



Universidade Estadual de Feira de Santana  
Departamento de Ciências Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

Bethsaide Souza Santos

**PASSADO E FUTURO DE FEIRA DE SANTANA (BA):  
Modelagem da dinâmica espacial do uso do solo entre 2000 e 2022**

Feira de Santana

2019

Bethsaide Souza Santos

**PASSADO E FUTURO DE FEIRA DE SANTANA (BA):  
Modelagem da dinâmica espacial do uso do solo entre 2000 e 2022**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, da Universidade Estadual de Feira de Santana, com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosangela Leal Santos

Feira de Santana

2019

### **Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado**

S233p Santos, Bethsaide Souza  
Passado e futuro de Feira de Santana – BA: modelagem da dinâmica espacial do uso do solo entre 2000 e 2022 / Bethsaide Souza Santos.-, 2019.  
120 f. : il.

Orientadora: Rosangela Leal Santos  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, 2019.

1. Expansão urbana – Feira de Santana (2020/2022). 2. Planejamento urbano – Geoprocessamento. I. Santos, Rosangela Leal, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 711 (814.2)



# Bethsaide Souza Santos

**“PASSADO E FUTURO DE FEIRA DE SANTANA (BA): Modelagem da dinâmica espacial do uso do solo entre 2000 e 2022”.**

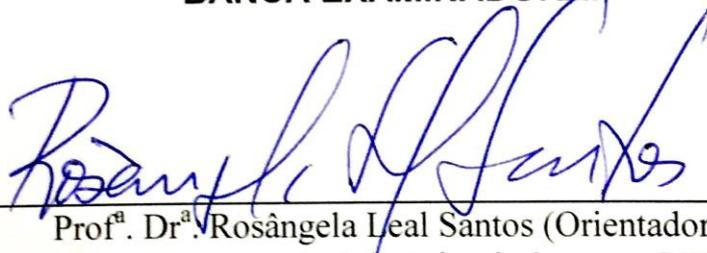
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela Leal Santos.

Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

**Data de aprovação: 11 de Março de 2019.**

## **BANCA EXAMINADORA:**



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela Leal Santos (Orientadora)  
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Maria de Almeida  
Instituto Nacional de pesquisas Espaciais (INPE)



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Medeiros Santo  
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Aos que amo e que a mim o correspondem.

## AGRADECIMENTOS

A gratidão é a virtude das almas nobres e o único tesouro dos humildes, dizia o poeta.

Aqui, não poderia deixar de citar algumas figuras essenciais no processo de elaboração deste trabalho.

Agradeço, antes de tudo, a Deus, força maior e expressão máxima da perfeição da natureza, manifesta em mim, através de uma vontade incontrolável de fazer dar certo, da força para continuar, mesmo quando tudo parece estar confuso.

À memória de meu pai, Prof. Raymundo Passos, por ser referência em perseverança, resiliência e garra. À minha mãe, por acreditar mais em mim do que eu mesma e por quase me convencer disso. Todos os meus méritos são também devidos a eles. Agradeço aos dois, sempre, por serem incansáveis em generosidade e bondade e por ensinarem isso às gerações posteriores.

À Kelly Lessa, minha amiga que sempre me diz o que eu teimo em duvidar, por ser irmã, incentivadora, ouvinte (etc), e a Leonardo Correia, pelo estoque infindável de palavras de incentivo.

Às referências que a vida nos presenteou, Tia Alexandrina, Joas, Ruth, Prof<sup>ª</sup>. Palloma Rios... por ensinarem muito tão-somente através de sua existência.

À Dandara, por ser a revisora extra-oficial do meu texto e por lê-lo pacientemente todas as vezes. Sou grata por ajudar a escolher as melhores cores para os meus mapas e por ter a crítica necessária para melhoria do trabalho.

À Professora Rosângela, mais uma vez pelo incentivo, paciência e dedicação.

Sou grata também ao corpo docente do PPGM pelas valiosíssimas contribuições ao meu trabalho e por me ensinar a fazer Pesquisa Científica. Pelo mesmo motivo, sou grata às pessoas que compuseram minhas bancas, Prof<sup>ª</sup>. Sandra Medeiros, Prof<sup>ª</sup>. Patricia Lustosa, Secretário Carlos Brito.

Agradeço à Prof. Cláudia Almeida, não somente pela referência em Pesquisa Científica, mas também pela generosidade e todo apoio ao me receber no INPE, momento limiar entre certezas e incertezas.

Aos colegas da Turma XI, também agradeço por fazerem desse, um processo mais leve e agradável.

Sou grata à UEFS, por mais uma vez ser palco de uma cena importante da minha vida acadêmica e por se fazer minha casa nesses momentos de aflição, e também aos amigos

felinos do GEOTEC, pela companhia silenciosa e por, durante dois anos, sentarem todos os dias ao meu lado.

Agradeço a todos os acasos, que, de alguma forma, se encaixaram em uma complexa rede de “sorte”, fazendo com que tudo acontecesse exatamente no tempo que deveria acontecer.

Sooner or later you're gonna realize, just like I did.  
There's a difference between knowing the path and walking the path.  
(Morpheus, Matrix)

## RESUMO

Identificar tendências de crescimento urbano é um dos mais significativos estudos para o planejamento das cidades, e Feira de Santana, uma cidade de porte médio, tem apresentado grandes surtos de crescimento a partir da década de 1990. Diante disso, este trabalho terá o objetivo principal de modelar a dinâmica de uso do solo urbano. Experimentos de modelagem de mudanças de uso foram realizados para a cidade, ao longo de séries multitemporais de um período total de 18 anos.

As transições de uso do solo foram estimadas através de métodos probabilísticos, e as probabilidades de mudança de uso do solo obtidas alimentaram um modelo dinâmico espacial de autômatos celulares. Os resultados das simulações foram validados espacialmente em função de um procedimento estatístico. Após a conclusão das simulações para sucessivos ciclos de tempo ao longo das séries multitemporais, foram realizadas simulações de prognóstico de cenários de tendências de transição para curto e médio prazos. Foi possível, então, avaliar o peso de variáveis predefinidas nas várias mudanças de uso do solo e perceber vetores de expansão para os anos de 2020 e 2022.

**PALAVRAS-CHAVE:** Expansão urbana; Feira de Santana; Autômatos celulares; Geoprocessamento; Planejamento Urbano.

## **ABSTRACT**

Identifying urban growth trends is one of the most significant studies for city planning, and Feira de Santana, a medium-sized city, has shown intense growth booms in the last 30 years. Therefore, this work has the main objective of simulating the dynamics of urban land use. Land use change modeling experiments have been performed for the city along multitemporal series of 18 years.

The land use transitions were estimated using probabilistic methods. The land use change probabilities thereof obtained drove a cellular automata model. The results of the simulations were spatially validated by means of a statistical procedure. After completing the simulations for successive cycles of time along the multitemporal series, simulations of future scenarios of transition trends were carried out. It was then possible to evaluate the weight of predefined variables for the various land use changes and to assess expansion vectors for the years 2020 and 2022.

