBERT, 2008; SARGENT, 2010). Nos modelos fotográficos ou operacionais, utilizados para previsões e orientação da tomada de decisão, por outro lado, a validação inclui aferir se o modelo reproduz o fenômeno da forma mais exata possível. Para tanto, utilizam-se dados empíricos e análise estatística de forma comparativa com os resultados do modelo (GILBERT, 2008; SARGENT, 2010).

Técnicas de validação foram propostas por diversos autores cujas abordagens variam consideravelmente (GILBERT, 2008; QUADRAT-ULLAH, 2005; SARGENT, 2010; WINDRUM et al., 2007). Ngo e See (2012) sugerem quatro processos para validar os ABMs: 1) validação facial (ou *face validation*), 2) análise sensitiva, 3) calibração e 4) validação dos resultados (ou *output validation*).

A validação facial é aplicada às fases iniciais de desenvolvimento do modelo e envolve observar a dinâmica geral do sistema simulado, monitorando o comportamento de um agente em particular e analisando se os padrões emergentes se aproximam, em alguma medida, aos observados no mundo real (NGO; SEE, 2012). A análise sensitiva refere-se a um processo de testes dos parâmetros de forma a avaliar qual o seu efeito nos resultados do sistema. É um processo mais rigoroso que a validação facial, e normalmente, demanda um tempo significativo e inúmeras simulações, uma vez que a combinação entre os valores dos parâmetros e as condições iniciais do modelo podem ser infinitas (GILBERT; TROITZSCH, 2005; GILBERT, 2008). Algumas técnicas, no entanto, podem ser utilizadas para minimizar o número de testes e simulações, como

Design de Experiências (*Design of Experiments* – DOE), proposto por Happe (2005) e Kleijnen et al. (2003).

A calibração, por sua vez, implica em ajustar os parâmetros do modelo de forma a otimizar os resultados, com base em um conjunto de dados ou contexto específico, para que o modelo represente, da melhor forma possível, o fenômeno do mundo real (CROOKS; HEPPENSTALL, 2012; NGO; SEE, 2012). Comumente, utiliza-se a análise sensível como forma de calibrar os parâmetros – esses dois processos, portanto, estão relacionados. Finalmente, a validação dos resultados consiste em comparar, de forma gráfica e estatística, os resultados do modelo a dados empíricos (NGO; SEE, 2012). Estes procedimentos são realizados de forma iterativa, como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14. Processo de validação de um ABM.

Fonte: NGO; SEE (2012, adaptado).

Apesar das propostas e técnicas existentes para avaliação dos ABMs, a grande maioria dos modelos publicados apresenta ensaios, frequentemente inacabados, sobre a validação (HEPPENSTALL et al., 2016). É desejável, porém, que as publicações sobre ABMs incluam documentações mais robustas sobre o processo de validação (SARGENT, 2010).

4.2.4. Publicação

De acordo com Grimm e Railsback (2012), descrições longas, porém incompletas, são comuns nas publicações de ABMs, o que os torna dificilmente replicáveis. Essa dificuldade inerente em comunicar e publicar os ABMs pode ter raízes em dois desafios existentes, conforme Gilbert (2008) e Grimm e Railsback (2012): o primeiro, refere-se à própria natureza dos ABMs. Estes são modelos de simulação, desenvolvidos através de uma base computacional, que possuem uma variedade de agentes, atributos, estados e processos, dificilmente representados com a riqueza de detalhes necessária em publicações tradicionais. Soma-se a isso o fato de serem extremamente sensíveis às condições iniciais, à ordem dos processos e ao conjunto de dados utilizados e, o segundo, refere-se à inexistência de uma padronização, amplamente aceita, para os procedimentos de desenvolvimento e comunicação dos ABMs. Avanços, porém, têm sido empreendidos, tanto no campo da padronização dos procedimentos para desenvolvimento e comunicação dos modelos, quanto no das publicações.

No que se refere à publicação dos modelos, a inclusão de dados complementares, como o código e os dados utilizados, tem sido possibilitada devido ao fato de que as revistas científicas estão, gradativamente, adotando formatos digitais. Além disso, a divulgação e disseminação dos modelos têm sido ampliada através da formação de uma comunidade e de repositórios digitais, por exemplo, o *Open Agent Based Modelling Consortium* (JANSSEN et al., 2008).

Em termos de padronização da comunicação dos modelos, o protocolo ODD (*Overview, Design concepts, Details*), proposto por Grimm et al. (2006, 2010), foi desenvolvido com base na ideia geral de que um ABM pode ser apresentado de forma gradativa, aumentando sua complexidade e detalhes: primeiramente, apresenta-se um *overview* geral dos processos e da estrutura, por último, os detalhes e as especificações. E apesar de o protocolo ODD ter sido elaborado para ser aplicado na comunicação e desenvolvimento de todos ABMs, independentemente da área de conhecimento, sua

estrutura ainda é conduzida por algumas especificidades da ecologia, domínio sob o qual foi desenvolvido e, portanto, não é adotado de forma consensual entre os modeladores.

Finalmente, é importante mencionar que o protocolo metodológico para desenvolvimento de um ABM ainda está em amplo progresso, com diversos pontos de discussão em aberto e apresentando diversos desafios a serem superados como mencionado nesta seção. Portanto, é mais apropriado considerá-lo como um guia geral.

4.3. O estudo de caso: Marília/SP

Marília é um município do Estado de São Paulo, localizado na porção oeste do Estado de São Paulo (Figura 15), mais precisamente a 443 km da capital paulista por rodovia, e geograficamente situado, em toda sua extensão, entre as coordenadas geográficas 22°00' e 22°30' de latitude sul e 49°30' e 50°00' de longitude oeste, compreendendo uma área de 1.170,174 km² (IBGE, 2019).

Figura 15. Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Para se compreender as dinâmicas mais recentes e as alterações nos padrões espaciais de segregação, faz-se necessária uma retomada das trajetórias históricas e altamente contextuais de formação do espaço intraurbano de Marília. A próxima seção possui esse objetivo, bem como avançar em direção às dinâmicas recentes observadas em Marília.

4.3.1. Retrospectiva histórica do processo de formação de Marília e as dinâmicas recentes

No fim do século XIX iniciou-se a marcha para o oeste paulista para fins de expansão das atividades econômicas do ciclo cafeeiro. Nesta região do Estado, a ocupação foi marcada por diferenças temporais e espaciais que impactaram o surgimento e desenvolvimento dos núcleos urbanos no Planalto Paulista, e se deu de acordo com os interesses dos pioneiros, bem como as condições do terreno e alocação de infraestrutura de transporte, com destaque para a instalação das linhas férreas (MOMBEIG, 1984).

Nenhum plano estatal regulamentou a implantação das ferrovias à oeste ou estipulou o trajeto a ser percorrido, sendo o terreno o principal determinante das rotas, o que fez com que as três principais ferrovias (Estrada de Ferro Sorocabana, Estrada de Ferro Noroeste do Brasil e a Companhia Paulista de Estradas de Ferro) se estabelecessem sobre os espigões e divisores de água (GUIDUGLI, 1979). A Estrada de Ferro Sorocabana foi implementada em 1921 e seguiu para oeste sob o espigão entre os rios Peixe e Paranapanema, com destino a Presidente Epitácio, nas margens do Rio Paraná; a Estrada de Ferro Noroeste do Brasil partiu de Bauru em 1904, seguiu pelo espigão entre os rios Tietê e Aguapeí, chegando à Cuiabá (MT) em 1918; e a Companhia Paulista de Estradas de Ferro foi implementada em 1913 em Piratininga, passando pelo espigão dos rios Aguapeí e Peixe, com destino ao porto de Panorama, no rio Paraná em 1962 (GUIDUGLI, 1979). As rotas das três principais linhas férreas, bem como as datas de chegada da linha férrea são ilustradas na Figura 16, a seguir. Como se pode observar, Marília foi “ponta de trilho” ou “a boca do sertão”, de acordo com Mombeig (1984), durante dez anos.

Mombeig (1984) aponta que as três ferrovias foram desenvolvidas com objetivos distintos, sendo que os da Sorocabana e a Noroeste eram a comercialização de terras através da antecipação da marcha do café, que só atingiria essas regiões dez anos após suas respectivas implementações. A Companhia Paulista, no entanto, foi estabelecida em um contexto diferenciado em que os cafezais já avançavam à margem esquerda do Tietê, desde Piratininga até a região onde atualmente se situa Marília (MOMBEIG, 1984). Essa peculiaridade resultaria em uma frente pioneira caracterizada pelas pequenas e médias propriedades (PEREIRA, 2005).

Figura 16. Trechos das ferrovias: Cia Paulista, Sorocabana e Noroeste.

Fonte: (GUIDUGLI, 1979, p. 89, adaptado).

Como outras cidades do oeste paulista, a origem de Marília está relacionada à apropriação de terras devolutas do Estado com escrituras de origem duvidosa, por esse motivo, e pela presença dos índios Coroados na região, a comercialização de terras se deu de forma lenta nas fases iniciais (PEREIRA, 2005). Os patrimônios de onde originaram a cidade de Marília foram: Alto Cafezal, de posse de Antônio Pereira da Silva, Vila Barbosa, originalmente de posse do Major Elizário Camargo Barbosa, e Cincinatina, originalmente de posse de Cincinato César da Silva Braga, posteriormente vendida à Bento de Abreu Sampaio Vidal (LARA, 1991). Sob a influência do deputado Bento de Abreu Sampaio Vidal foi aprovado o projeto de lei de criação do município de Marília, que abarcava os três patrimônios em 1927 e, posteriormente, instalou-se o ponto final da linha férrea da Companhia Paulista (LARA, 1991; PEREIRA, 2005).

Neste período inicial de formação, a produção rural e as necessidades da população da cidade possuíam um relacionamento estreito de complementaridade, sendo que na cidade se concentravam as atividades manufatureiras, as máquinas beneficiadoras de café, arroz e algodão e pequenas indústrias artesanais do ramo alimentício, com destaque para

produção de óleos, manteigas, bebidas etc. (MOURÃO, 1994). De acordo com Mourão (1994), os efeitos da crise de 1929 não foram sentidos de imediato devido às práticas de agricultura diversificada das pequenas e médias propriedades voltadas a atender à região. A partir de 1934, porém, inicia-se um processo de substituição dos cafezais para algodoads, dando início ao ciclo do algodão na região, que abastecia as indústrias têxteis localizadas na capital paulista e também o mercado internacional, principalmente Japão e Alemanha (MOURÃO, 1994).

Nas décadas de 1940 e 1950, Marília recebeu migrantes, majoritariamente de origem nordestina e imigrantes, em grande parte japoneses, que foram fundamentais no desenvolvimento local, através da introdução de novas técnicas agrícolas (GUIDUGLI, 1979). O ciclo do algodão entrou em declínio, sendo substituído pelo cultivo de amendoim, a partir da década de 1950, que passou a ser utilizado como matéria-prima nas indústrias alimentícias artesanais locais, que passaram a se diversificar no período (MOURÃO, 1994).

A partir de 1970 a produção em destaque passa a ser a de balas, doces e massas, no ramo alimentício, e em outros setores as fábricas passaram a diversificar a produção. Um exemplo notório é o da Sasazaki cuja produção, antes, era restrita a lamparinas, plantadeiras e máquinas beneficiadoras, passando depois a produzir janelas e venezianas (MOURÃO, 1994). Na década de 1970 inaugura-se também, as Faculdades Integradas de Marília, posteriormente denominada Universidade de Marília (UNIMAR), instala-se o campus da Unesp Marília e a Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha (FEESR), atraindo estudantes da região e se consolidando como polo universitário. Em termos de localização, as universidades constituíram a “área do campus”, localizadas em sequência no mesmo eixo sudoeste, margeando a rodovia SP-294 em direção a Assis.

A ocupação industrial, neste período, já começa a se estabelecer no entorno das vias de acesso, margeando as rodovias BR-153, na zona norte, em direção a Lins. Como consequência, o primeiro distrito industrial de Marília, promovido pelo II PND, é concebido e passa a ser ocupado a partir 1980, pelas empresas Bel, Iguatemy, Ikeda, Dori etc. (MOURÃO, 1994). Até 1990 se estabelece outro distrito industrial em Marília, margeando a SP-294, na zona sudeste em direção à Bauru, ocupado por indústrias de grande porte como Coca-Cola e Intercoffee, entre outras.

No que se refere ao aspecto demográfico, Marília demonstra um crescimento acentuado a partir de 1980, em comparação com a metrópole paulista, como pode ser observado na Tabela 4. Este crescimento, para o período, coincide com o processo de

desconcentração industrial da metrópole e alocação nas cidades do interior, como aponta Sposito (2007).

Tabela 4. Evolução Demográfica da População Urbana (1980 – 2010)

	<i>Marília</i>	<i>São Paulo</i>
<i>1970</i>	98.176	5.924.615
<i>1980</i>	107.299	8.337.241
<i>1</i>	0,89	3,47
<i>1991</i>	150.520	9.412.894
<i>2</i>	2,56	1,15
<i>2000</i>	197.342	10.434.252
<i>3</i>	2,32	0,91
<i>2010</i>	216.745	11.253.503
<i>4</i>	0,95	0,76

1 - Taxa Geométrica de crescimento anual entre o período de 1970-1980

2 - Taxa Geométrica de crescimento anual entre o período de 1980-1991

3 - Taxa Geométrica de crescimento anual entre o período de 1991-2000

4 - Taxa Geométrica de crescimento anual entre o período de 2000 – 2010

Fonte: SEADE (2019).

Quanto ao crescimento urbano, algumas singularidades apontam para um tecido fortemente condicionado pelos sistemas de transporte, tanto ferroviário quanto rodoviário, uma vez que a cidade cresceu e foi organizada em torno de quatro rodovias inter-regionais e da linha férrea, que atravessa o coração da cidade ainda nos dias atuais (GUIDUGLI, 1979). E também, pelo relevo, considerando que a cidade está inserida na província geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista e na unidade morfoescultural do Planalto Residual de Marília (ROSS; MONROZ, 1997), um pacote sedimentar que ocupa áreas de platôs elevados na paisagem (altitude média de 675 metros), associados às escarpas com declividade acentuada, o que dificulta a ocupação e expansão urbana (IPT, 1981). Este quadro pode ser ilustrado, na Figura 17, pela evolução comparativa das manchas urbanas de Marília para o período de 1962 a 1984, conduzida através de uma série histórica de fotografias aéreas (1962, 1972 e 1984), georreferenciadas e ortorretificadas.

Figura 17. Crescimento urbano de Marília entre 1962 e 1984.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A análise comparativa das manchas de crescimento urbano demonstrou um crescimento de aproximadamente 170% para o período. Na década de 1970 o crescimento da mancha urbana já apresentava níveis superiores em relação ao crescimento demográfico (LEME, 1999). Os novos loteamentos, instalados nas periferias, já apresentavam características “populares”, como pequenas dimensões e maior densidade em termos de unidades habitacionais, destinados aos segmentos com menor poder aquisitivo (GUIDUGLI, 1979; LEME, 1999).

De acordo com Leme (1999), entre as décadas de 1970 e 1980, a área urbana aumenta em 2,3 vezes saindo de aproximadamente 10.924.000m² de área construída para 25.252.000m², devido ao processo de regulamentação dos loteamentos já existentes no período anterior e pelo aquecimento do mercado imobiliário. Neste período observa-se o

surgimento das primeiras favelas: Vila Barros, do Tofolli e Argolo Ferrão. Também se instala o primeiro conjunto habitacional de modelo vertical, desenvolvido pela CECAP (Companhia Estadual de Casas Populares), no Bairro Maria Izabel, localizado na zona leste da cidade.

A década de 1990, por sua vez, foi marcada por um aumento significativo no valor de troca da terra urbana, chegando a dobrar em relação aos anos anteriores, o que fez com que se iniciasse um processo de implementação de bairros destinados à população de maior poder aquisitivo (LEME, 1999). Até meados da década de 1990 instalam-se os primeiros condomínios fechados horizontais nas franjas de crescimento urbano, localizados na zona leste da cidade (ZANDONADI, 2008). O primeiro grande conjunto habitacional, Conjunto Habitacional Nova Marília, desenvolvido pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), também foi implantado neste período, localizado no extremo sul da cidade.

Entre 2000 e 2010 multiplicam-se os condomínios fechados horizontais e verticais que, também, se tornaram mais diversificados em termos de características e localizações (Figura 18), variando de grandes lotes de chácaras (Green Valley, Portal dos Nobres, Portal da Serra), a casas consideradas grandes (Villa Flora, Pedra Verde, Campo Belo), de tamanho médio (Residencial Jardim Colibri, Portal do Parati, Jardim do Bosque, Vila Nova, Residencial dos Girassóis) e pequenas, construídas por incentivos do programa MCMV (Moradas de Marília I, Residencial Campina Verde, Palmital I e II, Moradas do Bosque, Altos do Palmital, Altos da Nova Marília, Residencial 1º de Maio, Damasco III, Residencial Girassóis, Village Barcelona e Vereador Eduardo Andrade Reis e Campo Limpo). O ano de lançamento de cada um dos empreendimentos citados é apresentado na Tabela 4; as localizações, por sua vez, são exibidas na Figura 18.

Soma-se a isso o fato de que foram instalados, no período de 2000 a 2010, dois *shoppings centers* (Esmeralda e Marília Shopping), um localizado na zona norte e o outro na zona leste (Figura 18), atuando como novas centralidades em Marília (SPOSITO; GÓES, 2013). Estudos recentes apontam que houve um processo de aumento na fragmentação urbana de Marília, decorrente dessas novas centralidades e novas formas de habitats (ARAUJO, 2013; DAL POZZO, 2011; ZANDONADI, 2008), ainda, apontam para a constituição de espaços de exclusão social (ARAUJO, 2013; NUNES, 2007) e consolidação de padrões de desigualdade (MELAZZO, 2006). Devido aos processos acima citados, Marília pode ser considerada uma cidade média (SPOSITO et al., 2007).

Tabela 5. Empreendimentos no estilo condominial lançados entre 2000 e 2010 em Marília.

<i>Nome do empreendimento</i>	<i>Ano de lançamento</i>
<i>Residencial Jardim do Bosque</i>	2000
<i>Portal do Parati</i>	2000
<i>Residencial Pedra Verde</i>	2000
<i>Villagio das Esmeraldas</i>	2000
<i>Residencial Campo Limpo</i>	2001
<i>Residencial Solar das Esmeraldas</i>	2001
<i>Residencial Campo Belo</i>	2001
<i>Residencial Jardim Colibri</i>	2001
<i>Green Valley</i>	2002
<i>Villa Flora</i>	2002
<i>Residencial Jardim Ismael</i>	2003
<i>Portal da Serra</i>	2003
<i>Portal dos Nobres</i>	2004
<i>Residencial Costa do Ipê</i>	2006
<i>Terra Nova Marília I e II</i>	2007
<i>Residencial Viver Aquarius</i>	2007
<i>Residencial Viver Bosque</i>	2008
<i>Moradas de Marília I</i>	2008
<i>Residencial Campina Verde</i>	2008
<i>Palmital I e II</i>	2008
<i>Altos do Palmital</i>	2008
<i>Moradas do bosque</i>	2009
<i>Altos da Nova Marília</i>	2009
<i>Residencial Primeiro de Maio</i>	2009
<i>Jardim Damasco III</i>	2009
<i>Residencial dos Girassóis</i>	2009
<i>Vereador Eduardo Andrade Reis</i>	2009

Fonte: ARAUJO (2013); DAL POZZO (2011), adaptado.

Figura 18. Empreendimentos no estilo condominial lançados entre 2000 e 2010.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

CAPÍTULO V

Análise dos padrões espaciais de segregação em Marília entre 2000 e 2010

Este capítulo tem como objetivo analisar as alterações empíricas e, altamente contextuais, nos padrões espaciais de segregação de Marília entre 2000 e 2010. Foram utilizados, para tanto, os índices espaciais de segregação apresentados no Capítulo IV. Esta análise possui três contribuições principais nesta pesquisa. A primeira refere-se à produção de evidências empíricas e à quantificação dessas alterações, de forma a responder a questões como: onde ocorreram? Quanto foi a variação entre os índices computados para 2000 e 2010? A segregação aumentou, diminuiu ou permaneceu constante? Ao responder essas perguntas os índices contribuem, em segundo lugar, para um maior entendimento sobre os fatores que atuaram na alteração dos padrões de segregação em Marília/SP no período, permitindo inferências e a elaboração de hipóteses a partir do princípio da indução. Em terceiro lugar, os índices espaciais contribuem no processo de validação do ABM desenvolvido nesta tese e apresentado no Capítulo VII.

5.1. Análise das alterações nos padrões espaciais de segregação entre 2000 e 2010

A seguir, a comparação entre os índices calculados para 2000 e 2010 para Marília é apresentada. Os resultados do índice da teoria da informação ($H^{\check{}}$) representam as alterações na dimensão dispersão/agrupamento e dos índices espaciais de exposição normalizados ($P_{norm}^{\check{}}(m,n)$), na dimensão exposição/isolamento.