**KEY WORDS:** Urban expansion; Feira de Santana; Cellular automata; GIS; Urban planning.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Localização de Feira de Santana na Bahia, com destaque para a área urbana.	1
Figura 2: Marcos na política habitacional no Brasil X número de condomínios fechados aprovados em Feira de Santana (1995 a 2010)	2
Figura 3: (a) Visão geral da região central do interior do anel de contorno, ao centro, a Av. Getúlio Vargas; (b) Vista geral da cidade em direção SE-NO, a partir do Tomba/Aviário	8
Figura 4: Distritos do município de Feira de Santana	12
Figura 5: Expansão da mancha urbana de Feira de Santana de suas origens até 2000.	14
Figura 6: Modelo de organização interna da cidade de E. Burgess	26
Figura 7: Modelo de organização interna da cidade de H.Hoyt (1939)	27
Figura 8: Sistema hexagonal da teoria de lugares centrais de Christaller.	28
Figura 9: “Jogo da Vida” – exemplo de emergência	30
Figura 11: Declividades do município de Feira de Santana	36
Figura 12: Recursos hídricos de Feira de Santana e área da mancha urbana em 2018	38
Figura 13: Principais vias de Feira de Santana (BA)	40
Figura 14: Imagem sintética (RGB) com as bandas 5-4-3 do satélite Landsat 8 (OLI)	43

Figura 15: Fluxograma 1- Elaboração de mapas de expansão da mancha e de uso do solo	44
Figura 16: Esquema ilustrativo do método de pesos de evidência	45
Figura 17: Fluxograma 2 – Cálculo de taxas globais e geração de mapas de transição	47
Figura 18: Exemplo de mapa de transição entre uso não urbano e industrial entre 2000 e 2010	48
Figura 19: Fluxograma 3 - Definição de variáveis e cálculo dos pesos positivos de evidência	49
Figura 20: Fluxograma 4 – Geração do mapa de uso do solo final simulado	50
Figura 21: Mapa de uso do solo de Feira de Santana (BA) para o ano 2000	53
Figura 22: Mapa de uso do solo de Feira de Santana(BA) para o ano 2010	54
Figura 23: Mapa de uso do solo de Feira de Santana (BA) para o ano 2018	55
Figura 24: Evolução da mancha urbana de Feira de Santana até 2018	60
Figura 25: Limite urbano antigo e atualizado	61
Figura 26: Mapa transição de usos do solo de Feira de Santana entre 2000 e 2010	64
Figura 27: Mapa real de uso do solo e simulações para o ano 2010	69
Figura 28: Mapa de transições de uso do solo em Feira de Santana entre 2010 e 2018	74
Figura 29: Mapa real de uso do solo e simulações para o ano 2018	78

Figura 30: Mapa de concentração de condomínios fechados construídos em Feira de Santana (BA) entre 2010 e 2018	80
Figura 31: Simulações de uso do solo para o ano 2020	83
Figura 32: Simulações de uso do solo para o ano 2022	85

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Expansão da mancha urbana de Feira de Santana de sua origem até 2018	13
Tabela 2: Taxas de expansão da mancha urbana de Feira de Santana entre 1767 e 2018	15
Tabela 3: População dos distritos de Feira de Santana em 2010	18
Tabela 4: Crescimento populacional em Feira de Santana entre 1940 e 2017	19
Tabela 5: Taxas de crescimento populacional de Feira de Santana entre 1940 e 2017	21
Tabela 6: Evolução de áreas de classes de uso do solo em Feira de Santana entre 2000 e 2018	55
Tabela 7: Matriz de probabilidades globais de transição: 2000 - 2010	61
Tabela 8: Variáveis selecionadas para as transições: 2000 a 2010	64
Tabela 9: Índice de associação espacial entre variáveis	65
Tabela 10: Pesos de evidência positivos para as variáveis independentes (2000-2010)	66
Tabela 11: Parâmetros internos para a simulação dinâmica (2000-2010)	67
Tabela 12: Validação pelo Método de “ <i>Goodness of Fit</i> ” por meio de Múltiplas Resoluções (2000-2010)	71
Tabela 13: Validação pelo Índice de Similaridade <i>Fuzzy</i> adaptado com decaimento exponencial (2000-2010)	71
Tabela 14: Matriz de probabilidades globais de transição: 2010-2018	72
Tabela 15: Variáveis selecionadas para as transições: 2010 a 2018	74
Tabela 16: Índices de associação espacial entre variáveis	75

Tabela 17: Pesos de evidência positivos para as variáveis independentes: 2010 - 2018	76
Tabela 18: Parâmetros internos para a simulação dinâmica (2010 – 2018)	76
Tabela 19: Validação pelo Método de “ <i>Goodness of Fit</i> ” por meio de Resoluções Múltiplas (2010 – 2018)	80
Tabela 20: Validação pelo Índice de Similaridade Fuzzy adaptado com decaimento exponencial (2010 – 2018)	81
Tabela 21: Matriz de probabilidades globais de transição: 2018-2020	81
Tabela 22: Matriz de probabilidades globais de transição: 2018-2022	83

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Expansão da mancha urbana em Feira de Santana entre 1967 e 2018	16
Gráfico 2: Taxas de expansão da mancha urbana de Feira de Santana entre 1945 e 2018	17
Gráfico 3: Crescimento populacional em Feira de Santana entre 1940 e 2018	20
Gráfico 4: Taxas de crescimento populacional em Feira de Santana entre 1945 e 2017	22
Gráfico 5: Evolução de áreas de classes de uso do solo em km <sup>2</sup> em Feira de Santana (2000-2010-2018)	56
Gráfico 6: Evolução de áreas de uso residencial km <sup>2</sup> em Feira de Santana	57

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Legislação de Feira de Santana (Planejamento Urbano)	24
--	----

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNH – Plano Nacional de Habitação

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

SIG – Sistema de Informações Geográficas

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

FTC - Faculdade de Tecnologia e Ciência

CIS – Centro Industrial Subaé

INOCOOP – Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais

URBIS – Habitação e Urbanização da Bahia

SIM – Serviço de Integração do Migrante

PDLI – Plano Diretor Local Integrado

PMFS – Prefeitura Municipal de Feira de Santana

CA – *Cellular Automata (Autômatos Celulares)*

ASRE – Áreas Sujeitas a Regime Específico

APRN – Área de Preservação aos Recursos Naturais

APCP – Áreas de Proteção Cultural e Paisagística

APA – Áreas de Proteção Ambiental

APP – Áreas de Preservação Permanente

SEDUR – Secretaria de Desenvolvimento Urbano

SITIENS – Sistema Integrado de Transportes

**SUMÁRIO**

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xiv
SUMÁRIO	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	5
1.2 SUMÁRIO COMENTADO	5
2 O URBANO	7
2.1 EXPANSÃO DA MANCHA URBANA E CRESCIMENTO POPULACIONAL	11
2.2 PERSPECTIVA HISTÓRICA DO USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA	23
2.3 GEOINFORMAÇÃO	25
2.4 MODELAGEM URBANA	26
2.4.1 Modelos dinâmicos	28
2.4.2 Autômatos celulares	29
3 O URBANO EM FEIRA DE SANTANA	32
3.1 AMBIENTAL	32

3.2 RELEVO	33
3.3 DECLIVIDADE	35
3.4 IMOBILIÁRIO E HABITAÇÕES	36
3.5 RECURSOS HÍDRICOS	36
3.6 INFRAESTRUTURA	38
3.7 SISTEMA VIÁRIO	38
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS EM SIG	40
4.2 MÉTODO DE PESOS DE EVIDÊNCIA	44
4.3 ESTIMATIVA DAS TAXAS GLOBAIS DE TRANSIÇÃO E SELEÇÃO DE VARIÁVEIS	45
4.4 CÁLCULO DOS PESOS DE EVIDÊNCIA E SIMULAÇÕES	47
5 RESULTADOS E DISCUSSOES	51
5.1 USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA	51
5.2 EXPANSÃO DA MANCHA URBANA	57
5.3 PERÍODO DE SIMULAÇÃO: 2000 a 2010	61
5.3.1 Análise de mudanças	67
5.3.2 Validação	70
5.4 PERÍODO DE SIMULAÇÃO: 2010 a 2018	71
5.4.1 Análise de mudanças	76
5.4.2 Espacialização dos condomínios fechados	78
5.4.3 Validação	80
5.5 PROGNÓSTICO: 2018 – 2020	81
5.6 PROGNÓSTICO: 2018 – 2022	83
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85

7 BIBLIOGRAFIA

88

APÊNDICES

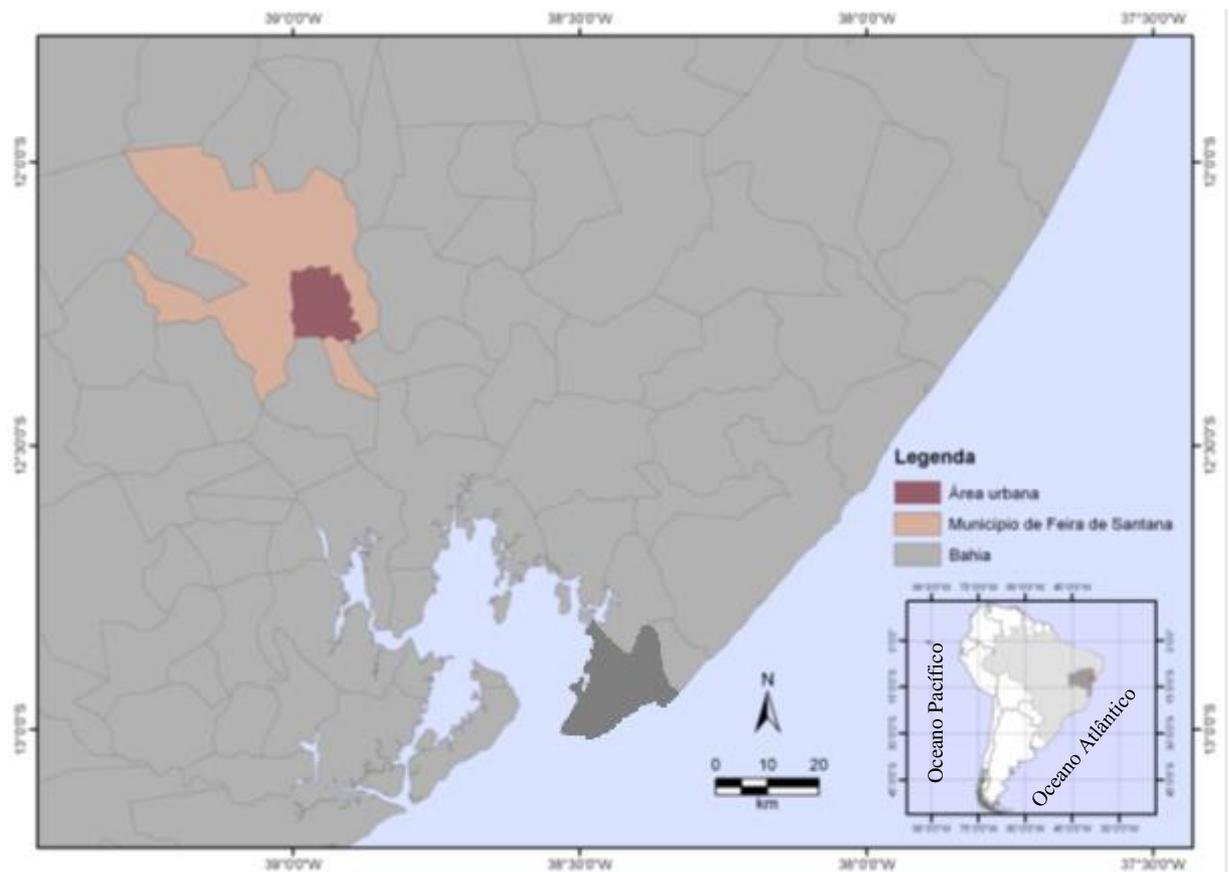
93

## 1 INTRODUÇÃO

Feira de Santana é um município importante da Bahia e o segundo mais populoso do estado, com mais de 609.000 habitantes e uma área aproximada de 1300 km<sup>2</sup>, segundo dados do IBGE (2019). A cidade está localizada a aproximadamente 110 km da capital estadual, Salvador (em área hachurada em cinza escuro no mapa), como apresenta a Figura 1.

Sua origem remonta a meados do século XVIII, quando uma Capela dedicada a Nossa Senhora Sant'Anna passou a ser ponto de referência para os viajantes que por ali passavam. No final do século, a feira que posteriormente se transformou em um centro de negócios promoveu a progressão do povoado, que viria a se transformar em Feira de Santana. (IBGE, 2019).

Figura 1: Localização de Feira de Santana na Bahia, com destaque para a área urbana.



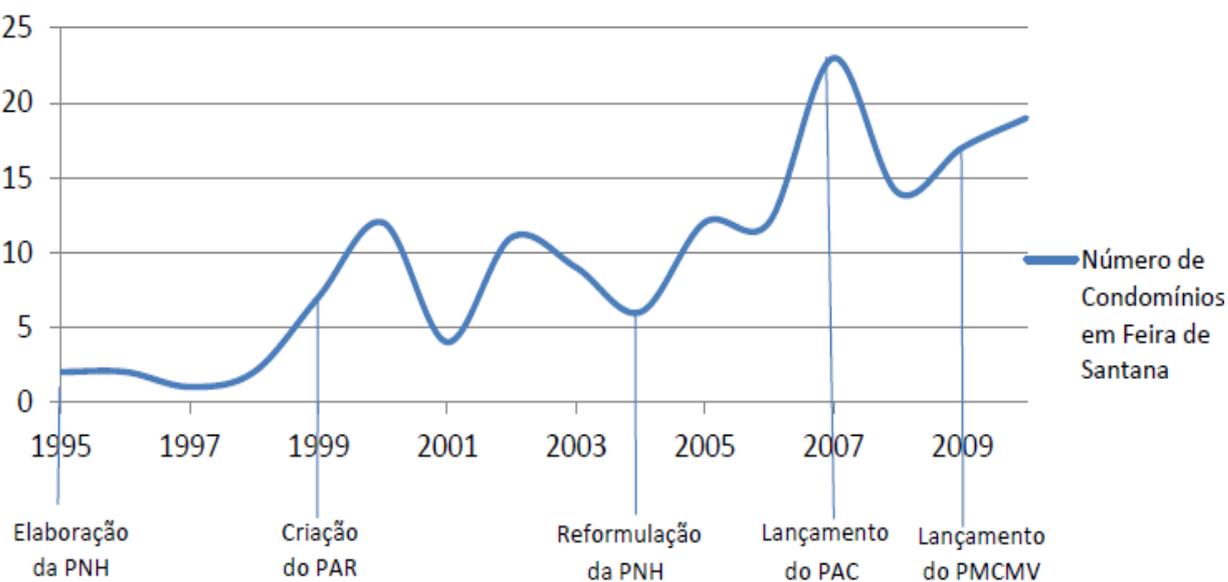
Fonte: IBGE (2019)

Até a década de 1970, a cidade se expandiu dentro dos limites do anel viário e a partir de então, se iniciou um movimento de expansão de circunscrição à Avenida Froes da Mota.