5.1.1. Alterações na dimensão dispersão/agrupamento

Comparando os valores do índice espacial global da teoria da informação ($H^{\check{}}$) (Figura 19), observa-se que a segregação aumentou entre 2000 e 2010 nas escalas locais (600-800m) e intermediárias (1000-1600m). Nas escalas mais abrangentes (1800-2000m), a variação nos valores foi ínfima, apontando para a manutenção do macropadrão espacial de segregação. A alta declividade do perfil, por outro lado, indica que a segregação é mais evidente nas escalas locais, em ambas as datas.

Figura 19. Perfil de segregação dos índices espaciais globais da teoria da informação ($\check{H}$), computado para 2000 e 2010.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os índices espaciais locais da teoria da informação ($\check{h}_j$) são apresentados na Figura 20. As localidades em azul indicam áreas com uma composição populacional mais diversa que a área de estudo como um todo, enquanto aquelas em tons mais avermelhados apontam o oposto.

Os mapas sugerem que a distribuição espacial dos grupos socioeconômicos mudou em alguns aspectos. Em 2000, as áreas menos segregadas (em branco), cuja entropia local se aproxima da entropia global, se constituíam na grande maioria das localidades. O setor que vai do centro histórico à zona leste, cuja população predominante é de maior nível socioeconômico, pode ser considerado menos segregado em 2000. Em 2010, a composição populacional se aproximou da entropia máxima/ideal.

Figura 20. Mapas dos índice espacial locais da teoria da informação ($\check{h}_j$), computado para 2000 e 2010.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os mapas apontam, também, para um ligeiro aumento nos valores positivos do índice nas áreas periféricas localizadas ao extremo norte e sul, em 2010, cuja população predominante é de baixo nível socioeconômico. As localidades com valores mais acentuados em 2000, porém, demonstram uma tênue redução, possivelmente ocasionada pelo aumento da densidade populacional nessas localidades e a multiplicação dos setores censitários. Não obstante, os mapas indicam que nestas localidades a diversidade é menor que a área de estudo como um todo, ou seja, os grupos de nível socioeconômico mais baixo estão ainda mais concentrados e segregados nessas áreas.

A análise da dimensão exposição/isolamento, apresentada a seguir, complementa os resultados encontrados para a dimensão dispersão/agrupamento.

5.1.2. Alterações na dimensão exposição/isolamento

Os resultados dos índices espaciais globais normalizados que caracterizam as dimensões exposição/isolamento são apresentados nas Figuras 21 e 22. Uma situação de interação entre os grupos populacionais é representada pelo valor 1,0 (onde a probabilidade de membros de diferentes grupos dividirem uma mesma localidade é igual ao tamanho dos grupos populacionais), valores maiores, indicam uma situação de menor exposição (segregação) e valores menores, maior exposição.

Os resultados apontam para uma menor exposição entre os grupos de maior e menor nível socioeconômico em 2010, ou seja, estes grupos encontram-se mais segregados. Considerando que as proporções dos grupos diminuíram em aproximadamente 50% e 28%, respectivamente, a exposição entre estes grupos diminuiu em 10% em 2010, em escalas locais (600m). A declividade dos perfis demonstra, por sua vez, que nas escalas locais a segregação entre estes dois grupos é ainda mais evidente.

Figura 21. Perfil de segregação dos índices espaciais globais normalizados de exposição entre o grupo de zero a dois salários mínimos e os demais grupos socioeconômicos.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os resultados dos perfis (Figura 21) também apontam para uma diminuição da exposição entre o grupo de menor nível socioeconômico (até dois s.m.) e todos os outros grupos populacionais. Leva-se em consideração que, apesar de os valores de exposição terem aumentado levemente em relação ao grupo de dois a três s.m., a proporção deste grupo chegou a 47%. Estas evidências apontam que o grupo socioeconômico de baixíssima renda (até dois s.m.) estava mais segregado em 2010.

As declividades e o grau de separação entre os perfis indicam, ainda, que a segregação entre o grupo de baixíssima renda (até dois s.m.) e o grupo de baixa renda (entre dois e três s.m.) e rendas intermediárias (de três a cinco e de cinco a dez s.m.) é mais evidente nas escalas locais. Em relação aos grupos do estrato socioeconômico superior (de dez a 20 e acima de 20 s.m.), a segregação não possui escala evidente, ou seja, estão segregados em todas as escalas, sendo predominante os padrões espaciais de macrossegregação, ainda mais acentuados em 2010.

Houve, no entanto, uma mudança significativa em relação à exposição do grupo de até dois s.m. e entre dez e 20 s.m. Em 2010, a exposição entre os grupos de baixíssima (até dois s.m.) e alto (entre dez e 20 s.m.) nível socioeconômico diminuiu em todas as escalas e mais significativamente na microescala. Este fato indica que este grupo “se afastou” da população de baixíssimo nível socioeconômico.

Os índices de exposição do grupo com renda acima de 20 s.m. em comparação aos outros grupos socioeconômicos, computados para as escalas de 600m a 2000m, são apresentados na Figura 22. Os perfis não apresentam uma variação significativa, o que demonstra que o padrão espacial de exposição deste grupo em relação aos outros não se alterou.

Os perfis da exposição entre este grupo e os de nível socioeconômico mais baixo (até dois e de dois a três s.m.) e intermediário (de três a cinco s.m.) indicam que a segregação entre estes grupos não possui uma escala evidente, ou seja, predominam padrões de macrossegregação, em todas as escalas estes grupos estão segregados entre si. Em relação à exposição ao grupo com renda entre cinco a dez s.m. nota-se que a exposição aumentou em 2010, ou seja, os grupos encontram-se levemente mais expostos e menos segregados. A segregação entre o grupo dez e 20 s.m., demonstra-se mais evidente nas escalas locais, ou seja, estes grupos encontram-se menos segregados entre si nessas escalas. De forma geral, observa-se uma tendência em 2010 de aumento da proximidade entre os grupos de alto nível socioeconômico, que apresenta um padrão microescalar e,

de afastamento destes grupos em relação aos de baixíssimo nível socioeconômico, apresentando um padrão macroescalar.

Figura 22. Perfil de segregação dos índices espaciais globais normalizados de exposição entre o grupo com renda acima de 20 salários mínimos e os demais grupos socioeconômicos.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A Figura 23 contribui para o entendimento das modificações na dimensão exposição/isolamento⁹ da segregação, apresentando todos os índices computados para largura de banda de 600m e colocados em escala logarítmica. A interpretação é simples e intuitiva: barras à direita indicam se os grupos estão mais expostos/isolados; à esquerda, menos. Os valores na escala horizontal apontam o quanto os grupos estão mais expostos/isolados (por exemplo: 2 indica duas vezes mais exposto/isolado).

⁹ Quando calculada a exposição entre membros de um mesmo grupo populacional, obtém-se o isolamento. Na matriz da Figura 23, os valores de isolamentos do grupo com renda acima de 20 salários mínimos em 2000 e 2010, por exemplo, são as barras superiores em vermelho forte nos últimos dois quadros.

Figura 23. Matriz dos índices espaciais globais normalizados de exposição/isolamento, em escala logarítmica.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em resumo, o gráfico demonstra que, nas escalas locais (600m), os grupos do estrato socioeconômico superior (com rendimentos de cinco a dez, de dez a 20 e acima de 20 s.m.) continuam mais expostos uns aos outros. O mesmo observa-se em relação aos grupos do estrato inferior (com renda até dois s.m., de dois a três e de três a cinco s.m.). A exposição entre os grupos do estrato inferior e superior, porém, reduziu em 2010, indicando que os estratos estão mais segregados. As principais mudanças referem-se ao quanto a exposição/isolamento aumentou entre estes grupos.

O isolamento normalizado dos grupos com rendimentos acima de 20 s.m. e de dez a 20 s.m. aumentou significativamente. Em 2000, o índice era 2,9 para o grupo acima de 20 s.m. e de 1,55 para o grupo de dez a 20 s.m. Em 2010, alcançou valores de 3,2 e 1,7, respectivamente. Estes grupos demonstraram maior grau de alteração nos valores do índice e são, portanto, os dois grupos mais segregados na dimensão exposição/isolamento em 2010. Um aumento, em menor grau, no isolamento dos grupos com rendimentos de até dois s.m. e de cinco a dez s.m., também pode ser observado. Em 2000, o índice era 1,09 para o grupo de até dois s.m. e de 1,06 para o grupo de cinco a dez s.m. Em 2010, alcançou valores de 1,13 e 1,12, respectivamente.

Uma última observação se faz em direção à exposição dos grupos com rendimentos de dois a três e de três a cinco s.m., que em 2010 alcançaram valores próximos a 1, ou seja, são os grupos menos segregados, considerando que houve um aumento de 47% na proporção do grupo populacional com rendimentos de dois a três salários mínimos, o que contribuiu para essa ocorrência.

Os índices locais que caracterizam a dimensão exposição/isolamento da segregação (Figuras 24 a 26) complementam o entendimento dos índices globais, demonstrando como cada localidade contribui com o valor do índice global.

Figura 24. Índice de exposição local $(p)_{j(m,n)}$ entre os grupos com rendimentos acima de 20 e até dois salários mínimos

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Como pode ser observado na Figura 24, a exposição entre os grupos com rendimentos acima de 20 e até dois s.m. diminuiu de 2000 para 2010. O aspecto mais interessante, porém, é observar que as localidades de maior exposição entre os grupos em 2010 (porém, com valores menores que em 2000) são as mesmas nas quais há um aumento na diversidade local, em relação à diversidade da área de estudo como um todo, em 2010 (Figura 20), ou seja, no setor que vai do centro da cidade à zona leste, o que indica que estes grupos estão geograficamente mais próximos e, no entanto, estão mais isolados.

Esse resultado também é corroborado pelos mapas de exposição entre os grupos com renda similares. Os mapas de exposição entre os grupos socioeconômicos do estrato superior (com renda de dez a 20 e acima de 20 s.m.), apresentados na Figura 25, apontam para um aumento considerável da exposição entre estes grupos, em algumas localidades específicas do setor centro-leste. Ao mesmo tempo, indicam que estes grupos socioeconômicos estão mais segregados dos outros em 2010, nestas localidades específicas.

O aumento da exposição entre os grupos do alto estrato socioeconômico (e aumento significativo no isolamento global normalizado de ambos dos grupos) em determinadas localidades pode ser explicado pela ocorrência de implementações de condomínios fechados de alto padrão, com casas de grande porte (Residencial Pedra Verde, Villagio das Esmeraldas, Solar das Esmeraldas, Portal dos Nobres, Villa Flora etc.). A redução da exposição entre estes grupos em algumas localidades do setor centro-leste, ainda, pode indicar um processo de migração das elites para os condomínios fechados e o abandono gradual dos bairros tradicionais da cidade.

Figura 25. Índice de exposição local $(p)_{j(m,n)}$ entre os grupos com rendimentos entre dez e 20 e acima de 20 salários mínimos.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os mapas apresentados na Figura 26 reforçam estes resultados. Observa-se que a exposição entre os grupos do estrato socioeconômico inferior também aumentou no período nas localidades mais periféricas de Marília, especialmente norte e sul, onde há predominância dos grupos socioeconômicos mais baixos e onde a diversidade entre os grupos populacionais diminuiu em relação à diversidade da área de estudo como um todo, como aponta o índice local ($\check{h}_j$) (Figura 20).

Mesmo considerando que houve um aumento na proporção do grupo com renda de dois a três s.m., de 47% e, uma diminuição de 8% na proporção do grupo com renda de até dois s.m., a exposição entre estes grupos ainda demonstra um leve aumento nas localidades periféricas. Estes resultados significam que os grupos de nível socioeconômico mais baixo estão, ainda, mais segregados nas áreas periféricas em 2010. Se considerados os resultados da dimensão dispersão/agrupamento, ou seja, que demonstram que a diversidade diminuiu em 2010 nestas mesmas localidades, em comparação com a diversidade da área de estudo, isto se torna um agravante: a população de baixa renda está mais segregada em ambas as dimensões (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento nas localidades periféricas (norte e sul) de Marília, em 2010.

Figura 26. Índice de exposição local $(p)_{j(m,n)}$ entre os grupos com rendimentos de até dois e entre dois e três salários mínimos.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observa-se nestas localidades, a continuidade do processo de periferização dos grupos socioeconômicos de nível socioeconômico mais baixo. Nessas mesmas localidades empreendimentos imobiliários com casas de pequeno porte (40m²) foram aprovados entre 2009 e 2010, com auxílio do programa federal MCMV (Altos do Nova Marília, Terra Nova Marília I e II, Altos do Palmital, Moradas de Marília I e Residencial Primeiro de Maio, entre outros), e apesar de não estarem completamente construídos e habitados em 2010, levanta-se a hipótese de que a segregação destes grupos pode aumentar significativamente nestas localidades em decorrência destes novos empreendimentos.

A seguir, discute-se a análise das alterações nos padrões de segregação em Marília entre 2000 e 2010, relacionando-a a outras áreas de estudo e a elementos mais generalizáveis, trazidos pela literatura. Apresentam-se, ainda, afinidades com os estudos específicos sobre a cidade de Marília que contribuem com a elaboração de hipóteses sobre a dinâmica subjacente às alterações nos padrões espaciais.

5.2. Discussão sobre as alterações nos padrões espaciais de segregação em Marília

No período de 2000 a 2010, observa-se uma redução das desigualdades sociais no Brasil promovida por políticas de distribuição de renda, redução do desemprego e aumento de salários dos trabalhadores de baixa qualificação (MARQUES, 2014). Em Marília, este fato é observável no aumento significativo na proporção do grupo socioeconômico com rendimentos de dois a três salários mínimos e na redução da proporção dos grupos nos extremos do estrato socioeconômico (renda até dois e acima de 20 salários mínimos) (Figura 12).

Embora as evidências apontem para uma distribuição de renda e redução das desigualdades, estes fatores não se refletiram na minimização da segregação em Marília. Ao contrário, nota-se um aumento da segregação nas escalas locais (600m) e uma manutenção dos padrões de macrossegregação (2000m). Os grupos mais segregados são os grupos do alto estrato socioeconômico (rendimentos de dez a 20 e acima de 20 salários mínimos), seguidos do grupo de baixíssima renda (até dois salários mínimos). Esta tendência é similar a observada na metrópole de São Paulo (FEITOSA et al., *in press*).

Os grupos do alto estrato socioeconômico (de dez a 20 s.m. e acima de 20 s.m.) estão mais isolados em determinadas localidades da cidade (eixo centro-leste da cidade) em 2010 (Figura 25). No entanto, estas são localidades que apresentam uma composição populacionais mais diversa que a área de estudo como um todo (Figura 20).

Genericamente, pode-se afirmar que estes grupos assumem um padrão de “evitação social” (MARQUES, 2016, p. 155) em relação aos outros grupos socioeconômicos. Estes resultados são consistentes e corroboram com análises sobre as alterações nos padrões de segregação em outras áreas de estudo para o mesmo período. Chetry (2015), Feitosa et al. (*in press*) e Marques (2016) apontam para um aumento na segregação das classes de nível socioeconômico superior em metrópoles como São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Brasília Vitória e Belo Horizonte.

Inferese-se que o principal processo atuando na ascensão do isolamento dos grupos de alta renda, que ao mesmo tempo em localidades com uma composição populacional mais diversa, é a migração das elites para os condomínios fechados desenvolvidos no período e localizados no setor centro-leste da cidade (Figura 18). Entre 2000 e 2010, nestas localidades, 10 condomínios fechados com habitações de tamanho grande e médio, destinados às famílias de nível socioeconômico mais elevado, foram implementados. Esta multiplicação dos condomínios, no período, pode estar associada ao aumento da segregação e à fragmentação espacial em Marília, como afirmam Dal Pozzo (2011) e Zandonadi (2008). Em um âmbito mais genérico, corroboram com as conclusões de Melazzo (2015) e Sposito e Góes (2013).

No que se refere aos grupos de nível socioeconômico mais baixo, nota-se que a redução da exposição deste grupo a todos os outros (Figura 21), em todas as escalas e o aumento no isolamento (Figura 23) nas escalas locais, evidenciam que o macropadrão de segregação persistiu e foi sobreposto a padrões de microsegregação. Este grupo socioeconômico, ainda, encontra-se mais concentrado e segregado nas áreas periféricas da zona sul e norte da cidade (Figuras 20 e 26). Estes resultados apontam para a continuidade do processo de periferização dos grupos de nível socioeconômico mais baixo em Marília.

Estes resultados, ainda, diferem dos apresentados por Oliveira e Silveira Neto (2015) para Recife, e Prado (2012) e Rocha (2011) para Santa Maria, que apontam para a redução da segregação entre os grupos de altíssima e baixíssima renda. Para os autores, esta diminuição pode ser explicada pelo surgimento de condomínios fechados de alto padrão nas periferias, majoritariamente ocupadas pela população de baixo nível socioeconômico. Na metrópole paulista, no entanto, os condomínios de alto padrão alocados nas áreas periféricas, onde predominam a população de baixa renda, são exceções (FEITOSA et al., *in press*). Em Marília, observa-se uma tendência similar. Ainda, nota-se que um volume significativo dos condomínios de alto e médio padrão

foram desenvolvidos no setor centro-leste no período, onde predominam a população de alto nível socioeconômico. Apontando para homogeneização dos espaços da elite (FEITOSA et al., *in press*). Melazzo (2015) aponta que neste setor centro-leste da cidade observam-se processos de valorização induzida para extração de renda fundiária, comprovadas pelo aumento de 267% nos preços dos terrenos nestas localidades, entre 2005 e 2010.

Finalmente, conclui-se que a hipótese #1 desta tese foi corroborada. Observa-se em Marília tendências similares às observadas em outras cidades brasileiras no mesmo período, principalmente, no que se refere ao aumento da segregação dos grupos de elevado (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016) e de baixo nível socioeconômico (FEITOSA et al., *in press*). Ainda, foi possível observar uma redução na segregação entre as classes médias, como apontado por Feitosa et al. (*in press*) e Ywata et al. (2011).

Levando em consideração as alterações nos padrões espaciais da segregação, quantificadas através dos índices espaciais de segregação e as inferências sobre a dinâmica subjacente a essas alterações, o próximo capítulo apresentará o modelo de simulação das alterações nos padrões espaciais da segregação em Marília, entre 2000 e 2010. O objetivo do ABM é testar as hipóteses sobre os processos e mecanismos que atuaram na dinâmica da segregação neste período.

CAPÍTULO VI

MAPS: Modelo de simulação das Alterações nos Padrões espaciais de Segregação

Este capítulo apresenta o ABM desenvolvido para simular a dinâmica da segregação entre 2000 e 2010. O modelo de simulação foi concebido sob a perspectiva da Teoria da Complexidade utilizando um ABM (Capítulo III) e baseia-se nas premissas teóricas sobre a dinâmica da segregação nas cidades brasileiras e médias, discutidas no Capítulo II.

O capítulo está subdividido em quatro subseções: 1º) a primeira seção apresenta as especificações teóricas, o modelo conceitual e uma visão geral da rotina de simulação, 2º) a segunda expõe a implementação e interface do modelo, e 3º) a terceira demonstra os resultados da análise sensível e verificação. É importante mencionar que, apesar de apresentadas de forma sequencial, estas etapas foram executadas de forma iterativa.

6.1. O modelo conceitual

O ABM desenvolvido nesta tese é um modelo de segregação baseado em uma lógica econômica. Parte-se da premissa de que as alterações nos padrões espaciais de segregação socioeconômica emergem a partir da interação entre aspectos econômicos, políticos, espaciais e a decisão locacional das famílias e agentes imobiliários que atuam no espaço urbano.

O ABM desenvolvido nesta tese parte de duas premissas principais:

- 1) a principal forma de acessar (ou não) a habitação urbana é através da sua aquisição via mercado imobiliário ou aluguel. As habitações são mercadorias que possuem valor de troca e o valor dos aluguéis também está relacionado ao seu valor venal;
- 2) a população é composta de famílias com rendimentos diferenciados;

E assume que:

- (a) O espaço, fisicamente e socialmente construído, atua como fator limitante e influenciador da tomada de decisão dos indivíduos que atuam no espaço urbano.
- (b) Os desenvolvedores imobiliários alocam os empreendimentos apenas em localidades nas quais existem terrenos vazios, ou seja, espaço físico disponível;

- (c) Famílias com rendimentos diferenciados ocupam tamanho de áreas diferentes. Por exemplo: habitações que correspondem a um nível socioeconômico mais elevado possuem lotes maiores com jardins, piscinas e elementos paisagísticos, enquanto as habitações populares possuem lotes menores.
- (d) Na percepção dos indivíduos, a construção do que significa um “bom” lugar para se morar tange a dois aspectos: às localizações e às características da moradia. Em termos de localização, quanto mais próximo das infraestruturas de serviços, comércio (como *shoppings centers* e o centro comercial da cidade) e espaços públicos e privados de lazer, melhor. No que se refere às moradias, quanto mais nova, melhor. O termo “novas”¹⁰ se refere tanto à data de construção quanto ao sentido de inovação nos atributos do “produto-habitação”, como varanda gourmet, cozinha planejada, múltiplas suítes, existência de espaços privados de lazer¹¹ etc. (ABRAMO, 2007).
- (e) Os indivíduos têm percepção total do ambiente e das possibilidades de mudança residencial e das áreas para alocação de desenvolvimentos imobiliários (no caso dos desenvolvedores imobiliários). A premissa de que os agentes têm conhecimento total de um sistema foi amplamente criticada pela literatura dos ABMs (ARTHUR, 1994; BENENSON; TORRENS, 2004; PORTUGALI, 2011; WOOLDRIDGE, 2002), contudo, na era da internet e das redes sociais, o conhecimento não pode ser limitado à distância euclidiana. Por exemplo, é cada vez mais comum saber de lançamentos residenciais através dos jornais on-line, de propagandas e marketing, que buscam atingir o maior número de indivíduos possível, ou através de pessoas que podem estar afastadas fisicamente, mas que fazem parte de uma rede de relacionamentos sociais. Soma-se a isso o fato de que em cidades pequenas e médias (como o caso de Marília/SP) existe um universo de possibilidades de mudança menor, que pode ser conhecido.