A avenida citada é o Anel de Contorno, anel viário de aproximadamente 6 km de diâmetro, pelo qual cruzam todas as principais vias urbanas de Feira de Santana e concentra, inscritas nele, as principais áreas comerciais da cidade.

Ainda hoje, Feira de Santana continua a se expandir de forma rápida e para áreas antes consideradas “vazios urbanos”, alterando a configuração da forma e estrutura da cidade e da paisagem, uma das justificativas do interesse em se estudar esse fenômeno com mais profundidade. A intensa proliferação de condomínios fechados na cidade nos últimos anos tem alterado significativamente a paisagem e trazido novos olhares sobre Feira de Santana. Esse tema é bastante discutido por Santos (2012), que cita as políticas habitacionais como grandes influenciadores nesse processo (Figura 2).

Figura 2: Marcos na política habitacional no Brasil X número de condomínios fechados aprovados em Feira de Santana (1995 a 2010)



Fonte: Dados da SEDUR (Secretaria de Desenvolvimento Urbano) de Feira de Santana

Elaborado por: Santos (2012)

Essa nova realidade de moradia exige soluções em infraestrutura básica, acessos viários, recursos em mobilidade urbana que atendam satisfatoriamente a essas mudanças, e para esse fim, são necessárias ações em Planejamento Urbano que muito dizem respeito à análise da expansão urbana. Aliado a isso, é relevante destacar o fator ambiental como justificativa para estudos em urbanização, uma vez que a ocupação urbana deve ser mapeada e conduzida de forma que a cidade conviva harmoniosamente com os recursos naturais de que dispõe. Um exemplo da importância desse tipo de enfoque está nos constantes problemas de poluição e assoreamento que sofrem as lagoas, constatando-se o descaso com que são tratados estes recursos naturais por parte dos governantes, empresários e população em geral, no que concerne à sua preservação e manutenção, como bem citado por Aguilar (2016, p. 17).

O apelo social também é forte em qualquer estudo sobre os caminhos tomados pela cidade, uma vez que, naturalmente, o processo de urbanização, as características e a transformação da paisagem urbana refletem as condições nas quais as diversas porções sociais se apresentam, se localizam e se relacionam. Além disso, a espacialização dos acessos, da infraestrutura, das facilidades de que dispõem a cidade podem muito refletir sobre as condições sociais que aí se estabelecem.

Na cidade, está a crescente parcela da população e é ambiente dos mais diversos conflitos sociais. Nela, também verificam-se as diferentes formas de vivência e sobrevivência. A cidade é, enfim, um dos principais contextos para entendimento do coletivo em sociedade.

Nesta pesquisa, são identificados os fatores determinantes e influenciadores da expansão da mancha urbana e como esse processo ocorre, motivada pela inquietação dos questionamentos: para onde a cidade expandiu historicamente e porque aconteceu nessas direções? Quais espaços serão ocupados em um futuro próximo em Feira de Santana? Para qual direção preferencial se dará a expansão da cidade?

Todas estas perguntas são respondidas através da modelagem da dinâmica espacial das mudanças de uso do solo.

Esse estudo ainda apresenta grande significância econômica e política, na medida em que indica as direções de expansão no curto e médio prazo em Feira de Santana. O entendimento da influência das variáveis na expansão é informação importante para estabelecer as condicionantes do Planejamento Urbano, zonas de prioridades de investimentos e cuidados, áreas de restrição, limitação ou controle da ocupação e planejamento de ações e metas no curto e médio prazo. Esse é momento especialmente propício para este estudo, uma vez que o PDDU (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano) está em desenvolvimento, e

esforços políticos e econômicos têm sido feitos em busca do entendimento da dinâmica urbana de Feira de Santana.

Ferreira (2011), na sua pesquisa intitulada ‘Uso do solo urbano de Feira de Santana: uma análise comparativa sobre a aplicação da Lei 1615/92 (PMFS, 1992) e o uso real da cidade de Feira de Santana’, cita que “a Lei é omissa na descrição dos critérios que devem ser utilizados para classificar as áreas, o que gera falta de clareza. Diante disso, o autor propõe um zoneamento e justifica seu estudo na necessidade de uma reformulação do mapa de zoneamento de Feira de Santana, que data de 1992 e que não inclui “regiões que sofreram transformações significativas do ponto de vista econômico e funcional” após a data de vigor da Lei.

Esta justificativa é coerente e continua válida, e este estudo pode dar contribuições úteis no que se refere à espacialização dos esforços e investimentos no curto e médio prazo em Feira de Santana.

Face às grandes necessidades de estudos especializados sobre o urbano para viabilizar uma fiscalização adequada e uma expansão planejada, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aliados às técnicas de Análise Espacial, são extremamente eficazes no apoio à elaboração de planos urbanísticos municipais e considerados como Sistemas Espaciais de Suporte à Decisão ou Sistemas de Suporte ao Planejamento, conforme relata Michael Batty (BATTY, 2007), na Apresentação do livro Geoinformação em Urbanismo : cidade real x cidade virtual (ALMEIDA et. al. 2007).

A pesquisa será feita em escala municipal, porém, em alguns momentos será necessário ampliar o olhar, principalmente, quando se pensa sobre a História do Urbano e da Cidade. E nesse ponto, compartilha-se do entendimento de Carlos (2011, p.30), que cita que a história de um lugar é o resultado da ação, em um determinado momento e sobre um determinado espaço, de processos que atuam em escalas desiguais e combinadas, e esta memória formal não pode se ater apenas a processos puramente locais. Os autores ainda sugerem que estes devem ser relacionados a outros mais gerais que atuam em escalas mais amplas (regional, nacional, global). Assim aconteceu, durante a pesquisa, quando da investigação e interpretação de vestígios do passado, através da análise histórica dos fatos.

## 1.1 OBJETIVOS

### **Geral:**

- Simular as mudanças de uso do solo para a cidade de Feira de Santana no período entre os anos 2000 e 2022, utilizando um modelo de autômato celulares, visando entender a trajetória histórica das transformações urbanas face à influência de variáveis intervenientes de caráter infraestrutural e socioeconômico.

### **Específicos:**

- Analisar as mudanças de uso do solo em dois períodos de tempo entre 2000 e 2018.
- Identificar, através de análises dinâmicas multitemporais de mudanças de uso do solo, o papel das variáveis infraestruturais e socioeconômicas na configuração da forma urbana.
- Elaborar possíveis cenários de organização do uso do solo no curto e médio prazo.