O modelo assume que existem duas categorias de agentes atuando na dinâmica da segregação no período: as famílias e os desenvolvedores imobiliários. As tomadas de

¹⁰ Buscou-se com isto modelar a estratégia adotada pelo mercado imobiliário de forma a atuar na demanda: diversificação horizontal das habitações (varanda gourmet, cozinha planejada, múltiplas suítes etc.) que, ao mesmo tempo, permite a depreciação fictícia dos estoques residenciais já existentes (ABRAMO, 2007).

¹¹ Evidências empíricas apontam que espaços privados de lazer, como os existentes em condomínios fechados, acrescem vantagens às moradias e equivalem, parcialmente, a parques e espaços públicos de lazer (ARDESHIRI et al., 2018; TU et al., 2016).

decisão destes dois tipos de agentes, no entanto, baseiam-se em lógicas diferentes, já que seus objetivos também são distintos.

Os desenvolvedores imobiliários objetivam maximizar os seus lucros e, para tanto, estratégias de diversificação horizontal dos “produtos-habitações” e “produtos-localizações” são adotadas (ABRAMO, 2007). Estes pressupostos baseiam-se na leitura de Abramo (2007) sobre a perspectiva da economia heterodoxa aplicada ao espaço urbano. Em relação à tomada de decisão dos agentes-desenvolvedores, assume-se que:

- (a) As localizações mais próximas às infraestruturas de serviços, comércio (como *shoppings centers* e o centro comercial da cidade) e espaços públicos de lazer permitem atribuir um maior valor de troca aos desenvolvimentos imobiliários;
- (b) As inovações nos atributos do “produto-habitação” (varanda gourmet, cozinha planejada, múltiplas suítes, existência de espaços privados de lazer etc.), também permitem atribuir um maior valor de troca às moradias;
- (c) A diversificação nos “produtos-habitações”, porém, possui uma relação com as localizações. Por exemplo: empreendimentos localizados nas áreas mais periféricas são caracterizados por casas populares, enquanto as casas dos condomínios de alto padrão possuem suítes, cozinha gourmet, varandas e diversos equipamentos de lazer como piscinas, quadras esportivas, salão de festa, áreas para churrasco etc.

As famílias, por sua vez, possuem o objetivo de morar em localidades e moradias melhores. Casas e localidades melhores significam “ganhos psicológicos e financeiros” para as famílias (MORRISON; CLARK, 2016). No entanto, assume-se que:

- (a) A tomada de decisão das famílias passa por dois processos mentais distintos: julgamento e escolha (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979). A fase de julgamento envolve analisar as probabilidades de ganhos e perdas futuras (em termos psicológicos e financeiros), com base em uma situação de referência (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979), que no caso é a moradia e localização “atual” da família. A escolha concerne aos processos de seleção entre atitudes, apoiadas em considerações relevantes extraídas da fase de julgamento (por exemplo: se mudar para outra casa) (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979);
- (b) As preferências das famílias são construídas com base em uma situação de referência (KAHNEMAN; TVERSKY, 1979; SLOVIC, 1995), o que significa que as famílias consideram se mudar apenas para casas e localidades “melhores” em comparação com a situação atual;

- (c) As famílias se apegam às suas posses (a casas, ao bairro e aos vizinhos) e se tornam avessos à sua perda (*loss aversion*) (KAHNEMAN; LOVALLO, 1993; KAHNEMAN; TVERSKY, 1979, 2013). Isso significa que as famílias tendem, frequentemente, a permanecer nas suas residências atuais ao invés de se mudar (MORRISON; CLARK, 2016);
- (d) O histórico de propriedade do bem material afeta o processo de julgamento (efeito do histórico de propriedade), uma vez que os indivíduos que possuem um bem há mais tempo se tornam mais avessos à sua perda (STRAHILEVITZ; LOEWENSTEIN, 1998). Em termos de mobilidade, quanto maior a duração de residência no local, menor a probabilidade de mudança (CLARK; HUFF, 1977);
- (e) O marketing é frequentemente utilizado como recurso para a construção da noção de ganhos psicológicos e financeiros (KAHNEMAN; TVERSKY, 2013). Em termos residenciais, o marketing ressalta os ganhos psicológicos da proximidade das residências às áreas verdes, a equipamentos exclusivos de lazer e serviços, bem como os ganhos financeiros através da valorização dos imóveis (como vendas na planta, por exemplo), atuando como incentivo à tomada de decisão em favor da mudança de residência. A apresentação positiva das alternativas possíveis, mesmo que não exista nenhum ganho real, se refere ao “efeito de enquadramento” (ou *framing effect*) (KAHNEMAN; TVERSKY, 2013).

Existe uma tensão entre dois mecanismos que atuam na tomada de decisão das famílias: 1º) refere-se à aversão à perda em relação às atuais residências, bairros e vizinhos, que causam uma tendência à permanência no local devido aos vínculos emocionais e psicológicos e, 2) os efeitos de enquadramento via marketing podem incentivar as mudanças de residências. Dessa forma, as famílias decidem se mudar apenas se as perspectivas de ganhos com a mudança superarem significativamente seu apego emocional às moradias atuais.

Mecanismos e fatores supracitados são incorporados no modelo através de três módulos distintos que interagem: 1º) ambiente urbano e seus atributos, 2º) os agentes e a tomada de decisão, e 3º) o observador. Os componentes de cada um dos módulos, bem como as entidades e atributos representados, são descritos nas próximas subseções. Um diagrama que representa a rotina geral de simulação do modelo é representado na Figura 27.

Figura 27.Diagrama da rotina geral de simulação do modelo.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

6.1.1. O ambiente urbano

O ambiente é espacialmente explícito e representa o espaço urbano no qual os agentes estão situados e atuam. É constituído de uma grade de células que possui sua própria dinâmica e atributos, que são atualizados a cada passo de tempo, e ocorrem simultaneamente à tomada de decisão dos agentes. Cada célula, por sua vez, representa um quarteirão de aproximadamente 100m x 100m e, portanto, pode abrigar mais de um agente. Estas são descritas pelas seguintes variáveis: valor de troca, status, densidade máxima, porcentagem do espaço já ocupado e se pertence a um novo estoque residencial ou não. Na Tabela 6, apresenta-se a correspondência entre os aspectos do fenômeno existente no mundo real e as entidades e variáveis do módulo do ambiente urbano. É detalhado, também, como as variáveis foram concebidas.

Em termos de processos, conforme os agentes tomam as suas decisões, os seguintes atributos são atualizados: os valores de troca, a porcentagem do espaço ocupado pelos agentes, o status e os novos empreendimentos disponíveis. A densidade máxima é o único atributo constante durante a simulação.

Tabela 6. Ambiente urbano e sua representação.

Fenômeno real	Representação
Ambiente urbano (quarteirões)	Células e seus atributos
As habitações são mercadorias e possuem um valor de troca.	Valor de troca: é atribuído a partir do cômputo da renda média dos agentes situados em um determinado raio ¹² . Os valores assumidos dependem da atribuição randômica dos valores de renda entre os agentes, aspecto explicado detalhadamente no módulo dos agentes.
O espaço construído fisicamente é um fator limitante na tomada de decisão dos indivíduos.	Densidade máxima: é atribuída a partir da densidade <i>kernel</i> computada a partir do número de habitantes residentes em cada localidade. Os valores encontram-se entre 0 e 1. Porcentagem do espaço já ocupado: é atribuída a cada célula conforme a quantidade de agentes localizados na mesma. Considerando, também, que de acordo com o nível socioeconômico, ocupam mais ou menos espaço, os parâmetros que controlam o espaço ocupado pelos agentes são detalhados no módulo do observador. Os valores encontram-se entre 0 e 1.
O espaço é, também, uma construção social, que influencia à tomada de decisão dos indivíduos.	Status: inicialmente é atribuído a partir da densidade <i>kernel</i> computada a partir dos pontos de localização das infraestruturas urbanas de serviços, comércios e espaços públicos e privados de lazer. Assumiu-se um valor constante para quantificar “quão novas” são as habitações como <i>input</i> . Os valores encontram-se entre 0 e 1. Novas?: Essa variável é booleana e assume valor “verdadeiro” quando novos estoques residenciais são desenvolvidos ao longo da simulação devido à tomada de decisão dos agentes. Porém, assume-se como <i>input</i> que nenhuma moradia é “nova”.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

¹² Assume-se que existe uma correlação entre o nível socioeconômico das famílias e o valor de troca das residências (COFFEE et al., 2018; DIAMOND, 2016; FLORIDA; MELLANDER, 2015; GALLIN, 2006). A adoção da média, computada a partir do raio, enquanto *proxy* para determinar valor de troca é uma estratégia adotada para superar a inexistência de dados empíricos.

6.1.2. Os agentes

Apesar do modelo conceitual considerar a tomada de decisão de dois tipos diferentes de agentes, as famílias e os desenvolvedores imobiliários, apenas as famílias são representadas explicitamente no modelo através de uma localização espacial, portanto, são os únicos agentes que possuem atributos (Tabela 7). No modelo são representados apenas os resultados da tomada de decisão dos desenvolvedores imobiliários, ou seja, os novos empreendimentos. A seguir, apresenta-se a correspondência entre os aspectos do fenômeno existente no mundo real e as entidades e variáveis do módulo agentes (Tabela 7).

Tabela 7. Os agentes e sua representação.

Fenômeno real	Representação
Famílias e desenvolvedores imobiliários	Agentes (famílias)
A população é composta de famílias com rendimentos diferenciados.	Renda: Os valores dependem da atribuição randômica dos valores de renda entre uma faixa de valores contidos nos dados de <i>input</i> . Por exemplo, se o agente possui rendimentos de até dois salários (R\$ 302 reais – salário mínimo em 2000), um valor randômico é atribuído entre esses valores. O número de agentes pertencentes a cada faixa salarial depende, também, dos dados de <i>input</i> , e são mantidos constantes no decorrer da simulação.
As famílias se apegam às suas posses (a casas, ao bairro e aos vizinhos).	Taxa de apego: Os valores dependem da atribuição randômica entre os agentes e assumem valores entre 0 e 1.
O histórico de propriedade do bem material afeta o processo de julgamento (efeito do histórico de propriedade), sendo que, se os indivíduos possuem um bem há mais tempo, se tornam mais avessos à sua perda.	Histórico de propriedade: Os valores dependem da atribuição randômica entre os agentes e assumem valores entre 0 e 1.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em termos de processos, conforme as tomadas de decisão dos agentes, os atributos de histórico de propriedade e taxa de apego são atualizados da seguinte forma: se um agente decide permanecer na atual residência, o histórico de propriedade aumenta, bem

como a taxa de apego. A renda é o único atributo constante durante a simulação. As regras de tomada de decisão, distintas para ambos os tipos de agentes, são apresentadas nos diagramas das Figuras 28 e 29, a seguir.

Existem duas regras para seleção das famílias que irão prospectar residências para fins de mudança. A primeira estabelece que apenas as famílias que possuem mais que dois anos de residência ou de “histórico de propriedade” na atual residência consideram uma possível mudança. Assume-se dois anos com base nas afirmações de Morrison e Clark (2016) sobre o fato de ser improvável que uma família que acabou de se mudar faça uma segunda mudança, dado seus custos financeiros e psicológicos. A segunda regra determina que as famílias que foram “despejadas” devem buscar uma nova moradia. A regra de despejo seleciona uma porcentagem das famílias que residem em locais mais caros que suas rendas podem pagar e as insere no processo de prospecção de novas habitações.

As regras estabelecidas para os desenvolvedores imobiliários são de duas naturezas. A primeira refere-se à seleção do tipo de empreendimento a ser realizado (classificados como tipos A, B e C) e visa a simular o processo de diversificação dos “produtos-habitações” e, a segunda, objetiva determinar qual a melhor localidade (*status*) para o tipo de empreendimento selecionado e, portanto, simula as diversificações em termos de localização. Adota-se uma seleção aleatória do tipo de empreendimento a ser desenvolvido.

Para selecionar a localização considera-se que empreendimentos do tipo A (destinados à população de nível socioeconômico mais elevado) demandam localizações com *status* significativamente alto (*status* maior que a média), empreendimentos do tipo B (destinados à população nível socioeconômico médio) demandam um *status* intermediário (*status* igual à média) e, finalmente, empreendimentos do tipo C (destinados à população de nível socioeconômico mais baixo) não demandam localidades com *status* acima da média.

Figura 28. Processo de tomada de decisão das famílias.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 29. Processo de tomada de decisão dos desenvolvedores imobiliários.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Após serem desenvolvidos, os empreendimentos assumem valores que variam aleatoriamente dentro de uma faixa de preços que segue o padrão hierárquico descrito anteriormente. Em comparação com os valores de troca do módulo ambiente no passo de tempo anterior são valores superiores, independentemente do tipo de empreendimento. O *status* também é atualizado para um valor superior dentro de uma faixa estabelecida, de acordo com o tipo de empreendimento, levando em consideração a hierarquia estabelecida. Independentemente do tipo de empreendimento selecionado, os agentes atualizarão uma vizinhança de oito células (*queen contiguity*).

O processo de tomada de decisão dos agentes-desenvolvedores imobiliários foi implementado no modelo, especialmente, para a fase de análise sensível e verificação do modelo. A ideia era que o modelo pudesse suprir, de forma endógena, uma possível falta de dados empíricos sobre as localizações, tamanho e data de lançamento dos novos empreendimentos imobiliários desenvolvidos no período de simulação. Na ocasião da existência de dados empíricos, este processo é substituído por um processo exógeno de emergência dos empreendimentos no módulo ambiente.

6.1.3. Parâmetros globais

Os parâmetros globais controlam os valores de entrada da simulação e variam conforme a manipulação do observador e, os resultados de saída da simulação. Os parâmetros de entrada são três: 1º) raio, 2º) taxa de depreciação dos estoques habitacionais, e 3º) espaço ocupado pelos agentes dada a faixa de renda. Esse último parâmetro se subdivide de acordo com as categorias de nível socioeconômico e pode assumir valores diferenciados. Os três parâmetros possuem forte aspecto conceitual. A correspondência entre os aspectos do fenômeno existente no mundo real e os parâmetros do observador são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. O observador e sua representação.

Fenômeno real	Representação
Representa a vizinhança, o entorno, as localidades e é determinado pelo número de células adjacentes estipulados.	Raio: valores variam de 0 a 100.
Visa a simular a perda de competitividade dos estoques habitacionais mais antigos, e está vinculada a uma regra geral de depreciação, aplicada de forma homogênea ao módulo ambiente. Atua sobre o <i>status</i> do módulo ambiente.	Taxa de depreciação: valores variam entre 0,01 a 0,1.
Emula o tamanho da residência ou o espaço ocupado pelo agente de acordo com o nível socioeconômico.	Taxa de ocupação do espaço conforme o nível socioeconômico: assume valores diferentes para cada faixa de rendimento e encontra-se entre 0 e 0,1.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Além disso, existem dois parâmetros que possuem aspectos operacionais: 1º) peso atribuído aos rendimentos no cálculo do valor de troca das habitações, e 2º) largura de banda para cômputo dos índices espaciais locais e globais de segregação.

Os dados de entrada do modelo são provenientes de SIG e são utilizados para estipular os atributos espaciais e não-espaciais dos módulos ambiente e agentes. Os dados são compostos de arquivos *raster* e vetoriais, ambos utilizando o mesmo sistema de projeção geográfica para que sejam carregados corretamente pelo modelo. Além disso, o tamanho da célula dos dados *raster* deve seguir os critérios estabelecidos na determinação da escala espacial que, no caso deste modelo, representa um quarteirão de 100 m². A Tabela 9, apresentada a seguir, descreve os dados utilizados, bem como às quais características e entidades que cada um determina.

Os resultados da simulação, por sua vez, são índices globais e locais de segregação. Foram implementados os índices espaciais de isolamento $(P)_{j(m,n)}$ e o índice da Teoria da Informação (H) (Capítulo IV). Além disso, foram extraídos mapas de predominância dos grupos socioeconômicos para análise dos padrões espaciais resultantes da simulação.

Tabela 9. Dados de SIG utilizados como *input*.

<i>Dados</i>	<i>Descrição</i>
<i>area_de_estudo.shp</i>	Arquivo <i>shapefile</i> usado para propósitos de determinar o polígono de visualização (comumente, denomina-se máscara).
<i>area_urbana.shp</i>	Arquivo <i>shapefile</i> , usado de forma opcional, para visualizar os limites da área urbana em 2000.
<i>setores2000.shp</i>	Arquivo <i>shapefile</i> usado para determinar a quantidade de agentes da simulação, bem como seus atributos espaciais (onde estão localizados) e não-espaciais (faixa de rendimento a qual pertencem).
<i>status.asc</i>	Arquivo <i>raster</i> ASCII de densidade <i>kernel</i> , computado a partir dos pontos de localização de infraestruturas de serviços, comércio e espaços públicos de lazer.
<i>densidade.asc</i>	Arquivo <i>raster</i> ASCII de densidade <i>kernel</i> , calculado com base no número de habitantes por setor censitário.
<i>Condomínios.shp</i>	Arquivo <i>shapefile</i> com dados de localização, categoria (A, B ou C) e data lançamento dos empreendimentos imobiliários realizados em Marília entre 2000 e 2010. Esse dado, porém, é utilizado apenas nas fases de <i>validação</i> e substitui o processo de tomada de decisão dos agentes-desenvolvedores imobiliários.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Finalmente, uma última observação se faz necessária quanto à escala temporal de simulação. De forma geral, a escala temporal refere-se a quanto tempo no mundo real corresponde um processo de iteração do modelo. Neste modelo, a escala temporal foi concebida de forma a representar um ano.

6.2. Implementação do modelo

O modelo foi implementado utilizando o *software* NetLogo 6.0.4. (WILENSKY, 1999). O Netlogo é um *toolkit* de simulação para ABM que possui linguagem própria, uma estrutura simples e flexível, porém, robusta. Além disso, o NetLogo possui características importantes que foram consideradas na escolha do *software*: 1º) possui uma extensão que permite a entrada de dados de SIG, 2º) possui uma extensão chamada “*Behaviour Space*”, que facilita o processo de análise sensível, automatizando as variações nos parâmetros selecionados e salvando os resultados, e 3º) possui ferramentas para a construção de gráficos e uma janela que permite visualizar o ambiente de forma a permitir um acompanhamento do processo e análise dos resultados de forma iterativa.

A interface de usuário é apresentada na Figura 30. Do lado direito concentram-se os elementos de entrada do modelo, que incluem os dados e parâmetros estipulados para

simulação. No centro observa-se a janela de simulação que permite visualizar o ambiente neste caso, espacialmente explícito, que é atualizado a cada passo de tempo. Os resultados gráficos e botões, que permitem visualizar dos índices locais de segregação e mapas de predominância do grupo socioeconômico, localizam-se do lado esquerdo.

Figura 30. Interface de usuário do MAPS.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O modelo completo, com o código-fonte, a descrição detalhada, bem como os dados utilizados no processo de validação do modelo estão disponibilizados para *download* (ver anexos).

6.3. Análise de sensibilidade e verificação

O modelo foi avaliado, em primeira instância, a partir de dois testes sistemáticos conduzidos para fins de verificação e análise de sensibilidade. Para tanto, utilizaram-se cenários abstratos e um conjunto de dados artificiais, que representam situações hipotéticas, de forma a controlar e analisar os fatores que atuam na tomada de decisão dos agentes de forma isolada. Os testes apresentados a seguir também permitiram verificar a existência de erros de programação, que foram corrigidos durante o processo.

O primeiro teste foi idealizado para examinar a sensibilidade do modelo às condições iniciais e, assim, foram concebidos quatro cenários diferentes. O segundo teste foi concebido para averiguar o efeito da variação nos parâmetros de entrada do modelo (tamanho do raio, taxa de depreciação, taxa de ocupação do espaço conforme o nível socioeconômico e peso dos rendimentos no cálculo dos valores de troca). Dado o efeito da aleatoriedade foram executadas 20 simulações para cada variação nos testes, sendo selecionados para apresentação, nesta seção, apenas os resultados representativos. A seguir, os testes são descritos de forma detalhada e subsequentemente apresentam-se os resultados e a análise dos mesmos.

6.3.1. Teste #1: Sensibilidade às condições iniciais

Considerando que uma das principais premissas do modelo é que os espaços já consolidados atuam como um macrofator na dinâmica da segregação, foram concebidos quatro cenários distintos (Figura 31). Além de manter os parâmetros de entrada constantes¹³, os seguintes aspectos também foram mantidos ao longo do teste #1: 1º) a composição de apenas cem células (10x10) do módulo ambiente, com atributos de densidade máxima homogêneo, e 2º) no módulo agentes, apenas um agente-desenvolvedor imobiliário e 400 agentes-famílias, sendo cem agentes para cada grupo socioeconômico (G1, G2, G3 e G4), ou seja, manteve-se uma distribuição populacional homogênea, alterando apenas sua distribuição espacial, a cada cenário.

A Tabela 10 apresenta as faixas de renda e os valores estipulados para cada grupo socioeconômico. Cada agente assume um valor de renda aleatório dentro das faixas estipuladas.

¹³ Assumiu-se um raio de três células, peso 1, atribuído aos rendimentos para cálculo dos valores de troca das habitações, taxa de depreciação de 0,02 e uma taxa de ocupação do espaço uniforme para os grupos socioeconômicos de 0,25. Além disso, todas as simulações foram até o passo de tempo número 30.

Tabela 10. Faixa de rendimento para cada grupo socioeconômico.

Grupo socioeconômico	Faixa de rendimentos	Valores assumidos
G1	Rendimentos de dez a 20 s.m.	1510,00 – 3020,00
G2	Rendimentos de cinco a dez s.m.	755,00 – 1510,00
G3	Rendimentos de dois a cinco s.m.	302,00 – 755,00
G4	Rendimentos de zero a dois s.m.	0,00 – 302,00

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O primeiro cenário é composto de uma distribuição espacial homogênea entre os grupos populacionais (módulo agente) com a variável de status, do módulo ambiente, assumindo valores aleatórios. No segundo cenário a distribuição espacial homogênea entre os grupos populacionais (módulo agente) foi mantida e o status assumiu uma distribuição espacial desigual, com altos valores concentrados no centro e baixos nas áreas periféricas. No terceiro cenário a distribuição espacial dos grupos populacionais é extremamente segregada nas suas duas dimensões (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento) e o status assume valores aleatórios (módulo ambiente). Finalmente, no quarto cenário, a distribuição espacial segregada dos grupos populacionais foi mantida e o status assume uma distribuição espacial desigual, como no segundo cenário. A seguir, na Figura 31, os diferentes cenários são ilustrados.

Figura 31. Composição dos diferentes cenários.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Como pode ser observado nos *snapshots* e gráficos que ilustram os resultados (Figuras 32 a 35), os efeitos de dependência (*path-dependence*) na dinâmica do modelo são impressionantes. Era sabido que a distribuição espacial dos grupos populacionais afetava sua dinâmica, uma vez que o valor de troca do módulo ambiente é determinado a partir do cômputo da renda média dos agentes situados em um determinado raio, e que os valores de status influenciavam a tomada de decisão dos agentes.

Figura 32. Resultados da predominância dos grupos socioeconômicos nos diferentes cenários iniciais.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Como pode ser observado nas Figuras 32 a 35, existe uma diferença significativa nos padrões emergentes quando se estipula uma distribuição desigual no *status* do módulo ambiente. Como esperado, em ambos os cenários (2 e 4) em que isso ocorre, os grupos de nível socioeconômico superior se isolam e se concentram nas localidades de maior status. Porém, o processo acontece de forma mais rápida no cenário 2 devido à maior quantidade de agentes que entram no processo de prospectar localizações para fins de mudança, como consequência da regra de despejo. Como no cenário 4 os agentes já estão segregados, existe um número menor de agentes localizados em células cujo valor de troca é maior do que a sua renda.

Figura 33. Resultados do índice local ($\check{h}_j$) nos diferentes cenários iniciais.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Comparando os cenários 1 e 3, notam-se processos similares, ou seja, um número menor de agentes sendo selecionado para prospectar residências para mudanças devido à regra de despejo. Dessa forma, alterações significativas nos padrões de agrupamento dos grupos socioeconômicos ocorrem mais tardiamente nas simulações do cenário 3.

Em termos de isolamento era esperado que se agravasse mais rapidamente entre os grupos socioeconômicos nos cenários 3 e 4, em que a distribuição espacial já era segregada. O que pode ser observado nas Figuras 34 e 35 é que o processo de aumento no isolamento dos grupos socioeconômicos ocorreu apenas para o grupo de nível socioeconômico mais baixo (G4) e de forma paulatina nestes cenários.

Figura 34. Resultados do índice de isolamento global nos diferentes cenários iniciais.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os principais motivos para o aumento do isolamento do grupo G4 estão relacionados aos dois processos distintos de tomada de decisão dos agentes: o primeiro está na regra construída para os agentes-famílias, que impõe uma restrição orçamentária quando o agente busca novas habitações para mudança, de forma que se não existem células com valor de troca menor que a renda o agente não muda e, o segundo, diz respeito à regra de implementação dos empreendimentos do tipo (C), no processo de tomada de decisão dos agentes-desenvolvedores imobiliários, que faz com que os valores de troca das células aumentem, mesmo que dentro de uma faixa de valores relativamente baixos. Dessa forma, as opções de mudança para agentes pertencentes ao G4 ficam reduzidas. O resultado é que poucos agentes, pertencentes a esse grupo socioeconômico, possuem poucas opções para mudança efetiva e tendem a agrupar e a se isolar.

O processo abrupto de agravamento no isolamento de diferentes grupos socioeconômicos nos cenários 1 e 2 possui uma relação com a formação de valores de troca das células do módulo ambiente e a distribuição aleatória dos grupos socioeconômicos. Estes aspectos são refletidos em um volume maior de agentes que entram no processo de buscar novas moradias.

Figura 35. Resultados do índice de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ nos diferentes cenários iniciais.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A seguir apresentam-se os testes de sensibilidade às variações nos parâmetros de entrada do modelo.

6.3.2. *Teste #2: Sensibilidade às variações nos parâmetros de entrada*

Para averiguar os efeitos das variações nos parâmetros de entrada, um segundo teste foi aplicado, mantendo constante as condições iniciais. Foi determinado que o cenário 1 seria utilizado, visto que a distribuição espacial homogênea entre os grupos populacionais (módulo agente) e o status composto de valores aleatórios (módulo ambiente) é a combinação com o nível mais elevado de aleatoriedade possível. Assim como no teste anterior, alguns aspectos foram mantidos constantes: 1º) a composição de apenas cem células (10x10) do módulo ambiente com densidade máxima homogênea, e 2º) no módulo agentes, apenas um agente-desenvolvedor imobiliário e um 400 agentes-famílias, sendo cem agentes para cada grupo socioeconômico (G1, G2, G3 e G4) cujas faixas de rendimentos foram apresentadas na Tabela 10¹⁴.

Como pode ser observado no teste anterior (Teste #1), o cenário 1 apresentou um isolamento mais evidente do grupo socioeconômico G4. Por esse motivo, optou-se por comparar os resultados de isolamento global e local deste grupo, de forma que os efeitos na variação dos parâmetros ficassem mais evidentes. A única exceção refere-se à análise dos parâmetros que determinam a ocupação do espaço conforme o nível socioeconômico. Neste caso, são apresentados os resultados de isolamento local de todos os grupos.

A seguir os resultados são apresentados e analisados para cada parâmetro.

6.3.2.1. Tamanho do raio

As Figuras 36 a 38 demonstram os padrões de segregação resultantes das alterações no parâmetro raio. Como o valor de troca do módulo ambiente é determinado a partir do cômputo da renda média dos agentes situados em um determinado raio, a utilização de um raio menor (valor 3) implica em uma variação maior entre o valor de troca das diferentes localidades e os rendimentos dos agentes. Dessa forma, o agrupamento e isolamento de agentes do mesmo grupo populacional ocorreram de forma mais rápida. A utilização de raios mais abrangentes (valor 6 e 9), por sua vez, fez com que os valores de troca do módulo ambiente se tornassem mais homogêneos e, a diferença entre os rendimentos e o valor de troca, menor – o que resulta em um processo mais lento e menos evidente de segregação.

¹⁴ Com exceção do parâmetro que estava sendo testado, os outros foram mantidos constantes. Assumiu-se um raio de 3 células, peso 1 atribuído aos rendimentos para cômputo dos valores de troca das habitações, taxa de depreciação de 0,02 e uma taxa de ocupação do espaço uniforme para os grupos socioeconômicos de 0,25. Além disso, todas as simulações foram até o passo de tempo 30.

Figura 36. Resultados do índice local ($\check{h}_j$) para diferentes valores de raio.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 37. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 para diferentes valores de raio.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 38. Resultados do índice de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ para o grupo G4 utilizando diferentes valores de raio.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em suma, os resultados demonstram que a variação do parâmetro raio pode ser considerada uma estratégia para a análise multiescalar da segregação. Abrangendo uma maior “extensão geográfica”, representada pela determinação de uma vizinhança mais abrangente – que, neste caso, é o número de células adjacentes –, a contagem populacional tende a aumentar e, a diferença entre os rendimentos e valor de troca do módulo ambiente, a diminuir.

6.3.2.2. Peso atribuído às rendas no cálculo do valor de troca

As Figuras 39 a 41 demonstram os padrões de segregação resultantes das alterações no parâmetro peso atribuído aos rendimentos no cálculo do valor de troca. Como pode ser observado, o isolamento do grupo G4 tende a aumentar e se configurar de forma mais rápida, conforme se determina um peso maior aos rendimentos. Este fato ocorre por dois motivos: 1º) uma quantidade maior de agentes prospectam locais para mudança residencial dada a regra de despejo, e 2º) quando os agentes de nível socioeconômico mais baixo (grupo G4) prospectam locais para possível mudança, não encontram, dado o

alto de valor de troca do módulo ambiente. Dessa forma, os agentes do grupo G4 ficam isolados às poucas localidades nas quais o valor de troca é menor que os seus rendimentos.

Figura 39. Resultados do índice local ($\check{h}_j$) para diferentes pesos atribuídos às rendas.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 40. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 utilizando diferentes pesos atribuídos às rendas.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 41. Resultados do índice de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ para o grupo G4 utilizando diferentes pesos atribuídos às rendas.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

No que se refere à dimensão agrupamento/dispersão, os membros de um mesmo grupo tendem a se agrupar quando se determina um valor menor para o parâmetro. Quando são empregados valores mais altos, os agentes tendem a permanecer nas mesmas localidades por falta de opções viáveis para mudança.

O parâmetro de peso atribuído aos rendimentos no cômputo do valor de troca do módulo ambiente é, na sua essência, operacional e, portanto, deve ser calibrado de forma cuidadosa para que o valor de troca atribuído ao módulo ambiente não seja um fator que impossibilite a tomada de decisão dos agentes, o que ocorre quando lhe são atribuídos valores muito elevados. Por outro lado, pode contribuir para aumentar a acurácia dos padrões e medidas de segregação dos resultados.

6.3.2.3. Taxa de depreciação

As Figuras 42 a 44 demonstram como as alterações no parâmetro de taxa de depreciação no status do módulo ambiente afetam os padrões emergentes de segregação. Quando é atribuído um valor muito baixo (0,2) ou muito alto (0,8) a este parâmetro, os padrões de segregação passam a se configurar mais tardiamente, tanto na dimensão dispersão/agrupamento quanto na dimensão exposição/isolamento. Os motivos, porém, diferem para as duas situações.

Quando se atribui valores mais baixos, nos passos de tempo iniciais, ainda existem diversas localidades com altos valores de *status*, dentre os quais os agentes buscam moradias para uma possível mudança, e se mudam, de fato. Porém, conforme o *status* diminui, com o decorrer da simulação, apenas as localidades nas quais os agentes-desenvolvedores imobiliários atuaram permanecem com altos valores, o que faz com que os agentes pertencentes aos mesmos grupos socioeconômicos se agrupem e se isolem nestas localidades. Quando se atribui valores medianos a esse parâmetro (0,4), esse processo é acelerado.

Figura 42. Resultados do índice local ($\check{h}_j$) computado para diferentes valores de taxas de depreciação.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 43. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 para diferentes valores de taxa de depreciação.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 44. Resultados do índice de isolamento local $(q)_{j(m)}$ do grupo G4 para diferentes valores de taxa de depreciação.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Por outro lado, quando se atribui valores muito altos a esse parâmetro (0,8), o processo acontece de forma mais lenta. O motivo é porque no processo de tomada de decisão dos agentes-desenvolvedores imobiliários, o *status* do módulo ambiente é utilizado para determinar as localidades nas quais os diferentes tipos de empreendimentos irão se estabelecer. Se os valores chegam rapidamente a zero, os empreendimentos do tipo A e B não serão realizados, o que faz com que a segregação ocorra unicamente em função da atualização dos valores de troca do ambiente e a regra de despejo.

Em resumo, os valores atribuídos à taxa de depreciação atuam na velocidade com que os estoques residenciais perdem a competitividade frente aos novos desenvolvimentos imobiliários. Porém, como os agentes-desenvolvedores imobiliários atuam de forma estratificada nas diferentes localidades, se não existirem localidades com status variados, os tipos de empreendimentos desenvolvidos tendem a se homogeneizar.

6.3.2.4. Taxa de ocupação do espaço conforme o grupo socioeconômico

As Figuras 45 a 47 demonstram os padrões de segregação resultantes das alterações no parâmetro de taxa de ocupação entre os diferentes grupos socioeconômicos. Adotou-se, no primeiro caso, um valor homogêneo para todos grupos de 0,25. Considerando que a densidade máxima para cada célula é 1,0, este valor permite que os agentes dos diferentes grupos habitem uma única célula. No segundo caso foram utilizados valores desiguais entre os grupos. Determinou-se 1,0 para o grupo de nível socioeconômico mais alto – G1; um valor de 0,75 para o G2, de alto-médio nível socioeconômico; 0,5 para o G3 de nível socioeconômico médio-baixo; e 0,25 para o G4, de nível socioeconômico mais baixo.

O que pode ser observado nos resultados é que no segundo caso o processo de segregação ocorre de forma acelerada. Ressalta-se que áreas com concentração de agentes pertencentes ao mesmo grupo socioeconômico surgem logo no início da simulação. O isolamento do grupo que ocupa menos espaço (neste caso, G4) também se evidencia de forma mais rápida e abrupta.

Não obstante, os índices de isolamento local calculado para os outros grupos socioeconômicos (Figura 47) apontam para uma redução no valor do isolamento, o que ocorre pela própria natureza do índice. No caso dos outros grupos em que no máximo até dois agentes ocupam uma única célula (caso dos grupos G2 e G3; para o G1 cada célula é ocupada por apenas um agente), os valores de isolamento tendem a ser menos elevados porque contabilizam uma menor quantidade de agentes nas localidades. Se considerado

o início da simulação como referência, por outro lado, observa-se um aumento no isolamento dos outros grupos socioeconômicos.

Figura 45. Resultados do índice local ($\check{h}_j$) para taxa de ocupação do espaço homogênea entre os grupos socioeconômicos e desigual.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 46. Resultados do índice de isolamento global do grupo G4 computado para taxa de ocupação do espaço homogênea entre os grupos socioeconômicos e desigual.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 47. Resultados dos índices de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\sim}$ dos grupos socioeconômicos dada as taxas de ocupação distribuídas de forma homogênea e desigual.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os testes conduzidos para análise sensitiva buscaram avaliar o comportamento do modelo e dos agentes dadas as diferentes condições iniciais e configurações dos parâmetros de entrada. Foram utilizados dados artificiais e abstratos de forma que as características mais generalizáveis do modelo pudessem ser evidenciadas e aplicadas a diferentes contextos. Além disso, contribuíram para calibração do modelo, de forma a pré-determinar o intervalo dos parâmetros a serem aplicados. Os resultados demonstraram que o modelo não é determinístico.

As medidas de segregação implementadas no modelo também foram testadas na análise sensitiva. Os resultados evidenciaram que as medidas são sensíveis à distribuição espacial dos diferentes grupos populacionais e capturam os padrões espaciais emergentes da dinâmica do modelo. A próxima seção apresentará a aplicação do modelo aos dados empíricos de Marília e sua validação.

CAPÍTULO VII

Simulando a dinâmica das alterações nos padrões espaciais de segregação

Este capítulo apresenta a aplicação empírica do modelo MAPS ao estudo de caso desta tese: Marília/SP. O objetivo é testar a hipótese #2 desta tese, que postula que a dinâmica da segregação no período está associada à multiplicação e diversificação, manifestada em termos de localização e escala, dos desenvolvimentos imobiliários no estilo condominial. Além disso, explora os fatores e mecanismos que atuaram na intensificação da segregação em Marília no período, como evidenciado através da análise dos índices de segregação no Capítulo V. O capítulo, ainda, apresenta uma análise comparativa entre os resultados dos índices de segregação provenientes dos exercícios de simulação e dos dados empíricos, com o objetivo de validar o modelo.

O capítulo está subdividido em quatro subseções: a primeira discorre sobre os dados empíricos utilizados e o processo de calibração dos parâmetros de entrada, a segunda expõe os exercícios de validação do modelo e testes de hipótese, a terceira discute a contribuição do modelo para o entendimento da dinâmica subjacente às alterações nos padrões espaciais de segregação em Marília no período e, a quarta apresenta as limitações do modelo e possíveis extensões.

7.1. Calibração

A calibração do modelo foi executada a partir de um conjunto de dados empíricos de Marília como entrada (dados de 2000) e tempo de simulação fixado em dez passos de tempo (dez anos), de forma a simular as alterações nos padrões espaciais de segregação entre 2000 e 2010. Os dados empíricos utilizados foram descritos na Tabela 9 e são apresentados a seguir na Figura 48. É importante mencionar que a predominância do grupo socioeconômico por célula foi baseada em 10% da quantidade total de responsáveis, de acordo com as faixas de renda por setor censitário para o ano de 2000.

Figura 48. Dados empíricos de Marília (entrada do modelo de simulação).

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os parâmetros de entrada foram calibrados a partir de testes de simulação aplicados aos dados empíricos de Marília. Foram realizadas dez iterações a cada modificação nos parâmetros, totalizando 8400 simulações. A adoção dos parâmetros, descritos na Tabela 11, objetivou tornar os resultados de saída do modelo mais próximos possíveis dos resultados dos índices espaciais de segregação (Capítulo V), para fins de validação.

Tabela 11. Parâmetros utilizados para validação dos resultados.

Parâmetro	Valores
<i>Raio</i>	12
<i>Taxa de depreciação</i>	0,3
<i>Peso atribuído aos rendimentos</i>	6
<i>Taxa de ocupação considerando o grupo socioeconômico</i>	Renda acima de 20 s.m. = 0,6 Renda entre dez a 20 s.m. = 0,5 Renda entre cinco a dez s.m. = 0,4 Renda entre três a cinco s.m. = 0,3 Renda entre dois a três s.m. = 0,2 Renda até dois s.m. = 0,1

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

7.2. Validação dos resultados

A seguir apresenta-se a validação do modelo que consiste em análises comparativas entre os resultados dos índices espaciais de segregação (Capítulo V) e do modelo de simulação. Ressalta-se, porém, que como não se trata de um modelo operacional, os resultados não são necessariamente idênticos aos dos dados empíricos. Mas ainda assim demonstram “quão bem o modelo se aproxima do sistema do mundo real e atende aos objetivos originais” (NGO; SEE, 2012, p. 181).

7.2.1. A dimensão dispersão/agrupamento

A comparação entre os índices da Teoria da Informação global e local, calculados a partir de diferentes larguras de bandas para os dados do censo do IBGE (2000 e 2010) e, para o início e final da simulação do ABM, são apresentados a seguir nas Figuras 49 a 51.

Figura 49. Índices espaciais globais da Teoria da Informação.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Como pode ser observado na Figura 49, o modelo foi capaz de capturar a tendência geral de agravamento da segregação na dimensão dispersão/agrupamento entre 2000 e 2010. No entanto, não capturou a constância na situação da segregação nas escalas mais abrangentes (1800-2000m), apresentando uma variação mais acentuada nos valores do índice global para início e final da simulação. Acredita-se que esta variação mais acentuada nos resultados está relacionada ao fato de o modelo não atualizar as porcentagens dos grupos populacionais nem representar o crescimento populacional.

Em relação aos índices espaciais locais, computados para a largura de banda de 600m (Figura 50), nota-se que o modelo conseguiu representar o aumento da segregação em algumas localidades (A e C) mas não em outras (B e D). Na localidade B, o modelo apresentou aumento na diversidade local se comparada à diversidade de área de estudo como um todo e, na localidade D, apontou uma redução, o oposto do que foi evidenciado pelos dados empíricos. Os índices calculados a partir de uma largura de banda de 2000m (Figura 51) demonstram que o modelo foi capaz de representar um aumento da segregação das localidades periféricas (A, B e C). Porém, não representou o aumento na diversidade local no eixo centro-leste.