## 1.2 SUMÁRIO COMENTADO

O Capítulo 1 introduz uma contextualização da pesquisa e apresenta os objetivos, além de justificar a realização da mesma. A seguir, no Capítulo 2, é feita uma fundamentação teórica sobre expansão urbana, crescimento e legislação urbana de Feira de Santana. Ao final deste capítulo, ainda é tratado sobre geoinformação e modelos urbanos, desde os estáticos até os dinâmicos, com destaque para os autômatos celulares, que representam o sistema de modelagem dinâmica utilizada no desenvolvimento da metodologia desta pesquisa.

No Capítulo 3, é citada a caracterização da área de estudo, através de fatores importantes para a expansão urbana, inclusive uso do solo em Feira de Santana. Na seção seguinte, Capítulo 4, são tratados todos os procedimentos metodológicos e materiais utilizados para traçar o caminho deste estudo, desde a construção do banco de dados

geográfico, método de simulação, prognóstico e modelo de simulação de dinâmica do uso do solo.

No quinto capítulo, os resultados são reportados para os dois períodos de simulação (2000 a 2010 e 2010 a 2018), incluindo também os prognósticos de curto e médio prazo (2020 e 2022). Estes resultados são mapas de simulação de modelagem dinâmica, devidamente validadas neste mesmo capítulo. Um dos principais resultados deste trabalho é a definição do peso de cada variável considerada em cada transição de uso do solo. Com isso, é possível trazer luz ao entendimento sobre a dinâmica da expansão urbana em Feira de Santana.

## 2 O URBANO

Nesta seção, são apresentados conceitos importantes, fundamentados em bases teóricas. Aqui se pensa sobre a cidade, o espaço urbano livre e ocupado, crescimento populacional e expansão da mancha urbana. As articulações entre esses espaços leva a uma necessária reflexão sobre gestão do território e Planejamento Urbano. Este, por sua vez é implementado pela atuação do Estado, através de legislação e políticas públicas. Aliado a isso, o SIG é importante ferramenta para a modelagem de todas as dinâmicas envolvidas nesses processos de articulação. São apresentados, também, os elementos de caracterização da área de estudo.

Segundo Rolnik (1995), a cidade antiga, desde sua origem, surge como local cerimonial, com os templos, onde se localizam os deuses capazes de garantir o domínio do território. A autora ainda ressalta que a cidade contemporânea, diferente daquela, não é fechada, nem tem muralhas e muito ao contrário disso, se estende ao infinito para permitir as velocidades de circulação e os diversos fluxos. Feira de Santana se apresentou, desde as origens, como uma cidade antiga, com rituais próprios, devoção, estrutura fixa rendida aos pés da Nossa Senhora de Santana. Mas nesse mesmo momento, já se caracterizava como uma cidade moderna, sem limites, que se fundamentava muito mais nos fluxos de pessoas, mercadorias, serviços. Carrega no nome (Feira de Santana), a história do comércio e da devoção.

Essa infinitude se traduz na característica historicamente fluida da cidade, que sempre foi referência no Setor de Comércio, sendo constantemente atravessada por viajantes e comerciantes num vai-e-vem incessante e contínuo. Mais recentemente, foi também tomada por jovens estudantes oriundos de toda região e do interior da Bahia, que encontraram na UEFS uma moradia temporária, antes de retornarem para as suas cidades ou para cidades maiores em busca da consolidação da vida profissional. Nesse mesmo sentido, grande peso também no impulsionamento da expansão da mancha urbana está a FTC (Faculdade de Tecnologia e Ciência), localizada a Leste, numa Rua que foi, na década de 2010, o grande vetor de crescimento. Após esta, e próximas a ela, surgem mais tarde outras faculdades, que contribuem para consolidação do Quadrante Leste-Sul como a grande região de maior espraiamento da mancha.

Com a Implantação do CIS (Centro Industrial Subaé), decorrente de um desdobramento do crescimento industrial às margens da BR 324 e estruturação sólida da

economia, os fluxos (de matérias-primas, serviços, produtos) começaram a ganhar ainda mais velocidade. Nas duas últimas décadas, o setor imobiliário tomou proporção relevante, e começaram a ser edificadas muralhas (através da proliferação de moradias em condomínios fechados com sistemas de segurança e mecanismos de segregação), tais quais nas cidades antigas citadas por Rolnik e assim, os fluxos começaram a perder força, voltando a ser a terra, instrumento de grande valor. Ainda assim, predomina em Feira de Santana a característica forte da fluidez, que é claramente flagrada no entroncamento rodoviário que a cidade forma: cruzamento de seis rodovias (três estaduais e três federais) (ver Figura 13). A Figura 3 mostra fotografias aéreas da zona urbana da cidade-sede do Município.

Figura 3: (a) Visão geral da região central do interior do anel de contorno, ao centro, a Av. Getúlio Vargas; (b) Vista geral da cidade em direção SE-NO, a partir do Tomba/Aviário



Fonte: Jornal Grande Bahia (2016)

Todas as facetas, pelas quais se apresenta a cidade, ocorrem de forma dinâmica, no mesmo espaço e ao mesmo tempo. Milton Santos (1990) cita o “espaço [urbano] como um “conjunto contraditório, uma reunião dialética de fixos e fluxos e reações a esses fixos e fluxos. A mancha urbana de Feira de Santana expandiu-se com velocidade, junto à população, que acompanhou esse crescimento. Nesta cidade, os fixos são constantemente descaracterizados, o que reafirma com ainda mais veemência a característica de fluidez dela. Os conjuntos habitacionais, pensados com a ideia de preservarem a convivência em escala local, através de praças, jardins, foram totalmente descaracterizados e estão hoje praticamente irreconhecíveis, a exemplo do Feira VI e Cidade Nova.

Tudo isso faz de Feira de Santana, uma cidade ‘superfluida’, com dinamismo e velocidade de mudança muito evidentes. É válido ressaltar, no entanto, que existe uma poligonal que preserva a história do município, com algumas poucas edificações antigas e preservadas, tais como o Palácio do Menor, Igreja dos Remédios, Escola Maria Quitéria, Arquivo Público, coretos, Prefeitura, Igreja da Senhor dos Passos. Não se trata de um centro histórico visível, delimitado e nomeado enquanto tal e é, inclusive, pouco explorado, porém não se pode deixar de observar essa complexidade dicotômica na paisagem da cidade, que compõe a poesia sentida no estudo do urbano e que está também presente nas ruas de Feira.

Diante de tanta complexidade, na qual se embrenha este tema em estudo, são necessárias algumas definições e alguns conceitos. A discussão sobre o conceito de espaço urbano, a exemplo disso, é vasta e imbricada, através de teorias ao longo do tempo e espaço. Para Corrêa (1989), espaço urbano é o conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si, que, em simultâneo, se apresenta como espaço fragmentado e articulado, trazendo, novamente à luz a fluidez característica da cidade. Milton Santos (1990) reforça essa ideia, afirmando que a cidade é uma totalidade, formada por partes que dispõem de um movimento combinado, “segundo uma lei própria, que é a lei do organismo urbano”. O autor ainda deixa clara a complexidade do tema, ressaltando que as contextualizações na escolha dos métodos de estudo são aproximadas e ainda, a construção de cenários da realidade não é completa.