Os desajustes nos índices espaciais locais estão relacionados a dois aspectos da dinâmica do modelo: 1º) à alocação dos novos empreendimentos imobiliários, e 2º) à regra de despejo. A redução na diversidade local na localidade D (Figura 50) e a incapacidade de o modelo representar o aumento na diversidade local do eixo centro-leste (Figura 51) ocorreram porque a regra de despejo expulsa os agentes pertencentes aos grupos socioeconômicos de níveis mais baixos para localidades com valor de troca condizentes com a sua renda e, nestas localidades, foram implementados oito novos desenvolvimentos imobiliários, sendo que apenas um pertence à categoria C, com valores

acessíveis para a população de baixo nível socioeconômico. O leve aumento na diversidade local da localidade B (Figura 50) também está relacionado à alocação de um novo empreendimento pertencente à categoria C, o que fez com que agentes de baixo e médio nível socioeconômico se mudassem para esta localidade.

Figura 50. Índices espaciais locais ($\check{h}_j$) da Teoria da Informação calculados a partir de uma largura de banda de 600m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Conclui-se que a regra de despejo demanda revisão, uma vez que o processo de realocação da população de baixa renda não ocorre de forma abrupta, como representada no modelo. Considera-se que este grupo socioeconômico tende a permanecer nas suas residências e bairros por falta de opções viáveis e as mudanças ocorrem paulatinamente

por motivos de acréscimos no aluguel. Outro aspecto que demanda revisão é a atualização das alterações nas porcentagens dos grupos populacionais no período e o crescimento populacional, parcialmente responsável pelas incompatibilidades nos resultados do modelo.

Figura 51. Índices locais da Teoria da Informação ($\check{h}_j$) calculados a partir de uma largura de banda de 2000m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Revisitando os pressupostos teóricos do modelo, considera-se que a associação entre os “melhores” locais para se morar e a proximidade geográfica às infraestruturas urbanas de comércio, serviços e lazer, demonstrou-se criticável. A hipótese formulada a

partir das observações é que, possivelmente, as localizações dos novos empreendimentos imobiliários não se dão em função da proximidade geográfica às infraestruturas urbanas de comércio, serviços e lazer, mas o que ocorre é o contrário: os novos empreendimentos e a presença de grupos socioeconômicos do alto estrato atraem infraestruturas de serviços, comércio e lazer.

7.2.2. A dimensão exposição/isolamento

A comparação entre os índices globais e locais de isolamento calculados a partir de diferentes larguras de bandas para os dados do censo do IBGE (2000 e 2010), e para o início e final da simulação do ABM, são apresentados a seguir nas Figuras 52 a 56.

Analisando comparativamente os índices globais de isolamento $(Q)_{j(m)}^{\check{}}$ (Figura 52), nota-se que o modelo foi capaz de capturar a tendência geral de aumento da segregação, na dimensão isolamento/exposição entre 2000 e 2010, para os grupos do alto estrato socioeconômico (com rendimentos acima de 20 e entre dez e 20 s.m.) e, também, para o grupo com nível socioeconômico mais baixo (com rendimento de até dois s.m.).

Os grupos de nível socioeconômico intermediário (rendimentos entre cinco e dez e de três a cinco s.m.), por outro lado, apresentaram resultados inconstantes com os dados empíricos, estando ora mais ou menos isolados, o que ocorre devido aos efeitos de aleatoriedade do modelo. Em algumas simulações, os empreendimentos imobiliários pertencentes à categoria A e B assumem valores de troca maiores, uma vez sua atribuição é aleatória dentro de uma determinada faixa de valores, fazendo com que o grupo com renda entre cinco e dez salários mínimos se isole de forma mais evidente, e ora ocorre o contrário. O mesmo pode ser dito em relação às taxas de apego e histórico de propriedade. Em algumas simulações mais membros de um determinado grupo possuem taxas mais altas de apego e histórico de propriedade, o que faz com que os agentes permaneçam nas localidades e se isolem menos. O que pode ser observado, porém, é que as variações entre os valores de isolamento para estes grupos, no início e fim da simulação, tendem a ser mínimas.

Figura 52. Índices espaciais globais de isolamento ($Q_j(m)$) computados para os dados do censo de 2000 e 2010 e para o início e fim da simulação do ABM.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

No exemplo da Figura 52 o modelo não representou a redução no isolamento do grupo com rendas entre três e cinco s.m. Uma análise e interpretação mais ampla, no entanto, aponta que essa divergência é variável e depende da simulação. Ainda, em se tratando das divergências entre os resultados e os dados empíricos, ressalta-se que o modelo não representou a redução na segregação do grupo com rendimentos entre dois e três s.m. O que ocorreu porque: 1º) o espaço ocupado por esse grupo (0,2) permitiu um adensamento populacional maior, o que configurou maiores valores de isolamento, e 2º) pela própria dinâmica do modelo que expulsa a população com menor nível socioeconômico das áreas com valores de troca mais elevados, através da regra de despejo, fazendo com que estes se isolem e se concentrem nas áreas periféricas.

Outra discrepância refere-se ao fato de que os grupos mais segregados são de baixo estrato socioeconômico (até dois e de dois a três s.m.), enquanto os dados do IBGE apontam que o isolamento mais significativo para os grupos socioeconômicos do alto estrato socioeconômico (de dez a 20 e acima de 20 s.m.). Este problema está relacionado ao modelo conceitual, que considera que os grupos do nível socioeconômico mais elevado ocupam uma área maior e, portanto, encontram-se em localidades menos densas – o que faz com que os valores dos índices de isolamento sejam menores, dada a natureza do índice de isolamento espacial.

Os índices de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\check{}}$, computados para a largura de banda de 600m (Figuras 53 a 56), reafirmam os resultados dos índices globais (Figura 52). O aumento no isolamento do grupo com renda acima de 20 s.m. na localidade B, e a leve redução nas localidades A foi representada em conformidade com os dados do censo do IBGE (Figura 53). O mesmo fato pode ser observado analisando os índices de isolamento para o grupo com renda de dez a 20 s.m. (Figura 54). O aumento no isolamento foi representado nas localidades A e B em consonância com os dados do IBGE.

Estes aspectos análogos entre o resultado do modelo e dos dados do IBGE estão vinculados à mudança residencial de membros dos grupos socioeconômicos do alto estrato para os novos desenvolvimentos imobiliários (categoria A), majoritariamente localizados no eixo centro-leste da cidade (localidades A e B), onde já havia a predominâncias destes grupos socioeconômicos.

Figura 53. Índices espaciais locais de isolamento $(q)_{j(m)}^{\vee}$ do grupo com renda acima de 20 salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O modelo, ainda, conseguiu representar um aumento significativo no isolamento dos grupos do alto estrato socioeconômicos na localidade C, onde foram alocados dois condomínios fechados de chácaras de alto padrão, no período. Este aumento não pode ser evidenciado através dos índices de segregação, uma vez que os setores censitários nos quais estes condomínios estão alocados foram classificados como aglomerados rurais de extensão urbana (código 4), de acordo com o censo do IBGE de 2010 e foram, portanto, eliminados da análise da área urbana.

Figura 54. Índices espaciais locais de isolamento $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ do grupo com renda de dez a 20 salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A interpretação dos índices de isolamento local $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ calculados para os grupos pertencentes ao estrato socioeconômico mais baixo (Figuras 55 e 56) demanda uma análise meticulosa, uma vez que as proporções destes grupos sofreram uma alteração significativa no período. Visualmente o índice de isolamento do grupo com renda de dois a três salários mínimos, calculado a partir dos dados do IBGE, aparenta ser mais elevado em 2010 nas localidades A, B e C. No entanto, a proporção deste grupo subiu para 47% no período e, se considerado este fato, o isolamento sofreu uma leve redução que não foi capturada pelo modelo. Para os resultados do ABM, o grupo demonstra-se mais isolado

nas áreas periféricas A e C. O leve aumento no isolamento da população de baixíssima renda (até dois s.m.) nas mesmas localidades (A e C), por outro lado, foi representado em consonância com os dados do IBGE (Figura 56). Se considerada a análise da exposição entre os grupos de renda de até dois e entre dois e três s.m. (Capítulo V), um aumento na exposição entre estes dois grupos nestas localidades foi representado. Os aspectos discordantes referem-se à redução no isolamento destes grupos nas localidades B, que ocorreu devido à implementação de apenas um empreendimento imobiliário no período.

Figura 55. Índices espaciais locais de isolamento $(q)_{j(m)}^{\check{}}$ do grupo com renda de dois a três salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 56. Índices locais de isolamento $(q)_{j(m)}$ do grupo com renda de até dois salários mínimos, calculados a partir de uma largura de banda de 600m.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O processo de validação permitiu concluir que assumir uma população total e proporção dos grupos populacionais constante é irreal. Este aspecto do modelo necessita ser revisado. A regra de ocupação desigual do espaço também, porque possibilitou uma concentração exacerbada dos agentes pertencentes aos grupos de nível socioeconômico mais baixo nas localidades A e C, devido aos baixos valores. No que se refere à dinâmica do modelo, a regra de despejo também deve ser revista, como comentado anteriormente, uma vez que atuou de forma drástica no isolamento e concentração dos grupos do baixo

estrato socioeconômico, alocando a grande maioria dos membros em localidades com alto status dentro da restrição orçamentária dos agentes. Outro aspecto operacional que demanda revisão é o fato de a taxa de depreciação ser aplicada de forma homogênea no módulo ambiente. Considera-se que, na realidade, há uma perda de competitividade dos estoques habitacionais, que ocorre de forma desigual entre as diferentes localidades, sendo impossível representá-la através de um único valor aplicado de forma homogênea no módulo ambiente.

Além disso, o pressuposto de que os agentes conseguem ter informação sobre todas as opções residenciais através de redes demonstrou-se incoerente. Considera-se que é apenas plausível para a população que possui meios para obter essas informações, ou seja, para grupos socioeconômicos com renda mais elevada.

De forma geral, o processo de validação permitiu concluir que o modelo foi capaz de representar o processo de agravamento da segregação em Marília entre 2000 e 2010, uma vez que seus resultados apresentaram um grau de semelhança significativa em comparação com os dados do IBGE. Especialmente, representou o aumento no isolamento e na exposição entre os membros dos grupos do alto estrato socioeconômico (rendimentos entre dez e 20 e acima de 20 s.m.) no eixo centro-leste de Marília, e o aumento no isolamento do grupo de baixíssima renda (até dois s.m.) e concentração dos grupos socioeconômicos do baixo estrato socioeconômico (até dois e entre dois e três s.m.) nas áreas periféricas.

7.2.3. Experimento de simulação: testando a hipótese #2

Antes de discutir e traçar considerações sobre a dinâmica da segregação em Marília no período, um experimento de simulação foi aplicado para reforçar as conclusões obtidas no processo de validação e para testar isoladamente um elemento da hipótese #2 desta tese: se o agravamento da segregação ocorre em função das localizações dos novos desenvolvimentos imobiliários. Neste experimento, os novos desenvolvimentos imobiliários foram alocados de forma aleatória. Foram realizadas 20 simulações e selecionados os resultados visualmente representativos.

Os resultados dos índices espaciais de segregação globais e locais computados a partir das simulações que utilizam as localizações empíricas dos novos empreendimentos e localizações aleatórias são apresentados a seguir, nas Figuras 57 a 61.

Figura 57. Índices espaciais globais da Teoria da Informação computados para a simulação com dados de localização dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os índices espaciais globais da Teoria da Informação (H) apontam que mesmo atribuindo localizações aleatórias para os novos empreendimentos imobiliários, a segregação tende a aumentar na dimensão dispersão/agrupamento, porém, em um grau muito reduzido. Este agravamento pode ser atribuído ao próprio estilo condominial dos novos empreendimentos, que faz com que um número, significativo, de membros de grupos socioeconômicos similares se agrupem.

Todavia, as localizações dos novos empreendimentos potencializam o grau de segregação de certos grupos socioeconômicos. O que pode ser observado é que a atribuição de localizações empíricas atuou drasticamente na redução da diversidade local das áreas periféricas A e B (Figuras 58 e 59), se comparadas à área de estudo como um todo. A simulação com as localizações aleatórias apresentou apenas uma leve redução da diversidade local em A e B (Figura 59). Ainda, a localidade B na Figura 58 apresentou um aumento, que ocorreu pela inserção aleatória de um empreendimento de alto padrão na área periférica ao extremo sul de Marília.

Estes resultados reforçam a conclusão de que, apesar de existirem outros mecanismos atuando na segregação, como o estilo condominial em si, a impossibilidade da população de baixíssimo nível socioeconômico acessar as habitações nas localidades com alto valor de troca (eixo centro-leste da cidade) e a própria dependência espacial da segregação que impossibilita uma transformação abrupta nos padrões de segregação, a multiplicação e a localização estratificada dos diferentes tipos de desenvolvimentos imobiliários contribuíram para o aumento da segregação entre 2000 e 2010. Principalmente, contribuiu para o aumento da concentração da população no estrato socioeconômico inferior nas áreas periféricas.

Os índices espaciais de isolamento global (Figura 60) e local (Figura 61) também reforçam a conclusão de que as localizações estratificadas dos diferentes tipos de empreendimentos imobiliários contribuíram para o aumento da segregação na dimensão exposição/isolamento.

Figura 58. Índices locais da Teoria da Informação ($\check{h}_j$) computados para a simulação com dados de localização empírica dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 59. Índices locais da Teoria da Informação ($\check{h}_j$) computados para a simulação com dados de localização empírica dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 2000m).

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 60. Índices globais de isolamento $(Q)_{j(m)}^{\check{}}$ computados para a simulação com dados de localização empírica dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 61. Índices locais de isolamento $(q)_{j(m)}$ computados para a simulação com dados de localização empírica dos novos empreendimentos imobiliários e localizações aleatórias (largura de banda de 600m).

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observando os índices de isolamento global e local (Figura 60 e 61), nota-se que as localizações empíricas contribuíram para um aumento no isolamento global de todos os grupos socioeconômicos (Figura 60), especialmente para o drástico isolamento global dos grupos de nível socioeconômico mais baixo (até dois e de dois a três s.m.) e local, nas áreas periféricas A e B. Já os membros dos grupos pertencentes ao alto estrato socioeconômico se isolaram nos novos empreendimentos na zona norte (A) e no eixo centro-leste de Marília (B) (Figura 61).

Os testes de simulação com as localizações aleatórias, por sua vez, apresentaram uma variação insignificante nos índices de isolamento global para todos os grupos socioeconômicos (Figura 60). Ainda, os índices de isolamento local (Figura 61) demonstraram que os diferentes grupos socioeconômicos se isolaram nas mesmas localidades C e D, ou seja, apresentaram maior exposição entre os membros dos distintos grupos devido ao fato de que os novos empreendimentos, destinados à população de alto e baixo nível socioeconômico, se instalaram mais próximos um do outro.

A seguir os resultados do ABM são discutidos e relacionados aos processos observados em outras áreas de estudo, bem como a elementos mais generalizáveis trazidos pela literatura.

7.3. Discussão sobre a dinâmica subjacente às alterações nos padrões espaciais de segregação em Marília entre 2000 e 2010

O ABM permitiu testar os fatores e mecanismos atuaram na dinâmica da segregação no período de 2000 a 2010 em Marília. A hipótese de que a multiplicação e a diversificação das habitações no estilo condominial foram fatores que desencadearam um aumento na segregação em Marília, entre 2000 e 2010, foi corroborada.

Os principais mecanismos que atuaram na segregação da população de baixo e alto nível socioeconômico foram: 1º) o volume significativo de empreendimentos imobiliários no estilo condominial, desenvolvidos para atender às demandas habitacionais dos grupos de alto nível socioeconômico, alocados preferencialmente no eixo centro-leste da cidade, 2º) a valorização deste setor da cidade decorrente do processo de concentração destes grupos populacionais, e 3º) os efeitos da dependência (*path-dependence*) ou das trajetórias históricas de ocupação, que mantiveram os baixos valores de troca nas áreas periféricas, devido à concentração de membros do grupo de nível socioeconômico mais baixo. Estes mecanismos induziram a permanência e a mudança das famílias deste nível socioeconômico para as localidades periféricas e das famílias de alto nível

socioeconômico para o setor centro-leste da cidade, onde novos condomínios de alto padrão foram desenvolvidos.

Estes resultados também são condizentes com as conclusões de Dal Pozzo (2011) sobre a associação entre o aumento da segregação em Marília e os novos condomínios fechados desenvolvidos no período. Ademais, condiz com as considerações de Melazzo (2015) e Barcella e Melazzo (2020) sobre o fato de que a ampliação das desigualdades socioespaciais está relacionada ao processo de valorização induzida de setores específicos das cidades médias e à formação de *land banks*.

Apesar de se referir a períodos distintos dos aqui analisados, Villaça (1998) contribui para o entendimento da dinâmica da segregação. O autor afirma que existe uma tendência da elite a se concentrar e se apropriar das “melhores” localizações urbanas, definidas como as localidades onde convergem as amenidades físicas do território e a maior acessibilidade às infraestruturas urbanas que condicionam os deslocamentos urbanos (VILLAÇA, 1998). E, ainda, que a concentração da população de alta renda tende a atrair elementos de infraestrutura urbana (idem, 1998).

Nos pressupostos teóricos do ABM desenvolvido nesta tese, adotou-se a proximidade às infraestruturas urbanas de comércio, serviços e lazer como *proxy* para as “melhores” localizações para se morar e que atraem investimento dos empreendedores imobiliários, o que deve ser revisado. Durante os processos de análise sensível e validação observou-se que a proximidade não se traduz em acessibilidade. Os empreendimentos imobiliários alocados no período e destinados à população de alto nível socioeconômico nem sempre estão localizados próximos às infraestruturas urbanas de comércio, serviços e lazer, mas possuem uma acessibilidade elevada a estas localidades devido à sua proximidade com as principais rotas de deslocamento a localidades que concentram estes elementos, o que corrobora com a tese de Villaça (1998).

A partir destes desdobramentos levanta-se a hipótese de que os empreendimentos imobiliários desenvolvidos para a população de alto nível socioeconômico atraem os novos centros comerciais e de serviços (*shoppings centers*, supermercados de grande porte, universidades etc.), e não o contrário. Recomendam-se, portanto, investigações mais aprofundadas sobre a relação entre segregação e acessibilidade às infraestruturas urbanas de comércio, serviços e lazer nas cidades médias.

Existe ainda um outro mecanismo que opera para concretizar o processo de mudança residencial das famílias e consumo de habitações nos novos desenvolvimentos imobiliários: a depreciação fictícia dos estoques já existentes (ABRAMO, 2007). A

hipótese levantada é que este processo ocorre de forma desigual e gradual no espaço urbano, sendo que existem localidades onde o processo de depreciação ocorre de forma mais abrupta. Estas seriam as áreas mais antigas, onde predominam usos comerciais e industriais, e nos bairros mais populares. Enquanto outras localidades como os bairros tradicionais, destinados à população de alto nível socioeconômico em períodos anteriores, depreciam em ritmo menos acelerado.

Os exercícios de simulação permitiram, ainda, demonstraram que a emergência de novos empreendimentos imobiliários da faixa 1 do programa MCMV, em Marília alocados nas áreas periféricas, pode intensificar a concentração e o isolamento dos grupos de baixíssimo e baixo nível socioeconômico nestas localidades. Apesar de não estarem completamente construídos e habitados no período simulado, o modelo assume que sim e demonstrou uma projeção futura de aumento da segregação destes grupos nestas localidades. Estes resultados corroboram com as conclusões traçadas por Marques e Rodrigues (2013) e Rolnik et al. (2015) no que tange aos espaços metropolitanos, e por Melazzo (2015), Sposito (2013) e Sposito e Góes (2013), no que se refere às cidades médias.

7.4. Limitações do modelo e possíveis extensões

No decorrer do processo de avaliação do modelo, diversas limitações foram evidenciadas. Primeiramente, uma delas é manter constante a população total e a proporção dos grupos populacionais. Apesar deste aspecto facilitar a análise da dinâmica do modelo e permitir verificar se ocorre estabilização, acredita-se que os resultados seriam mais acurados com a adição de um módulo que representasse o crescimento populacional e a atualização da proporção dos grupos socioeconômicos. Em segundo lugar, a inserção de um modelo econômico na formação de preços do módulo ambiente, possivelmente, poderia aumentar o realismo da dinâmica da segregação. Além disso, uma extensão que simula as transações financeiras entre os agentes e o endividamento da população poderia ser adicionada, trazendo mais realismo para as mudanças residenciais.

Outra limitação é o fato de a taxa de depreciação ser aplicada de forma uniforme ao módulo ambiente. O pressuposto é que os estoques residenciais sofrem depreciação de forma homogênea. Na realidade, existem localidades onde este processo ocorre de forma desigual nas diferentes localidades. Por exemplo: bairros tradicionais com casas construídas em grandes lotes, ocupados pela população de alto nível socioeconômico, perdem competitividade de forma mais lenta que bairros populares. Analisando o módulo

ambiente, poderiam ser adicionados: 1º) uma variável de uso da terra urbana, de forma a permitir movimentações apenas nas células de uso residencial, e 2º) dados reais de valor de troca podem ser introduzidos no módulo ambiente de forma exógena. Estes dados podem ser elaborados a partir de imagens de sensoriamento remoto ou levantamentos nas imobiliárias e anúncios de venda e compra de imóveis.

Finalmente, a adoção do raio como *proxy* para a vizinhança é um aspecto que possui vantagens e desvantagens. Se considerado que o entorno possui aspectos semelhantes e que variações abruptas e inexistentes entre os dados são evitadas, a adoção do raio pode ser considerada uma vantagem. No entanto, também impossibilita representar as discontinuidades observadas na realidade que inviabilizam a interação entre membros de grupos socioeconômicos distintos através de limites físicos estabelecidos, como muros (condomínios fechados), ruas, avenida e, no caso de Marília, o trilho do trem. Para solucionar esta limitação na representação, tanto da dinâmica quanto dos padrões espaciais observados, índices espaciais capazes de levar em consideração os limites impostos pelas barreiras físicas podem ser, futuramente, desenvolvidos e implementados no modelo.

A despeito das sugestões apresentadas, sabe-se que após um certo limiar de “complicação” na estrutura dos ABM, que aumenta conforme adicionamos submodelos, regras, número de variáveis e dados, existe uma tendência à perda das características dos sistemas complexos (SUN et al., 2016). Os ABMs podem, assim, se tornar determinísticos ou convergir ao equilíbrio. Para Grimm et al. (2005) e O’Sullivan et al. (2016) um nível intermediário de “complicação” pode ser considerado ótimo. Assim, a estrutura de um ABM deve ser “a mais simples possível, mas tão complicada quanto necessário” (SUN et al., 2016, p. 1).

CAPÍTULO VIII

Considerações finais

A segregação é uma característica persistente das cidades e de difícil solução. Para a proposição de políticas públicas efetivas, que visem a minimizar seus efeitos negativos, é necessário ampliar o conhecimento sobre a sua dinâmica e seus padrões espaciais. Os desafios que envolvem o estudo da segregação são diversos dada sua multidimensionalidade, multiescalaridade, seus aspectos altamente contextuais e o fato de a segregação ser um processo espacial e temporalmente explícito, que possui propriedades de sistemas complexos.

Esta tese buscou contribuir para o entendimento dos padrões espaciais e da dinâmica da segregação residencial socioeconômica no período de 2000 a 2010, em Marília. Para tanto, empregou duas abordagens distintas, mas complementares. Os índices espaciais de segregação foram adotados para quantificar e analisar as alterações/manutenção nos padrões espaciais e a modelagem baseada em agentes foi utilizada para testar os mecanismos que atuaram na dinâmica da segregação no período.

Este capítulo final da tese está estruturado em três partes. A primeira discorre sobre as principais contribuições da tese, a segunda, discute as limitações e as possibilidades de trabalhos futuros e a terceira, apresenta as considerações finais.

8.1. As contribuições da tese

Esta seção apresenta um sumário das contribuições da tese. Primeiramente, as contribuições referentes aos padrões espaciais e a dinâmica da segregação serão apresentadas e discutidas, seguido das contribuições metodológicas.

8.1.1. Sobre os padrões espaciais e a dinâmica da segregação

O período entre 2000 e 2010 se destaca pela ocorrência de importantes mudanças econômicas e políticas no âmbito nacional que refletiram na redução das desigualdades sociais (MARQUES, 2014). Estes fatores, no entanto, não contribuíram para a minimização da segregação nos espaços metropolitanos; ao contrário, pouco mudou (MARQUES, 2016). Nas metrópoles brasileiras, notou-se um aumento da segregação dos grupos de alto nível socioeconômico em certas localidades (CHETRY, 2015; FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016) e uma redução da segregação entre as classes médias

e baixas, que se encontram em espaços mais fragmentados (FEITOSA et al., *in press*). A hipótese de que Marília apresentou tendências similares às transformações observadas em outras cidades brasileiras no mesmo período foi parcialmente corroborada.

Os resultados dos índices espaciais globais, aplicados em Marília, apontam para a manutenção da segregação na macroescala e para um agravamento da segregação na microescala, em ambas as suas dimensões espaciais (dispersão/agrupamento e exposição/isolamento). Os grupos mais segregados são os de alto (rendimentos de dez a 20 e acima de 20 salários mínimos) e de baixíssimo nível socioeconômico (até dois salários mínimos), assim como em São Paulo (FEITOSA et al., *in press*).

A partir dos índices espaciais locais foi possível verificar um aumento no isolamento dos grupos de alto nível socioeconômico no setor centro-leste da cidade, que apresenta uma diversidade populacional maior em comparação à área de estudo como um todo, o que indica que estes grupos assumem um padrão de “evitação social” (MARQUES, 2016, p. 155), uma tendência que segue a das áreas metropolitanas de São Paulo (FEITOSA et al., *in press*; MARQUES, 2016), Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Brasília Vitória e Belo Horizonte (CHETRY, 2015).

O grupo de baixíssimo nível socioeconômico, também, encontra-se mais segregado, em 2010, estando mais concentrado e isolado nas áreas periféricas ao extremo sul e norte da cidade. Esta tendência difere das observadas por Oliveira e Silveira Neto (2015) e Ywata et al. (2011) que apontam para uma redução da segregação entre os grupos alto e baixo nível socioeconômico resultado da alocação de condomínios de alto padrão nas periferias.

No entanto, corrobora com as conclusões de Feitosa et al. (*in press*) sobre a metrópole de São Paulo. Os autores afirmam que a segregação entre os grupos de alta e baixa renda aumentou como resultado da homogeneização dos espaços dos grupos de alta renda e heterogeneização e fragmentação dos espaços periféricos (FEITOSA et al., *in press*). Ainda, ressaltam que presença de condomínios fechados de alto padrão em áreas periféricas, onde predominam os grupos de baixo nível socioeconômico, é uma situação de exceção na metrópole de São Paulo (idem, *in press*). Em Marília, pode-se observar tendências similares.

Essas alterações nos padrões espaciais estão relacionadas à dinâmica da segregação em Marília no período analisado. A hipótese de que a multiplicação e diversificação das habitações no estilo condominial são mecanismos que induziram as alterações dos

padrões espaciais e no grau de segregação, foi corroborada através dos exercícios de simulação do ABM desenvolvido nesta tese.

A multiplicação dos condomínios fechados de alto padrão nas localidades centro-leste e a valorização deste setor da cidade, bem como os efeitos da dependência (*path-dependence*) ou das trajetórias históricas de ocupação, mantiveram as habitações acessíveis à população de baixo nível socioeconômico nas áreas periféricas, dando continuidade ao processo de periferização, o que implicou em um aumento da segregação em microescala. Estes resultados também corroboram com as conclusões de Melazzo (2015), Sposito (2013) e Sposito e Góes (2013) sobre o aumento da segregação nas cidades médias no período.

Estes mecanismos indicam que ao mesmo tempo em que os grupos de alto nível socioeconômico tendem a se segregar em determinadas localizações, segregam os outros grupos, sendo os de baixíssimo nível socioeconômico os mais afetados. Estes resultados são condizentes com as conclusões de Dal Pozzo (2011), sobre o aumento da segregação em Marília estar relacionado aos novos condomínios fechados, e com as conclusões de Barcella e Melazzo (2020) e Melazzo (2015), sobre os efeitos do processo de valorização induzida de setores específicos das cidades médias, associados aos *land banks*.

As simulações, ainda, demonstraram que os empreendimentos da faixa 1 do MCMV, alocados em Marília nas áreas periféricas ao sul e norte da cidade, podem contribuir para a manutenção da segregação em macroescala e aumento da segregação em microescala, com a maior concentração e isolamento dos grupos de baixo e baixíssimo nível socioeconômico nestas localidades. É importante ressaltar que apesar de não estarem completamente construídos e habitados no período simulado, o modelo assume que sim, aprontando para projeções futuras de agravamento da segregação destes grupos socioeconômicos nas localidades periféricas, o que corrobora a tese de Marques e Rodrigues (2013) e Rolnik et al. (2015).

Os resultados sobre o estudo de Marília apontam para a importância dos impactos da multiplicação e diversificação (em termos de tamanho e localizações) dos condomínios fechados no aumento da segregação e sugere uma possível forma de enfrentamento para o problema a partir de ações do poder público como criação de novas regras para implementação dos novos empreendimentos do tipo condominial. Os resultados da pesquisa indicam que os efeitos da segregação na cidade podem ser minimizados através das seguintes iniciativas: 1) a imposição de limites nos tamanhos dos novos empreendimentos, impossibilitando projetos com um grande volume de habitações,

especialmente nos espaços periféricos, que podem induzir o aumento da segregação da população de baixo nível socioeconômico nestas localidades; 2) o incentivo à construção de moradias populares em localidades mais centrais e dotadas de infraestrutura urbana (de comércio, serviços públicos de saúde, equipamentos públicos de lazer, transporte e educação, etc.), e 3) regulamentações que estimulem a diversificação do uso da terra e controlem a especulação e a formação dos *land banks*. Essas intervenções podem resultar em um padrão mais difuso de segregação.

8.1.2. Sobre as abordagens metodológicas

Apesar de índices espaciais globais e locais e modelagem baseada em agentes terem sido utilizados para o estudo da segregação por Feitosa et al. (2007) e Feitosa et al. (2010), esta pesquisa demonstrou que o uso conjugado das duas abordagens em um mesmo quadro metodológico é vantajoso e útil, uma vez que permite explorar tanto os aspectos estáticos do fenômeno, como os dinâmicos.

Os índices espaciais de segregação, propostos por Feitosa et al. (2007), demonstraram ser ferramentas eficazes na análise dos padrões espaciais de segregação, pois apresentam não apenas as versões globais, que resumem a situação da segregação na área de estudo, mas também as locais, que possibilitam analisar as variações internas na área de estudo. Ainda, permitem comparar dados de datas distintas sem incongruências metodológicas, bem como analisar e representar sua natureza multiescalar.

A principal contribuição metodológica desta tese é o MAPS, o modelo baseado em agentes desenvolvido nesta tese que explora os mecanismos que atuaram na segregação no período, com ênfase nos condomínios fechados. O modelo será disponibilizado para a comunidade científica. Outros experimentos e testes de hipóteses podem ser conduzidos com base no seu quadro teórico-metodológico e apoiar o desenvolvimento teórico sobre a dinâmica da segregação. Dados os seus objetivos, o MAPS pode ser classificado como um modelo exploratório e pode, facilmente, ser aplicado à outras cidades e áreas de estudo. A sua principal vantagem é o fato de sua estrutura ser simples, possuir elementos generalizáveis, que permitem uma flexibilização e adequação conforme os diferentes contextos, sem demandar modificações substanciais.

É importante mencionar que as simulações do modelo baseado em agentes desenvolvido nesta tese permitiram testar hipóteses sobre os mecanismos que atuaram na segregação, contribuindo com *insights* teóricos sobre a dinâmica do fenômeno e trazendo à tona importantes elementos da realidade, discutidos na seção anterior. Estes aspectos

permitem concluir que os ABMs são ferramentas úteis para análise de processos espaço-temporais de forma explícita.

A seguir, as limitações das abordagens metodológicas desta tese serão discutidas, bem como indicações para trabalhos futuros.

8.2. Limitações e perspectiva de futuros trabalhos

As limitações desta tese referem-se às duas abordagens metodológicas utilizadas e as dificuldades encontradas no decorrer da pesquisa. A seguir, as limitações de cada uma serão apresentadas separadamente e serão discutidas as possibilidades de trabalhos futuros.

8.2.1. No que se refere aos índices espaciais de segregação

As limitações dos índices espaciais de segregação estão relacionadas, principalmente, aos dados espaciais e populacionais.

Primeiramente, existe uma limitação referente à perda inerente de informação no processo de categorização de variáveis contínuas (renda) em variáveis categóricas (até dois s.m., de dois a três s.m., etc.) para aplicação dos índices espaciais de segregação. Ressalta-se que este processo foi necessário em decorrência dos índices espaciais utilizados (da teoria da informação, de exposição e isolamento). E apesar de existirem índices espaciais de segregação adequados para variáveis contínuas como *Neighbourhood Sorting Index* (NSI), proposto por Feitosa et al. (2007), sua natureza impossibilita sua decomposição em versões espaciais locais, que foram de extrema importância para análise das variações nos padrões espaciais intraurbanos no caso de Marília.

Em segundo lugar, é importante reconhecer que existe uma limitação relacionada aos procedimentos de compatibilização dos grupos socioeconômicos. Como demonstrado no Capítulo IV desta tese, a adoção do salário mínimo para a categorização das variáveis de renda pode causar uma interpretação equivocada em análises multitemporais comparativas, porque existe uma variabilidade anual no valor de referência. A estratégia de compatibilização adotada nesta tese visou minimizar estes efeitos. Ressalta-se, porém, que a necessidade de compatibilização das rendas para categorização de grupos socioeconômicos é uma limitação intrínseca à metodologia.

Essa limitação poderia ser facilmente contornada a partir da adoção de grupos ocupacionais. No entanto, as informações ocupacionais não se encontram disponíveis nos dados do Universo do censo do IBGE, apenas nos dados de amostragem, representados

através de áreas de ponderação. Para o estudo dos padrões espaciais intraurbanos de segregação das cidades médias sua utilização seria inviável.

Finalmente, a adequação dos dados espaciais deve ser reconhecida como uma dificuldade encontrada. Ressalta-se que foi necessário conduzir uma análise dasimétrica nos setores censitários localizados nos limites da área urbana, uma vez que, normalmente, são muito maiores do que a área de fato ocupada. Este procedimento laborioso foi necessário para minimizar os efeitos de borda dos índices espaciais. Porém, demandou a aquisição de imagens de satélite para ambas as datas (2000 e 2010). Este aspecto também pode ser considerado uma limitação da metodologia.

8.2.2. No que se refere a modelagem baseada em agentes

As limitações da modelagem baseada em agentes referem-se, principalmente, a como apreender a realidade através de exercícios de simulação. As vantagens do modelo desenvolvido nesta tese são sua simplicidade e fácil adaptação a outros contextos, para isso, porém, omite e desconsidera uma gama de outros mecanismos que são apresentados na literatura como fatores que influenciam a dinâmica da segregação. É sabido que todos os modelos são representações simplificadas da realidade, porém, é difícil determinar se um modelo é suficientemente robusto para fornecer informações úteis sobre a realidade.

No Capítulo VII, por exemplo, discute-se sobre a possibilidade de implementação de dados espaciais empíricos e extensões no modelo para que as simulações se tornem mais realistas. Mas, como determinar o ponto em que processos e dados adicionais deixaram de contribuir com a performance do modelo? Apesar de a literatura traçar diretrizes gerais e discutir sobre o grau ótimo de “complicação” de um modelo, não existem propostas que estabeleçam uma medida e métodos de visem quantificá-lo. Portanto, esta é uma possibilidade para pesquisas futuras. Sabe-se que esta tarefa não é nada trivial dada a variedade de fenômenos e áreas do conhecimento que adotam modelos de simulação como abordagem metodológica. No entanto, a evolução e o amadurecimento de um protocolo metodológico para desenvolvimento de um ABM demanda um rigor maior.

No que se refere às limitações em termos de estrutura e dinâmica dos ABM, ressalta-se que é comumente construída a partir de pressupostos advindos de teorias behavioristas, o que exige um conhecimento específico por parte do modelador. Esta foi uma dificuldade encontrada. São sugeridas pesquisas futuras que forneçam maior

embasamento sobre como os indivíduos tomam as suas decisões residenciais e econômicas.

8.3. Conclusões

Apesar das limitações discutidas neste capítulo, a tese apresenta contribuições empíricas e metodológicas ao estudo da segregação em espaços urbanos brasileiros. Metodologicamente, a tese contribui através do desenvolvimento de um modelo de segregação, baseado em agentes, com ênfase no impacto dos condomínios fechados na produção do espaço urbano brasileiro aplicado ao estudo de caso de Marília. O modelo MAPS apresenta potencial para ampliação e pode ser facilmente adaptado e aplicado à outras cidades brasileiras.

Empiricamente, a tese contribui para o entendimento sobre os padrões e a dinâmica da segregação de Marília- SP, no período entre 2000 e 2010. O estudo de caso demonstrou que a segregação em Marília seguiu tendências similares às de regiões metropolitanas brasileiras e revelou a importância do papel dos condomínios fechados na agravamento do fenômeno, destacando assim, possibilidades de minimizar seus efeitos a partir de restrições urbanísticas que podem ser implementadas por governos locais.

Os resultados da tese confirmam o agravamento dos padrões de segregação em Marília em um período em que ocorreu uma redução nas desigualdades sociais no país, ressaltando assim a importância de políticas públicas que visem intervir no espaço urbano de forma mais incisiva. A tese demonstra que a persistência da segregação não se encontra somente nas regiões metropolitanas, sugerindo que a segregação é intrínseca ao processo de produção do espaço urbano também nas cidades médias brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAR, S. et al. Agent Based Modelling and Simulation tools : A review of the state-of-art software. **Computer Science Review**, v. 24, n. 1, p. 13-33, 2017.
- ABRAMO, P. **A cidade caleidoscópica: coordenação espacial e convenção urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- ABRAMO, P.; FARIA, T. C. **Mobilidade residencial na cidade do Rio de Janeiro: considerações sobre os setores formal e informal do mercado imobiliário**. Anais do XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais – ABEP, 1998.
- ALISON, P. D. Measures of inequality. **American sociological review**, v. 43, n. 6, p. 865-880, 1978.
- ALONSO, W. A THEORY OF THE URBAN LAND MARKET. **Papers in Regional Science**, v. 6, n. 1, p. 149-157, jan. 1960.
- ARAUJO, A. C. S. **Retrospectiva histórica do processo de formação de Marília e as dinâmicas recentes**. 2013. 225f. (Tese de doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- ARDESHIRI, A.; WILLIS, K.; ADERSHIRI, M. Exploring preference homogeneity and heterogeneity for proximity to urban public services. **Cities**, v. 81, n. 1, p. 190-202, 2018.
- ARTHUR, W. B. Bounded Rationality and Inductive Behavior (the El Farol problem). **American Economic Review Papers and Proceedings**, v.1, n.1, p. 406-411, 1994.
- AUGUSTIJN-BECKERS, E.-W.; FLACKE, J.; RETSIOS, B. Simulating informal settlement growth in Dar es Salaam, Tanzania: An agent-based housing model. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 2, p. 93-103, 2011.
- BALCI, O. Validation, verification, and testing techniques throughout the life cycle of a simulation study. **Annals of Operations Research**, v.0, n.0, p. 121–173, 1994.
- BALKE, T.; GILBERT, N. How Do Agents Make Decisions? A Survey. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 17, n. 4, p. 1-30, 2014.
- BARCELLA, B. L. S.; MELAZZO, E. S. Expansão urbana e dinâmica imobiliária : comparando as estratégias fundiárias dos agentes imobiliários em cidades médias. **Sociedade e Natureza**, v. 32, n. 1, p. 108-125, 2020.
- BARROS, J. **Urban Growth in Latin American Cities: Exploring urban dynamics through agent-based simulation**. 2004. 298f. (Tese de doutorado em Planejamento Urbano). University of London, London, 2004.
- BARROS, J.; FEITOSA, F. F. Uneven geographies: Exploring the sensitivity of spatial indices of residential segregation. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v.45, n.6, 2018.
- BARROS, J. Exploring Urban Dynamics in Latin American Cities Using an Agent-Based

Simulation Approach. In: HEPPENSTALL, A. J. et al. (Org.). **Agent-Based Model. Geogr. Syst**, Springer, p. 571-590, 2012.

BATTY, M. Fifty Years of Urban Modeling: Macro-Statics to Micro-Dynamics. In: ALBEVERIO, S. et al. (Org.). **Dyn. Complex Urban Syst. An Interdiscip. Approach. Springer**, 2008, p. 1-20.

_____. GeoComputation using cellular automata. In: OPENSHAW, S.; ABRAHART, R. J. (Org.). **Geocomputation**, New York: Taylor and Francis, p. 95-126, 2000.

_____. **The New Science of Cities**: The MIT Press, 2013.

BATTY, M.; TORRENS, P. Modelling and prediction in a complex world. **Futures**, v. 37, n. 7, p. 745-766, 2005.

BELL, W. A Probability Model for the Measurement of Ecological Segregation. **Social Forces**, v. 32, n. 4, p. 357-364, 1954.

BENENSON, I. Modeling population dynamics in the city: From a regional to a multi-agent approach. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, v. 3, n. 2, p. 149-170, 1999.

BENENSON, I.; HATNA, E. Minority–Majority Relations in the Schelling Model of Residential Dynamics. **Geographical Analysis**, v. 43, n. 3, p. 287-305, 2011.

BENENSON, I.; OMER, I.; HATNA, E. Entity-based modeling of urban residential dynamics: The case of Yaffo, Tel Aviv. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 29, n. 4, p. 491-512, 2002a.

_____. Entity-Based Modeling of Urban Residential Dynamics: The Case of Yaffo, Tel Aviv. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 29, n. 4, p. 491-512, 2002b.

BENENSON, I.; TORRENS, P. **Geosimulation: automata-based modeling for urban phenomena**. London: John Wiley & Sons Inc., 2004.

BICHIR, R. **Segregação e Acesso a Políticas Públicas no Município de São Paulo**. 2006. 190f. (Dissertação de mestrado em Ciência Política) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOLT, G. Combating residential segregation of ethnic minorities in European cities. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 24, n. 1, p. 397-405, 2009.