Lefebvre (1985), no Prefácio de *La production de l'espace*, cita que o conceito de espaço liga o mental e o cultural, o social e o histórico, reconstituindo um processo complexo de descoberta, produção e criação. E ainda afirma que o assunto se complexifica ainda mais, à medida em que ideologias se intercalam e ilusões se interpõem.

Quando se trata de urbanização, o espaço vazio é tão importante quanto o espaço ocupado, uma vez que a interação entre os dois é definidor dos vetores de expansão e das

áreas que devem ser priorizadas no Planejamento Urbano. O conceito de vazios urbanos é importante, uma vez que eles existem em grande escala em Feira de Santana e são definidores do valor da terra, fruto da especulação imobiliária ou da grande urbanização de algumas áreas, onde há grandes propriedades que não foram negociadas, por simples apego afetivo dos donos ou por dificuldades documentais e judiciais. Trevisan (2004), que estudou o fenômeno dos “vazios urbanos” a partir de uma pesquisa exploratória e analítica em Porto Alegre, traz várias definições para o fenômeno. Há definições ligadas à queda das muralhas das cidades medievais, ruínas totais ou parciais da Segunda Guerra Mundial, bombardeios e afins. A autora cita ainda os desastres naturais e incêndios como causas da formação desses vazios em cidades em todo o mundo.

Nenhuma destas definições se aproxima de uma ideal aos espaços livres em Feira de Santana, porém a definição própria desta autora é bastante coerente e se aproxima a este estudo:

(...) espaços não ocupados, de variadas proporções, em diferentes zonas das cidades; vazios decorrentes de espaços urbanos anteriormente ocupados que se tornam livres por razões ocasionais, acidentais ou propositais; e vazios urbanos decorrentes da desocupação de edificações de atividades de médio e grande porte ou áreas e imóveis em processo de degradação social e urbanística (TREVISAN, 2004).

Para além dos espaços vazios, devem ser considerados também, para análise do urbano em Feira de Santana, os espaços transformados, por conta da característica fluida da cidade, como já mencionado e como entendimento do fator tempo nesse processo, percebido através das mudanças ocorridas ao longo dele próprio.

Todos estes espaços (ocupados e vazios) articulam entre si e Correia (1989, p.11), quando se questiona “Quem produz o espaço urbano?”, o define como um “produto social, resultado de ações acumuladas através do tempo e engendradas por agentes [sociais], que produzem e consomem espaço”. O autor ainda detalha a complexidade da ação desses agentes, que

incluem práticas que levam a um constante processo de reorganização espacial que se faz via incorporação de novas áreas ao espaço urbano, densificação do uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada da infraestrutura e mudança, coercitiva ou não, do

conteúdo social e econômico de determinadas áreas da cidade (CORREIA 1989, p.12).

Diante disso, algumas informações podem trazer luz ao estudo do urbano, de forma a encaminhar o pensamento a um patamar mais consensual e bem definido, tais como o crescimento populacional, o uso do solo e suas mudanças ao longo do tempo, o adensamento urbano.

## 2.1 EXPANSÃO DA MANCHA URBANA E CRESCIMENTO POPULACIONAL

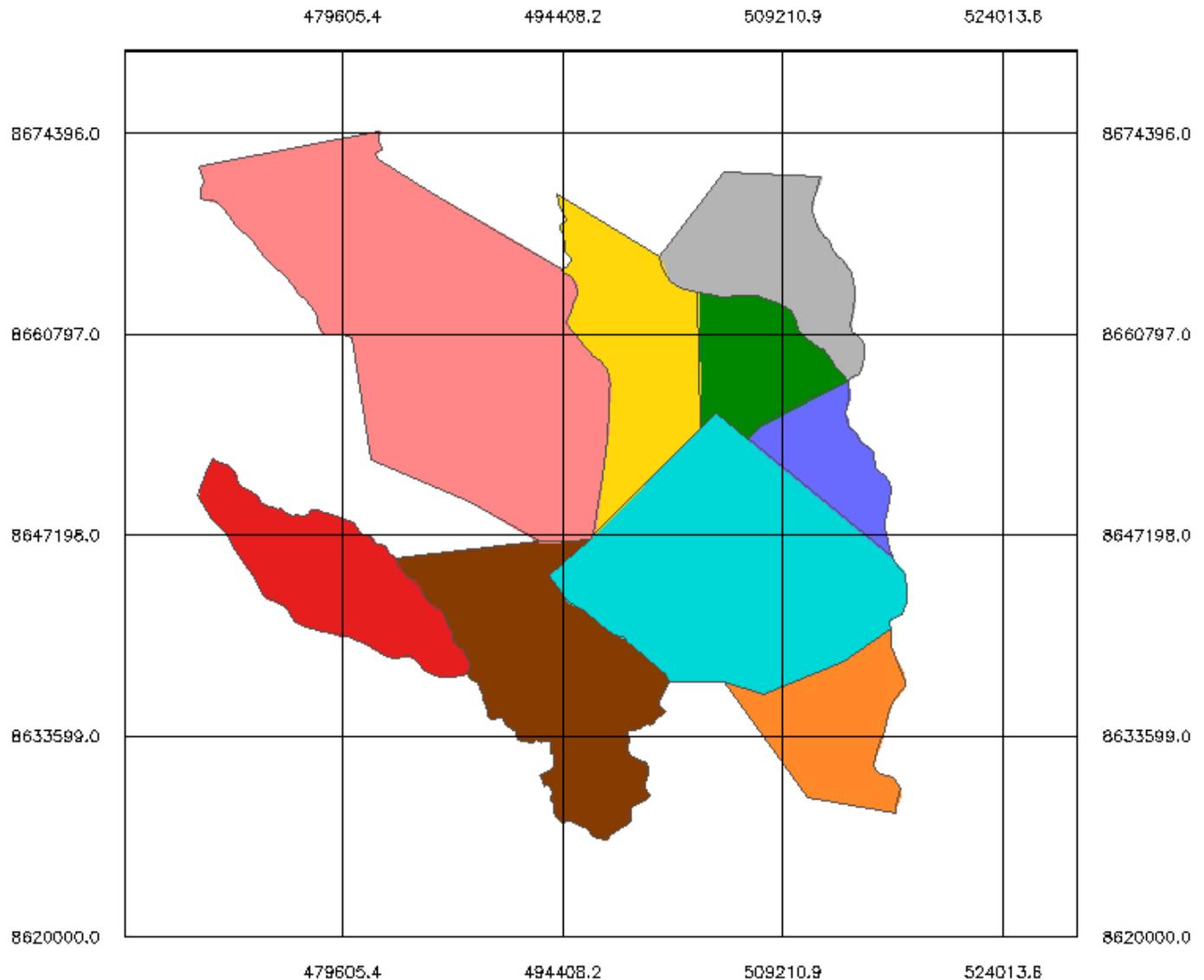
Diante da complexidade de definição de área urbana, cabe aqui citar a definição na qual esse estudo se assenta: área urbana é toda e qualquer aglomeração, independente de suas dimensões espaciais, inclusive loteamentos urbanos, mesmo que isolados e inabitados e extensão de vias com edificações em suas proximidades.

É imprescindível, em estudos sobre Urbanização, analisar as direções para as quais a cidade segue, espacializar essa expansão e entender as possíveis justificativas para essa dinâmica. O espaço urbano é tão vivo e expande de forma tão complexa que não se nomeia por figuras geométricas. Diante de tamanha liberdade em crescer em face da nossa limitação de entendê-la, denominamos de **mancha**. Perceber tal ignorância só eleva ainda mais a relevância deste estudo e faz os resultados dele mais significativos.

Segundo o IBGE (2016), entende-se como mancha urbanizada, a área construída com edificações típicas de áreas urbanas e padrão de arruamento interno que propicia relações diárias de vizinhança.

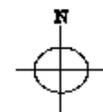
Quando se tratar, neste texto, do termo ‘mancha urbana’, se estará referindo à cidade-sede do município, que além disso, ainda é composto por oito distritos: Jaguará, Bonfim de Feira, Ipuacu (J. Durval Carneiro), São José (Maria Quitéria), Tiquaruçu, Matinha, Jáiba e Humildes, mostrados na Figura 4.

# MAPA DE DISTRITOS DE FEIRA DE SANTANA



## LEGENDA

-  Jaguará
-  Bonfim de Feira
-  São José (Maria Quitéria)
-  Matinha
-  Tiquaruçu
-  Jaíba
-  Humildes
-  Sede
-  Governador João Durval Carneiro



4 0 4 8 12 16 km

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PPGM – Pós-graduação em Modelagem em  
Ciências da Terra e do Ambiente

Na Tabela 1, é analisada quantitativamente a expansão urbana e nesta, se apresentam as áreas da mancha desde sua origem até 2018.

Tabela 1: Expansão da mancha urbana de Feira de Santana de sua origem até 2018

<b>Ano</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
origens a 1767	0,5616
1878	2,8570
1940	9,1269
1962	18,9864
1967	22,7589
1990	52,3240
2000	76,6780
2010	97,8010
2018	130,3300

Fonte: Origens a 1967: SANTO, 2012 (Shape no banco de dados geográficos do GEOTEC – UEFS); 1990 a 2018: Imagens Landsat 05/03/1990, 05/02/2000, 28/03/2018, órbita 216 e ponto 068. Elaboração: própria autora.

Na Figura 5, é apresentada a espacialização desta evolução até o ano 2000. A expansão posterior será mais bem analisada no Capítulo 5.

Em 1967, já se percebe a forma do anel de contorno o que justifica o fato de que este tem função crucial nas definições de crescimento da cidade e no Planejamento Urbano. Claramente, observa-se até o ano 1990, o anel quase completamente já preenchido pela mancha urbana, com uma forte expansão já consolidada a Norte e Sul. Entre os anos de 1990 e 2000, a expansão nos quadrantes Norte-Leste e Leste-Sul se intensificam, surgindo assim alguns vetores de expansão, tais como a Avenida Artêmia Pires. Também observa-se a relevância do Centro Comercial de Feira de Santana, em torno do qual a expansão urbana se consolidou

499201.2      504402.3      509603.5      514804.6

8654596.0

8654596.0

8649197.0

8649197.0

8643798.0

8643798.0

8638399.0

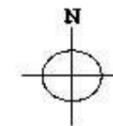
8638399.0

499201.2      504402.3      509603.5      514804.6

### MAPA DE EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA DE FEIRA DE SANTANA - BA ATÉ O ANO 2000

#### LEGENDA

-  1990 a 2000
-  1967 a 1990
-  1962 a 1967
-  1940 a 1962
-  1878 a 1940
-  1767 a 1878
-  Origens a 1767



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em  
Ciências da Terra e do Ambiente

A partir dos dados da Tabela 1, foram calculadas as taxas de expansão da mancha, dadas em termos percentuais que expressam o acréscimo de área relativamente ao período anterior. Esses valores são apresentados na Tabela 2, e analisando-os, é possível constatar que os anos entre 1967 e 1990 foram os de maior crescimento, quando a área se expande em 130%, com uma média anual de 5,65%. É interessante analisar os valores médios anuais, uma vez que os períodos têm intervalos de tempo diferentes.

Tabela 2: Taxas de expansão da mancha urbana de Feira de Santana entre 1767 e 2018

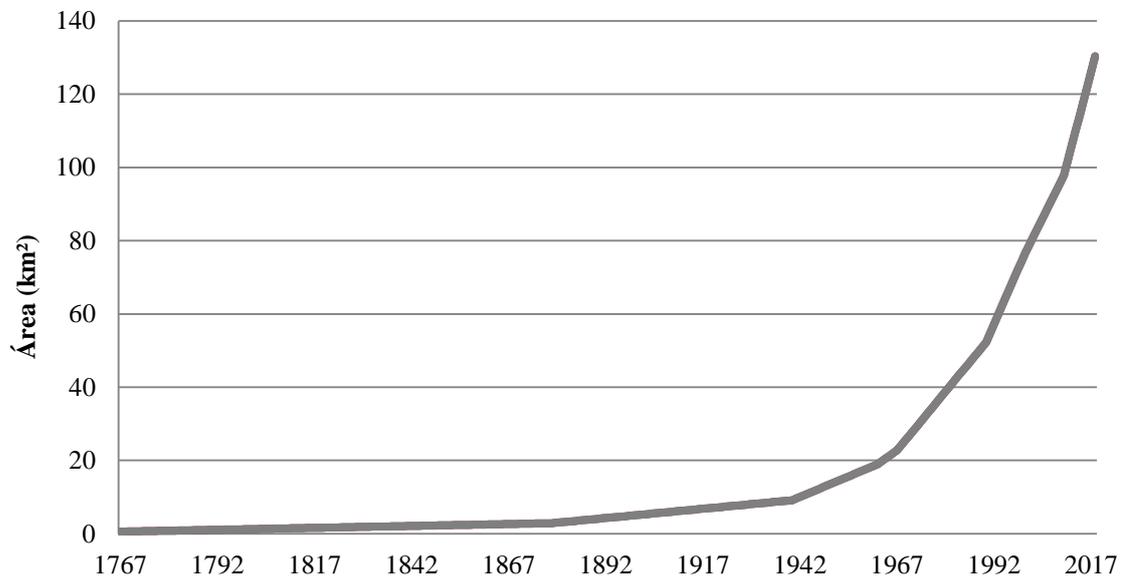
<b>Período</b>	<b>Aumento</b>	<b>Aumento médio/ano</b>
1767 a 1878	409%	3,68%
1878 a 1940	219%	3,54%
1940 a 1962	108%	4,91%
1962 a 1967	20%	3,97%
1967 a 1990	130%	5,65%
1990 a 2000	47%	4,65%
2000 a 2010	28%	2,75%
2010 a 2018	33%	4,16%

Fonte: Origens a 1967: SANTO, 2012 (Shape no banco de dados geográficos do GEOTEC – UEFS); 1990 a 2018: Imagens Landsat 05/03/1990, 05/02/2000, 28/03/2018, órbita 216 e ponto 068. Elaboração: própria autora.