BOLT, G.; PHILLIPS, D.; VAN KEMPEN, R. Housing Policy, (De)segregation and Social Mixing: An International Perspective. **Housing Studies**, v. 25, n. 2, p. 129-135, 2010.

BONDUKI, N.; ROLNIK, R. **Periferia da Grande São Paulo**: Reprodução do espaço como expediente de reprodução da força de trabalho. In: MARICATO, E. (Org.). **A produção Capital da casa (e da Cid. no Bras. Ind.)**. São Paulo: AlfaOmega, 1982.

BROWN, L. A.; CHUNG, S. Y. Spatial segregation, segregation indices and the geographical perspective. **Population, Space and Place**, v. 12, n. 2, p. 125-143, 2006.

BRUCH, E. E.; MARE, R. D. Neighborhood Choice and Neighborhood Change. **American journal of sociology**, v. 112, n. 3, p. 667-709, 2006.

_____. Preferences and Pathways to Segregation: Reply to Van de Rijt, Siegel, and

- Macy. **American journal of sociology**, v. 114, n. 4, p. 1181-1198, 2009.
- BUCHMANN, C. M.; GROSSMANN, K.; SCHWARZ, N. Environmental Modelling & Software How agent heterogeneity, model structure and input data determine the performance of an empirical ABM e A real-world case study on residential mobility. **Environmental Modelling and Software**, v. 75, n. 1, p. 77-93, 2016.
- BURGESS, E. W. **The Growth of the City**. In: PARK, Robert E.; BURGESS, E. W. (Org.). City. Chicago: University of Chicago Press, 1925.
- CALDEIRA, T. P. do R. **Cidade de Muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo**. São Paulo: Edusp, 2000.
- CAMARGO, C. **São Paulo, 1975: crescimento e pobreza**. São Paulo: Loyola, 1976.
- CAMERER, C. F.; LOEWENSTEIN, G. **Behavioral Economics: Past, Present, Future**. In: CAMERER, C. F.; LOEWENSTEIN, G.; RABIN, M. (Org.). Adv. Behav. Econ. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2004.
- CARVALHO, I. M. M.; BARRETO, V. S. Segregação residencial, condição social e raça em Salvador. **Cadernos das Metrôpoles**, v. 1, n. 18, p. 251-273, 2007.
- CATNEY, G. The complex geographies of ethnic residential segregation: Using spatial and local measures to explore scale-dependency and spatial relationships. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 43, n. 1, p. 137-152, 2018.
- CHETRY, M. **A segregação residencial nas metrôpoles brasileiras: Rio de Janeiro em perspectiva**. In: RIBEIRO, L. C. Q. (Org.). Rio Janeiro Transform. na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital, Observatório das Metrôpoles, 2015.
- CLARK, W. A. V.; HUFF, J. O. Some empirical tests of duration-of-stay effects in intraurban migration. **Environment and Planning A**, v. 9, n. 12, p. 1357-1374, 1977.
- CLARK, W. A. V.; FOSSETT, M. Understanding the social context of the Schelling segregation model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 11, p. 4109-4114, 2008.
- COFFEE, N. T. et al. Composition and context drivers of residential property location value as a socioeconomic status measure. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 0, n. 0, p. 1-18, 2018.
- CORRÊA, R. L. **Construindo o conceito de cidade média**. In: SPOSITO, M. E. B. (Org.). Cid. médias espaços em transição. São Paulo: Expressão popular, 2007.
- CORTESE, C. F.; FALKE, R. F.; COHEN, J. K. Further Considerations on the Methodological Analysis of Segregation Indices. **American sociological review**, v. 41, n. 4, p. 630-637, 1976.
- COY, M.; PÖHLER, M. Gated Communities in Latin American Megacities: Case Studies in Brazil and Argentina. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 29, n. 3, p. 355-370, 2002.
- CROOKS, A. T. Constructing and implementing an agent-based model of residential segregation through vector GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 24, n. 5, p. 661-675, 2010.
- _____. **Exploring Cities Using Agent-Based Models and GIS**. (CASA Working

Papers 109). Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL). London: University College London, 2006.

CROOKS, A. T.; CASTLE, C. J. E. **The Integration of Agent-Based Modelling and Geographical Information for Geospatial Simulation**. In: HEPPENSTALL, A. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst.* [S.l.]: Springer, 2012.

CROOKS, A. T.; CASTLE, C. J. E.; BATTY, M. Key Challenges in Agent Based Modelling for Geo Spatial Simulation. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 36, n. 6, p. 417-430, 2008.

CROOKS, A. T.; HEPPENSTALL, A. J. **Introduction to Agent-Based Modelling**. In: HEPPENSTALL, A. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst.* [S.l.]: Springer, 2012.

CUNHA, J. M. P.; JIMÉNEZ, M. A. **Segregação e Acúmulo de carências: localização da pobreza e condições educacionais na Região Metropolitana de Campinas**. In: CUNHA, J.M.P. (Org.). *Novas metrópoles Paul. Popul. vulnerabilidade e Segreg.* Campinas: Unicamp/Nepo, 2006.

DAL POZZO, C. F. **Territórios de autosegregação e de segregação imposta: fragmentação socioespacial em Marília e São Carlos**. 2011. 316f. (Dissertação de mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2011.

DAWKINS, C. J. Space and the measurement of income segregation. **Journal of Regional Science**, v. 47, n. 2, p. 255-272, 2007.

DIAMOND, R. The Determinants and Welfare Implications of US Workers' Diverging Location Choices by Skill: 1980–2000. **American Economic Review**, v. 106, n. 3, p. 479-524, 2016.

DUNCAN, O. D.; DUNCAN, B. A methodological analysis of segregation indexes. **American sociological review**, v. 20, n. 2, p. 210-217, 1955.

EICHER, C. L.; BREWER, C. A. Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 28, n. 2, p. 125-138, 2012.

ELLIS, M. et al. Agents of Change: Mixed-Race Households and the Dynamics of Neighborhood Segregation in the United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 3, p. 549-570, 2012.

ENTRIKIN, J. N. ROBERT PARK'S HUMAN ECOLOGY AND HUMAN GEOGRAPHY*. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, n. 1, p. 43–58, 15 mar. 1980.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up**. Washington, D. C.: Brookings Institution Press, 1996.

ERBE, B. M. Race and Socioeconomic Segregation. **American sociological review**, v. 40, n. 6, p. 801-812, 1975.

FACCIO, A. J. Segregação e Exclusão Social: O Caso dos Beira-Trilhos em Erechim/RS. **Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia**, v. 5, n. 1, p. 50-66, 2011.

FARBER, S.; PÁEZ, A.; MORENCY, C. Activity Space and the measurement of

clustering and exposure: a case of study of linguistic groups in Montreal. **Environment and Planning A**, v. 44, n. 2, p. 315-332, 2012.

FEITOSA, F. **Índice espaciais para mensurar a segregação residencial: o caso de São José dos Campos (SP)**. 2005. 169f. (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE: São José dos Campos, 2005.

FEITOSA, F. F.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; KOSCHITZKI, T.; SILVA, M. P. S. Global and local spatial indices of urban segregation. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 3, p. 299-323, 2007.

FEITOSA, F. F. **Urban Segregation as a Complex System: An Agent-Based Simulation Approach**. 2010. 191f. (Tese de doutorado em Matemática e Ciências Naturais). Universidade Rheinische Friedrich-Wilhelms-Bonn, Bonn, 2010.

FEITOSA, F. F.; LE, Q. B.; VLEK, P. L. G. Multi-agent simulator for urban segregation (MASUS): A tool to explore alternatives for promoting inclusive cities. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 2, p. 104-115, 2010.

FEITOSA, F. F.; BARROS, J., MARQUES, E. C. L.; GIANNOTTI, M. **Measuring Changes in Residential Segregation in São Paulo in the 2000s**. In: van Ham, M.; Tammaru, T.; Ubarevičienė, R. and Janssen, H. (Org.) *Urban Socio-Economic Segregation and Income Inequality*, Springer, *in press*.

FERREIRA, J. F. **Habitação, cidade e campo: indicadores de segregação e seus padrões espaciais**. 2018. 211f. (Tese de doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FIREY, W. I. **The Role of Social Values in Land Use Patterns of Central Boston**. 1945. 367f. (Tese de doutorado em Ciências Sociais). Harvard University, Cambridge, 1945.

FLORIDA, R.; MELLANDER, C. **Segregated city: The geography of economic segregation in America's metros**. Toronto: Martin Prosperity Institute, 2015.

FOSSETT, M.; DIETRICH, D. R. Effects of City Size, Shape, and Form, and Neighborhood Size and Shape in Agent-Based Models of Residential Segregation: Are Schelling-Style Preference Effects Robust? **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 36, n. 1, p. 149-169, 2009.

FOTHERINGHAM, A. S. Trends in quantitative methods I: stressing the local. **Progress in Human Geography**, v. 21, n. 1, p. 88-96, 1997.

FOWLER, C. Key assumptions in multiscale segregation measures: How zoning and strength of spatial association condition outcomes. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 45, n. 6, p. 1-18, 2018.

_____. Segregation as a multiscale phenomenon and its implications for neighborhood-scale research: the case of South Seattle 1990–2010. **Urban Geography**, v. 37, n. 1, p. 1-25, 2016.

FRANÇA, D. Inequalities and Residential Segregation by Race and Class. **São Paulo twenty-first Century spaces, Heterog. Inequalities**. New York: Routledge, 2016, p. 160-174.

GALLIN, J. The Long-Run Relationship between House Prices and Income: Evidence

- from Local Housing Markets. **Real State Economics**, v. 34, n. 3, p. 417-438, 2006.
- GILBERT, N.; TROITZSCH, K. **Simulation For The Social Scientist**. Maidenhead, England and New York, NY: Open University Press, 2005.
- GILBERT, Nigel. **Agent-based Models**. Thousand Oaks: SAGE Publications Ltd., 2008.
- GRIMM, V. et al. Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology. **Science**, v. 310, n. 1, p. 987-991, 2005.
- GRIMM, V. et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological Modelling**, v. 198, n. 1-2, p. 115-126, 2006.
- _____. The ODD protocol: A review and first update. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 23, p. 2760-2768, 2010.
- GRIMM, V.; RAILSBACK, S. F. **Designing, Formulating, and Communicating Agent-Based Models**. In: HEPPENSTALL, A. J. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst.* London: Springer, 2012.
- GUIDUGLI, O. S. **A geografia da população urbana: Aspectos teóricos e o caso de Marília**. 1979. 556f. (Tese de doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1979.
- GUO, C.; BUCHMANN, C. M.; SCHWARZ, N. **Linking urban sprawl and income segregation** – Findings from a stylized agent-based model. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, v. 0, n. 0, p. 1-21, 2017.
- HAASE, D.; LAUTENBACH, S.; SEPPELT, R. Modeling and simulating residential mobility in a shrinking city using an agent-based approach. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 10, p. 1225-1240, 2010.
- HAPPE, K. **Agent-Based Modelling and Sensitivity Analysis by Experimental Design and Metamodelling: An Application to Modelling Regional Structural Change**. Copenhagen, Denmark: [s.n.], 2005.
- HARRIS, C. D.; ULLMAN, E. L. The Nature of Cities. **The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science**, v. 242, n. 1, p. 7-17, 8 nov. 1945.
- HEPPENSTALL, A. J.; MALLESON, N.; CROOKS, A. T. Space, the Final Frontier: How Good are Agent-Based Models at Simulating Individuals and Space in Cities? **Systems**, v. 4, n. 1, p. 1-18, 2016.
- HOFFMANN, R.; NEY, M. G. A recente queda da desigualdade de renda no Brasil: análise de dados da PNAD, do censo demográfico e das contas nacionais. **Econômica**, v. 10, n. 1, p. 7-39, 2008.
- HOFSTADTER, D. **Godel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid**. New York: Basic Books, 1979.
- HOLLAND, J. H. **Emergence: from chaos to order**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- HOYT, H. **The structure and growth of residential neighborhoods in American cities**. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1939.
- HUANG, Q. et al. A Review of Urban Residential Choice Models Using Agent-Based

Modeling. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 41, n. 4, p. 661-689, 2014.

HUGHES, P. J. A. Segregação socioespacial e violência na cidade de São Paulo: referências para a formulação de políticas públicas. **São Paulo em Perspectiva**, v. 18, n. 4, p. 93-102, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de informações do Censo Demográfico 2000: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: 2000.

_____. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: 2010.

_____. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/marilia/panorama>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estudos e tratamento da variável rendimento no Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

JACKSON, J.; FOREST, B.; SENGUPTA, R. Agent-Based Simulation of Urban Residential Dynamics and Land Rent Change in a Gentrifying Area of Boston. **Transactions in GIS**, v. 12, n. 4, p. 475-491, 2008.

JAKLE, J. A.; BRUNN, S.; ROSEMAN, C. C. **Human spatial behavior: A social geography**. North Scituate: Duxbury Press, 1976.

JAKUBS, J. F. A Distance-Based Segregation Index. **Journal of Socio-Economic Planning Sciences**, v. 15, n. 1, p. 129-141, 1981.

JAMES, D. R.; TAEUBER, K. E. Measures of Segregation. **Sociological Methodology**, v. 15, n. 1, p. 1-33, 1985.

JANSSEN, M. A. Agent-based modelling. **Modelling in ecological economics**, v. 155, n. 1, p. 172-181, 2005.

JANSSEN, M. A. et al. Towards a Community Framework for Agent-Based Modelling. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 11, n. 26, p. 1-13, 2008.

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Empirically Based, Agent-based models. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, p. 37-50, 2006a.

_____. Empirically Based, Agent-based models. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, p. 1-13, 2006b.

JAYAPRAKASH, C. et al. The Interaction of Segregation and Suburbanization in an Agent-Based Model of Residential Location. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 36, n. 6, p. 989-1007, 2009.

JENNINGS, N. R.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. A Roadmap of Agent Research and Development. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 1, n. 1, p. 275-306, 1998.

JOHNSTON, R. O. N.; POULSEN, M.; FORREST, J. the Comparative Study of Ethnic Residential Segregation in the Usa, 1980 – 2000. **Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie**, v. 95, n. 5, p. 550-569, 2004.

JOHNSTON, R.; POULSEN, M.; FORREST, J. Ethnic and racial segregation in the U.S. Metropolitan Areas 1980-2000: The dimensions of segregation revisited. **Urban Affairs Review**, v. 42, n. 4, p. 479-504, 2007.

KAHNEMAN, D.; LOVALLO, D. Timid Choices and Bold Forecasts: A Cognitive Perspective on Risk Taking. **Management Science**, v. 39, n. 1, p. 100-133, 1993.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. **Choices, Values, and Frames**. In: MACLEAN, L.; ZIEMBA, W. T. (Org.). *Handb. Fundam. Financ. Decis. Mak. - Part II*. [S.l.]: World Scientific, 2013.

_____. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. **Econometrica**, v. 47, n. 2, p. 263-291, 1979.

KAPLAN, D. H.; HOLLOWAY, S. R. Scaling ethnic segregation: causal processes and contingent outcomes in Chinese residential patterns. **GeoJournal**, v. 53, n. 1, p. 59-70, 2001.

KELVYN, J. et al. Ethnic Residential Segregation: A Multilevel, Multigroup, Multiscale Approach Exemplified by London in 2011. **Demography**, v. 52, n. 6, p. 1995-2019, 2015.

KLEIJNEN, J. P. C. et al. **A user's guide to the brave new world of designing simulation experiments**. Tilburg: Tilburg University Press, 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**, v. 44, n.1, p. 220-226, 2014.

KOSLINSKI, M. C.; ALVES, F. Novos olhares para as desigualdades de oportunidades educacionais: a segregação residencial e a relação favela-asfalto no contexto carioca. **Educação e Sociedade**, v. 33, n. 120, p. 805-831, 2012.

KOWARICK, L. **A espoliação urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

_____. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Editora 34, 2009.

LAGO, L. C. **Avaliação crítica dos trabalhos sobre segregação residencial urbana São Paulo e Rio de Janeiro**. 2006. Disponível em: <<http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br>>. Acesso em: 06 de julho de 2020.

_____. **Desigualdades e segregação na metrópole: o Rio de Janeiro em tempo de crise**. Rio de Janeiro: Revan, 2000.

LAN, T.; KANDT, J.; LONGLEY, P. Geographic scales of residential segregation in English cities. **Urban Geography**, v. 41, n. 1, p. 1-21, 2019.

LARA, P. C. **Marília, sua terra, sua gente**. Marília: Iguatemy, 1991.

LAURIE, A. J.; JAGGI, N. K. Role of "Vision" in Neighbourhood Racial Segregation: A Variant of the Schelling Segregation Model. **Urban Studies**, v. 40, n. 13, p. 2687-2704, 2003.

LEE, B. A. et al. Beyond the Census Tract : Patterns and. **American sociological review**, v. 73, n. 5, p. 766-791, 2008.

LEME, R. C. **Expansão territorial e preço do solo urbano nas cidades de Bauru**,

- Marília e Presidente Prudente (1975 – 1996).** 1999. 141pf. (Dissertação de mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Presidente Prudente, 1999.
- LIEBERSON, S. The Impact of Residential Segregation on Ethnic Assimilation. **Social Forces**, v. 40, n. 1, p. 52-57, 1961.
- LIEBERSON, S.; CARTER, D. K. Model for Inferring the Voluntary and Involuntary causes of Residential Segregation. **Demography**, v. 19, n. 4, p. 511-526, 1982.
- LOGAN, J. R. **Still a global city:** the racial and ethnic segmentation of New York. In: MARCUSE, P.; VAN KEMPEN, R. (Org.). *Glob. Cities A New Spat. Order?* Boston: Blackwells, 2000.
- LUKE, S. et al. Mason: A multiagent simulation environment. **Simulation**, v. 81, n. 7, p. 517-527, 2005.
- MAHDAVI ARDESTANI, B.; O’SULLIVAN, D.; DAVIS, P. A multi-scaled agent-based model of residential segregation applied to a real metropolitan area. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 69, Abril, p. 100-116, 2018.
- MANLEY, E. J. **A Framework for Agent- based Model Design.** Disponível em: <<http://urbanmovements.co.uk/2014/02/06/a-framework-for-agent-based-model-design/>>. Acesso em: 06 jan. de 2019.
- MANSON, S. M.; SUN, S.; BONSAI, D. **Agent-Based Modeling and Complexity.** In: HEPPENSTALL, A. J. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst.* London: Springer, 2012.
- MARCUSE, Peter. **Enclaves Yes, Ghettoes, No:** Segregation and the State Lincoln Institute of Land Policy Conference Paper Lincoln Institute Product Code : CP01A13. 2001.
- _____. The enclave, the citadel, and the ghetto: what has changed in the post-fordist city. **Urban Affairs Review**, v. 33, n. 1, p. 228-264, 1997.
- MARICATO, Ermínia. **A produção Capital da casa** (e da Cid. no Bras. Ind.) São Paulo: AlfaOmega, 1979.
- MARISCO, L. M. O. **A norma e o fato:** abordagem analítica da segregação sócio-espacial e exclusão social a partir dos instrumentos urbanísticos. 2003. 227f. (Tese de doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Presidente Prudente, 2003.
- MARQUES, E. C. L. A metrópole de São Paulo no início do século XXI. **Revista USP**, n. 102, v. 1, p. 25-32, 1 ago. 2014.
- _____. **The Social Spaces of the Metropolis in the 2000s.** In: MARQUES, E. C. L. (Org.). *São Paulo twenty-first Century spaces, Heterog. Inequalities.* New York: Routledge, 2016.
- MARQUES, E. C. L.; TORRES, H. **São Paulo Segreg. Pob. e Desigual. sociais.** São Paulo: Senac, 2004.
- MARQUES, E.; RODRIGUES, L. O Programa Minha Casa Minha Vida na metrópole paulistana: atendimento habitacional e padrões de segregação. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, v. 15, n. 2, p. 159-177, 2013.

- MARQUES, E. **Elementos conceituais da segregação, da pobreza urbana e da ação do Estado**. São Paulo Segreg. Pob. e Desigual. sociais. São Paulo: Senac, 2004.
- MARQUES, E.; BICHIR, R. Investimentos públicos, infra-estrutura urbana e produção da periferia em São Paulo. **Revista Espaço e Debates**, v. 42, n. January, p. 9-30, 2001.
- MASSEY, D. S.; DENTON, N. A. **American Apartheid**: Segregation and the Making of the Underclass. Chicago: University of Chicago Press, 1993.
- _____. The Dimensions of Residential Segregation on JSTOR. **Social Forces**, v. 67, n. 2, p. 281-315, 1988.
- MASSEY, D. S.; FISCHER, M. J. How segregation concentrates poverty. **Ethnic and Racial Studies**, v. 23, n. 4, p. 670-691, 2000.
- MEDEIROS, A. K. **Exclusão social e projetos habitacionais: Um estudo sobre conjuntos habitacionais, segregação e exclusão social em Natal/RN**. 2012. 159f. (Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2012.
- MELAZZO, E. S. Estratégias Fundiárias E Dinâmicas Imobiliárias Do Capital Financeirizado No Brasil. **Mercator**, v. 12, n. 2, p. 29-40, 2013.
- _____. **Interações, combinações e sinergias**: produção do espaço urbano, dinâmicas imobiliárias e o programa minha casa minha vida em cidades médias brasileiras. In: BELLET, C. et al. (Org.). Urban. produção e Consum. em Cid. médias/intermediárias. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, Edicions de la Universitat de Lleida, 2015.
- _____. **Padrões de desigualdade em cidades paulistas de porte médio**: a agenda das políticas públicas em disputa. 2006. 229f. (Tese de Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Presidente Prudente, 2006.
- MINAR, N. et al. **The swarm simulation system**: A toolkit for building multi-agent simulations. Santa Fé Institute, 1996.
- MITCHELL, M. **Complexity**: A Guided Tour. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- MOMBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1984.
- MORGAN, B. S. An Alternate Approach to the Development of a Distance Based Measure of Racial Segregation. **American journal of sociology**, v. 88, n. 6, p. 1237-1249, 1983.
- MORRIL, R. L. On the Measure of Geographical Segregation. **Geography Research Forum**, v. 11, p. 25-36, 1991.
- MORRISON, P.; CLARK, W. A. V. Loss aversion and duration of residence. **Demographic Research**, v. 35, p. 1079-1100, 12 out. 2016.
- MOURA, L. V.; FEITOSA, F. F. **Segregação residencial em São Paulo e Londres**. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto: Santos-SP 2019, p. 3346-3349.
- MOURÃO, P. C. **A industrialização do Oeste Paulista**: o caso de Marília. 1994. 242f. (Dissertação de mestrado em Geografia). Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Presidente Prudente, 1994.

- MUSTERD, S. et al. Socioeconomic segregation in European capital cities. Increasing separation between poor and rich. **Urban Geography**, v. 38, n. 7, p. 1-23, 2017.
- MUSTERD, S.; OSTENDORF, W. **Urban Segregation and the Welfare State: Inequality and Exclusion in Western Cities**. London and New York: Routledge, 1998a.
- _____. **Urban segregation and the Welfare State**. New York: Routledge, 1998b.
- NGO, T. A.; SEE, L. **Calibration and Validation of Agent-Based Models of Land Cover Change**. In: HEPPENSTALL, A. J. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst.* London: Springer, 2012.
- NORTH, M. J. et al. **A Declarative Model Assembly Infrastructure for Verification and Validation**. In: TAKAHASHI, S.; SALLACH, D.; ROUCHIER, J. (Org.). *Adv. Soc. Simul. First World Congr.* Tokyo: Springer, 2007.
- NORTH, M. J.; NICHOLSON, T. C.; VOS, J. R. Experiences creating three implementations of the Repast agent modeling toolkit. **ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)**, v. 16, n. 1, p. 1-25, 2006.
- NUNES, M. **Produção do espaço urbano e exclusão social em Marília-SP**. 2007. 173f. (Dissertação de mestrado em Geografia). Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), Presidente Prudente, 2007.
- O'SULLIVAN, D.; EVANS, T.; MANSON, S.; METCALF, S.; LIGMANN-ZIELINSKA, A.; BONE, C. Short communication: Strategic directions for agent-based modeling: avoiding the YAAWN syndrome. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 2, p. 177-187, 2016.
- O'SULLIVAN, D.; PERRY, G. L. W. **Spatial Simulation Models: What? Why? How?** In: O'SULLIVAN, D.; PERRY, G. L. W. (Org.). *Spat. Simul. Explor. Pattern Process.* Hoboken, Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2013.
- O'SULLIVAN, D.; WONG, D. W. S. A surface-based approach to measuring spatial segregation. **Geographical Analysis**, v. 39, n. 2, p. 147-168, 2007.
- O'SULLIVAN, D.; HAKLAY, M. Agent-based models and individualism: is the world agent-based? **Environment and Planning A**, v. 32, n. 8, p. 1409-1425, 2000.
- O'SULLIVAN, D.; MACGILL, J.; YU, C. **Agent-based residential segregation: a hierarchically structured spatial model**. In: *Proceedings of agent 2003 conference on challenges in social simulation*. Chicago, IL: The University of Chicago, p. 493-507, 2003.
- OLIVEIRA, T. G.; SILVEIRA NETO, R. da M. Segregação residencial na cidade do Recife: um estudo da sua configuração. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, v. 09, n. 1, p. 71-92, 2015.
- OLTEANU, M.; RANDON-FURLING, J.; CLARK, W. A. V. Segregation through the multiscalar lens. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 25, p. 12250-12254, 2019.
- OMER, I. How Ethnicity Influences Residential Distributions: An Agent-Based Simulation. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 32, n. 5, p. 657-672, 2005.
- OPENSHAW, S. Modifiable Areal Unit Problem. **Concepts and Techniques in Modern**

Geography, v. 38, p. 169-174, 1989.

I. L. O. **International Standard Classification of Occupations**. 2012. Disponível em <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_172572.pdf>. Acessado em 07 de julho de 2020.

IPT. Mapeamento geológico do bloco SF-22-T (ACS- 73). São Paulo: IPT, 1981.

OSORIO, R. G. et al. **O perfil da pobreza no Brasil e sua evolução no período de 2004-2009**. Brasília: IPEA, 2011.

ÖSTH, J.; CLARK, W. A. V.; MALMBERG, B. Measuring the Scale of Segregation Using k-Nearest Neighbor Aggregates. **Geographical Analysis**, v. 47, n. 1, p. 34-49, 2015.

PALARDY, G. J. High School Socioeconomic Segregation and Student Attainment. **American Educational Research Journal**, v. 50, n. 4, p. 714-754, 2013.

PALMER, J. R. B. **Activity-Space Segregation: Understanding Social Divisions in Space and time**. 2013. 140f. (Tese de Doutorado em Assuntos Públicos e Internacionais) Princeton University, Princeton, 2013.

PARK, R. E.; BURGESS, E. W.; MCKENZIE, R. D. **City**. Chicago: University of Chicago Press, 1925.

PARKER, D. C. et al. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, n. 2, p. 314-337, 2003.

PEACH, C. Ethnic segregation and intermarriage. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, n. 3, p. 371-381, 1980.

PEREIRA, V. A. **Terra e poder: formação histórica de Marília**. Marília: Editora da UNESP, 2005.

PETROV, A. One hundred years of dasymetric mapping: back to the origin. **The Cartographic Journal**, v. 49, n. 3, p. 256-264, 2012.

PETROVIĆ, A. et al. **Multiscale and multidimensional segregation of non-Western. Divers. Resid. Segreg. Conc. migrants a Comp. across EU cities**. [S.l: s.n.], 2018.

POLIDORI, M. C. et al. **Crecimiento urbano, segregación espacial e configuración urbana**. Ciudad del México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del Mexico, 2011.

PORTUGALI, J. **Complexity, Cognition and the City**. New York and London: Springer, 2011.

POULSEN, M.; FORREST, J.; JOHNSTON, R. From Modern to Post-modern? Contemporary ethnic residential segregation in four US metropolitan areas. **Cities**, v. 19, n. 33, p. 161-172, 2002.

PRADO, T. C. S. **Segregação residencial por índices de dissimilaridade, isolamento e exposição, com indicador de renda, no espaço urbano de Santa Maria - RS, por geotecnologias**. 2012. 216f. Tese (mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

QUDRAT-ULLAH, H. **Structure validation of system dynamics and agent-based simulation models**. [S.l: s.n.], 2005.

REARDON, S. F. A conceptual framework for measuring segregation and its association with population outcomes. In: OAKES, J. M.; KAUFMAN, J. S. (Org.). **Methods Soc. Epidemiol.** São Francisco (CA): Jossey-Bass, 2006. p. 169-192.

_____. The Geographic Scale of Metropolitan Racial Segregation. **Demography**, v. 45, n. 3, p. 489-514, 2008.

REARDON, S. F.; BISCHOFF, K. Income Inequality and Income Segregation. **American journal of sociology**, v. 116, n. 4, p. 1092-1153, 2011.

REARDON, Sean F.; FIREBAUGH, G. Measures of multigroup segregation. **Sociological Methodology**, v. 32, p. 33-67, 2002.

REARDON, Sean F; O'SULLIVAN, D. 3. Measures of Spatial Segregation. **Sociological Methodology**, v. 34, n. 1, p. 121-162, dez. 2004a.

_____. Measure of spatial segregation. **Sociological Methodology**, v. 34, n. 1, p. 121-162, 2004b.

REY, S. J.; FOLCH, D. C. Impact of spatial effects on income segregation indices. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 6, p. 431-441, nov. 2011.

RIBEIRO, L. C. Q. Desigualdades de oportunidades e segregação residencial: a metropolização da questão social no Brasil. **Caderno CRH**, v. 23, n. 59, p. 221-233, 2010.

_____. Residential Segregation and Public Policies: Analysis of the Social Space of the City in Territory Management. **Cities: communities and territories**, n. 6, p. 33-50, 2003.

_____. Segregação residencial e segmentação social: o “efeito vizinhança” na reprodução da pobreza nas metrópoles brasileiras. **Cadernos das Metrópoles**, n. 13, p. 47-70, 2005.

RICHIARDI, M. G. et al. A Common Protocol for Agent-Based Social Simulation. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 9, n. 1, p. 16-31, 2009.

ROBERTS, B. R.; WILSON, R. H. **Urban Segregation and Governance in the Americas**. New York: Palgrave Macmillan, 2009.

ROCHA, L. H. M. **Padrão locacional da estrutura social: Segregação Residencial em Santa Maria-RS**. 2011. 5050f. (Tese de Doutorado em Desenvolvimento Regional e Urbano) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Santa Catarina, 2011.

ROLNIK, R. et al. O programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos Metrôpole**, v. 17, p. 127-154, 2015.

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos lugares: A colonização da terra e da moradia na era das finanças**. São Paulo: Boitempo, 2015.

ROSS, J. L. S.; MONROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.] , 1997

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.

SABATINI, F.; SIERRALTA, C. **Medição da segregação residencial: meandros teóricos e metodológicos e especificidade latino-americana**. Novas metrópoles Paul. Popul. vulnerabilidade e Segreg. Campinas: NEPO/UNICAMP, 2006.

SANTIN, M. F. C. L.; CUNHA, J. C. A segregação residencial em Porto Alegre: uma análise geográfica e socioeconômica. **REDES: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 3, p. 204-220, 2007.

SANTOS, A. P. et al. O lugar dos pobres nas cidades: exploração teórica sobre periferização e pobreza na produção do espaço urbano Latino-Americano. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 3, p. 430-442, 2017.

SANTOS, M. **Metrópole corporativa fragmentada: o caso de São Paulo**. São Paulo: EDUSP, 1978.

SARGENT, R. G. **Verification and Validation of Simulation Models**. 2010, [S.l: s.n.], 2010.

SCHELLING, T. C. Dynamic models of segregation. **The Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, n. 2, p. 143-186, 1971.

_____. **Micromotives and Macrobehavior**. London: W. W. Norton & Company, 1978.

SCHLESINGER, S. et al. Terminology for model credibility. **Simulation**, v. 32, n. 3, p. 1-2, 1979.

SCHWARTZ, J.; WINSHIP, C. The welfare approach to measuring inequality. **Sociological Methodology**, v. 11, n. 1, p. 1-36, 1980.

SEADE (Sistema Estadual de Análise de Dados). **Taxas de crescimento anual da população**. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SHEVKY, E.; BELL, W. **Social Area Analysis: theory, illustrative application and computational procedures**. Stanford: Stanford University Press, 1955.

SHEVKY, E.; WILLIAMS, M. **The social areas of Los Angeles, analysis and typology**. [S.l.]: University of California Press, 1949.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge: MIT press, 1996.

SLOVIC, P. The construction of preference. **American Psychologist**, v. 50, n. 5, p. 364-371, 1995.

SMOLKA, M. O. **Estruturas intra-urbanas e segregação social no espaço: elementos para uma discussão da cidade na teoria econômica**. Rio de Janeiro, 1983.

SOBARZO, O. **A segregação sócio-espacial em Presidente Prudente: análise dos condomínios horizontais**. 1999. 213f. (Dissertação de mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Presidente Prudente, 1999.

SPOSITO, M. E. B. A cidade dentro da cidade. Uma Edge City em São José do Rio Preto. **Revista de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2003.

_____. **Loteamentos fechados em cidades médias paulistas**. Cid. médias produção do espaço urbano e Reg. São Paulo: Expressão popular, 2006.

_____. **O estudo das cidades médias brasileiras: uma proposta metodológica.** In: SPOSITO, M. E. B. (Org.). *Cid. médias espaços em transição.* São Paulo: Expressão popular, 2007.

_____. Reestruturação urbana e segregação socioespacial no interior paulista. **Revista Eletrônica de Geografia e Ciências Sociais**, v. 11, n. 245, p. 1-16, 2007.

_____. **Segregação socioespacial e centralidade urbana.** In: VASCONCELOS, P. de A.; CORRÊA, R. L.; PINTAUDI, S. M. (Org.). *A Cid. Contemp. Segreg. socioespacial.* São Paulo: Contexto, 2013.

SPOSITO, M. E. B.; GÓES, E. M. **Espaços fechados e cidades: Insegurança urbana e fragmentação socioespacial.** São Paulo: Editora da UNESP, 2013.

STANILOV, K. **Space in Agent-Based Models.** In: HEPPENSTALL, A. J. et al. (Org.). *Agent-Based Model. Geogr. Syst. [S.l.]: Springer*, 2012.

STEARNS, L. B.; LOGAN, J. R. Measuring Trends in Segregation: Three Dimensions, Three Measures. **Urban Affairs Quarterly**, v. 22, n. 1, p. 124-150, 1986.

STEINNES, D. H. Urban Employment and Residential Segregation: A Conditional Index. **Journal of Regional Science**, v. 17, n. 2, p. 291-298, 1977.

STRAHILEVITZ, M. A.; LOEWENSTEIN, G. The Effect of Ownership History on the Valuation of Objects. **Journal of Consumer Research**, v. 25, n. 3, p. 276-289, 1998.

SUN, Z. et al. Environmental Modelling & Software Simple or complicated agent-based models ? A complicated issue. **Environmental Modelling and Software**, v. 86, p. 56-67, 2016.

TAMMARU, T. et al. **A multifactor approach to understanding socioeconomic segregation in European capital cities.** In: TAMMARU, T. et al. (Org.). *Socio-economic Segreg. Eur. Cap. cities East meets West.* London: Routledge, 2016.

TELLES, E. E. Residential Segregation by Skin Color in Brazil. **American sociological review**, v. 57, n. 2, p. 186-197, 1992.

_____. Structural Sources of Socioeconomic Segregation in Brazilian Metropolitan Areas. **American journal of sociology**, v. 100, n. 5, p. 1199-1223, 1995.

THEIL, H.; FINIZZA, A. J. A note on the measurement of racial integration of schools by means of informational concepts†. **The Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, n. 2, p. 187-193, jul. 1971.

TORALLES, C. P. et al. Modelagem e simulação da dinâmica espacial urbana: autômatos celulares na exploração do crescimento periférico: um estudo para Arroio Grande, RS. **Projectare: Revista de Arquitetura e Urbanismo**, v. 5, n. 1, p. 140-152, 2013.

TORRENS, P. M. A Geographic Automata Model of Residential Mobility. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 34, n. 2, p. 200-222, 2007.

TORRENS, P. M.; NARA, A. Modeling gentrification dynamics: A hybrid approach. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 31, n. 3, p. 337-361, 2007.

TORRES, H. **Medidas de segregação.** In: TORRES, H.; MARQUES, E. (Org.). *São Paulo Segreg. Pob. e Desigual. sociais.* São Paulo: Senac, 2004.

_____. Pobreza e espaço: padrões de segregação em São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 47, p. 97-128, 2003.

TORRES, H. G. Segregação residencial e políticas públicas: São Paulo na década de 1990. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 19, n. 54, p. 41-56, 2004.

TU, G.; ABILDTRUP, J.; GARCIA, S. Preferences for urban green spaces and peri-urban forests: An analysis of stated residential choices. **Landscape and Urban Planning**, v. 148, n. 1, p. 120-131, 2016.

VAN ARSDOL, M. D.; CAMILLERI, S. F.; SCHMID, C. F. An Application of the Shevky Social Area Indexes to a Model of Urban Society. **Social Forces**, v. 37, n. 1, p. 26-32, 1958.

VAN VALEY, T. L.; ROOF, W. C. Measuring segregation in American Cities. **Urban Affairs Quarterly**, v. 11, n. 4, p. 453-468, 1976.

VASCONCELOS, P. A Aplicação do Conceito de Segregação Residencial ao Contexto Brasileiro na Longa Duração. **Revista Cidades**, v. 1, n. 2, p. 259-274, 2004.

_____. **Contribuição para o debate sobre processos e formas socioespaciais nas cidades**. In: VASCONCELOS, P. de A.; CORRÊA, R. L.; PINTAUDI, S. M. (Org.). A Cid. Contemp. Segreg. socioespacial. São Paulo: Contexto, 2013.

VETTER, D.; MASSENA, R. **Quem se apropria dos benefícios líquidos dos investimentos do Estado em infra-estrutura?** Uma teoria da causação circular. In: MACHADO DA SILVA, L. A. (Org.). Solo urbano – Tópicos sobre o uso da terra. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1982.

_____. **Quem se apropria dos benefícios líquidos dos investimentos no Estado em infra-estrutura urbana?** Uma teoria da causação circular. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP/ Lincoln Institute, 1998.

WASSERMAN, H.; YOHE, G. Segregation and the Provision of Spatially Defined Local Public Goods. **The American Economist**, v. 45, n. 2, p. 13-24, 2001.

WESSEL, T. Social Polarisation and Socioeconomic Segregation in a Welfare State: The Case of Oslo. **Urban Studies**, v. 37, n. 11, p. 1947-1967, 2000.

WHITE, M. Segregation and Diversity Measures in Population Distribution. **Population Index**, v. 52, n. 2, p. 198-221, 1986.

_____. The measurement of spatial segregation. **American journal of sociology**, v. 88, n. 5, p. 1008–1018, 1983.

WILENSKY, U. **NetLogo**. Evanston, IL: Northwestern University, 1999.

WILKES, R.; ICELAND, J. Hypersegregation in the twenty-first century. **Demography**, v. 41, n. 1, p. 23-36, 2004.

WINDRUM, P. F.; FAGIOLO, G.; MONETA, A. Empirical validation of agent-based models: Alternatives and prospects. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 10, n. 2, p. 1-19, 2007.

- WONG, D. W. S. A Framework Toward Measuring Segregation. **Geographical Analysis**, v. 35, n. 3, p. 179-194, 2003.
- WONG, D. W. S. Formulating a General Spatial Segregation Measure. **The Professional Geographer**, v. 57, n. 2, p. 285-294, 2005.
- WONG, D. W. S. From Aspatial to Spatial, from Global to Local and Individual: Are We on the Right Track to Spatialize Segregation Measures? **Recapturing Sp. New Middle-Range Theory Spat. Demogr.** Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 77-98.
- WONG, D. W. S. Measuring multiethnic spatial segregation. **Urban Geography**, v. 19, n. 1, p. 77-87, 1998.
- WONG, D. W. S. Spatial Indices of Residential Segregation. **Urban Studies**, v. 30, n. 3, p. 559-572, 1993.
- WONG, D. W. S.; SHAW, S. L. Measuring segregation: an activity space approach. **Journal of Geographical Systems**, v. 13, n. 2, p. 127-145, 2011.
- WOOLDRIDGE, M. **An Introduction to MultiAgent Systems**. Chichester: John Wiley & Sons Inc., 2002.
- YAO, J. et al. SPATIAL SEGREGATION MEASURES : A METHODOLOGICAL REVIEW. **Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie**, v. 00, n. 00, p. 1-16, 2017.
- YIN, L. The Dynamics of Residential Segregation in Buffalo: An Agent-based Simulation. **Urban Studies**, v. 46, n. 13, p. 2749-2770, 2009.
- YIN, L.; MULLER, B. Residential Location and the Biophysical Environment: Exurban Development Agents in a Heterogeneous Landscape. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 34, n. 2, p. 279-295, 2007.
- YWATA, A. X. C. et al. **Um estudo das metodologias e funcionalidades dos índices de segregação espacial**. Brasília: [s.n.], 2011.
- ZANDONADI, J. C. **Novas Centralidades e Novos Habitats**: Caminhos para a Fragmentação Urbana em Marília (SP). 2008. 253f. (Dissertação de mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo, (Unesp), Presidente Prudente, 2008.
- ZOLOTH, B. S. Alternative measures of school segregation. **Land Economics**, v. 52, n. 1, p. 278-298, 1976.
- ZORBAUGH, H. W. **Áreas naturais**. In: PIERSON, D. (Org.). *Estud. Ecol. humana*. São Paulo: Martins Fontes, 1970.

ANEXOS

Segue o *link* de acesso aos dados utilizados e ao modelo baseado em agentes, desenvolvido nesta tese (MAPS): <https://drive.google.com/drive/folders/1-ZqET8ORa4mY45-h2DBgQqXZAXIvIw5?usp=sharing>