O Gráfico 1 apresenta os valores absolutos de área da mancha urbana em linha de tempo contínua. Isso faz com que sejam evidenciados com mais clareza os dados citados na Tabela 1, possibilitando perceber o processo definido por Milton Santos como “urbanização galopante e concentradora”, caracterizado por ele como “intenso e desenfreado processo de ‘industrialização-urbanização’ nas cidades brasileiras na segunda metade do século XX

(SANTOS, 2000). Isso aconteceu em Feira principalmente a partir da década de 1960, e alguns fatos colaboraram para isso: instalação do Campus da UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana) a norte, em 1976, a implantação do CIS (Centro Industrial do Subaé) ao Sul em 1970 e construção de conjuntos habitacionais a partir de 1968 pela INOCOOP (Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais) e URBIS (Habitação e Urbanização da Bahia) e posteriormente, a implantação do Serviço de Integração do Migrante (SIM).

Gráfico 1: Aumento da área da mancha urbana em Feira de Santana entre 1967 e 2018



Fonte: banco de dados geográficos do GEOTEC – UEFS; Origens a 1967: SANTO, 2012. Elaboração: própria autora.

O Gráfico 2 apresenta as taxas de expansão da mancha urbana em Feira de Santana entre os anos de 1945 e 2018 e as taxas anuais foram calculadas através da interpolação dos dados da Tabela 2.

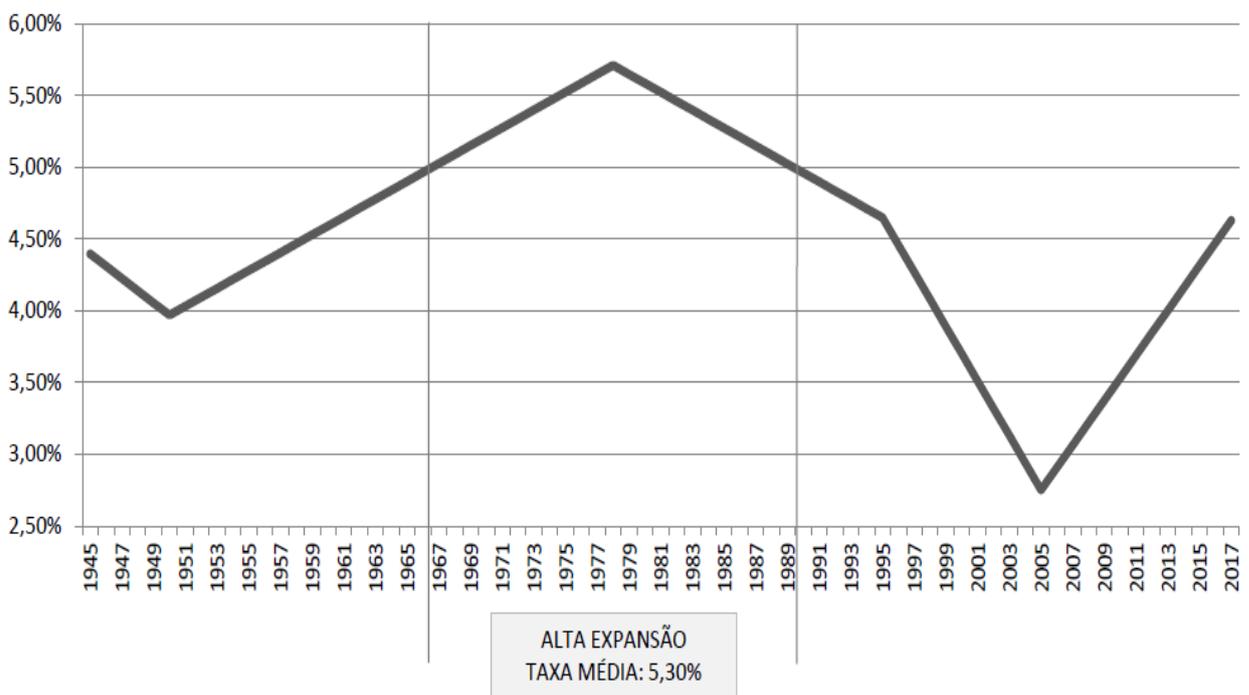
Foram desconsiderados anos anteriores para que fosse possível comparar esta expansão com o crescimento populacional, informação trazida pelos Gráficos 2 e 4, e que têm base nos censos do IBGE, que começaram a ser feitos a partir de 1940. Essa comparação

permitirá perceber a coincidência de picos dos dois índices em um determinado período de tempo.

Entre os anos 1967 e 1990, houve uma grande expansão, com taxas maiores que 5,0%, valor jamais atingido antes ou depois. Isso se justifica pelos mesmos fatos já antes apresentados. Este período também é marcado por fortes investimentos em estudos urbanos, o que resultou na Instituição do Plano de Desenvolvimento Local Integrado em 1968, sobre o qual será tratado de forma mais detalhada na seção 2.2

Após esse período, a taxa de expansão da mancha decresce significativamente, atingindo valores mínimos em meados dos anos 2000 e retomando o crescimento nesta mesma década.

Gráfico 2: Taxas de aumento de área da mancha urbana de Feira de Santana entre 1945 e 2018



Fonte: banco de dados geográficos do GEOTEC – UEFS; Origens a 1967: SANTO, 2012. Elaboração: própria autora.

Outra variável que deve ser considerada em estudos urbanos é o crescimento populacional, uma vez que este é um indicador importante no que se refere ao planejamento dos mais variados equipamentos de infraestrutura urbana (transporte público, redes etc), além de estudos econômicos, sociais, de saúde pública, entre outros. A principal fonte para informações sobre isso são os censos do IBGE, cujos dados foram usados para as análises feitas a seguir.

A Tabela 3 mostra a população de todos os distritos e o percentual que esta representa do total de habitantes do Município, segundo último censo do IBGE, de 2010.

Tabela 3: População dos distritos de Feira de Santana em 2010

<b>Distrito</b>	<b>População</b>	<b>%</b>
Sede	499.672	89,77%
Bonfim da Feira	3.433	0,62%
Governador Dr. João Durval Carneiro	3.804	0,68%
Humildes	13.462	2,42%
Jaguara	5.051	0,91%
Jaíba	4.539	0,82%
Maria Quitéria	13.903	2,50%
Matinha	8.855	1,59%
Tiquaruçu	3.923	0,70%
<b>Total</b>	<b>556.642</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Dados: Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

Elaboração: própria autora.

Os distritos com maior representatividade no que se refere a número de habitantes são Humildes e Maria Quitéria, que, juntos, compõem menos de 5% da população total e 48% da população que não vive do Distrito-Sede.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes à contagem da população total desde 1940, ano do primeiro censo até 2017, ano da última projeção do IBGE, baseado na contagem mais recente, de 2010. É válido observar que estes números são referentes à população de todo o município.

Tabela 4: Crescimento populacional em Feira de Santana entre 1940 e 2017

<b>Ano</b>	<b>População</b>
1940	83.286
1950	107.205
1960	141.757
1970	190.076
1980	291.504
1991	406.447
1996	450.487
2000	480.949
2010	556.642
2017 (projeção)	627.477

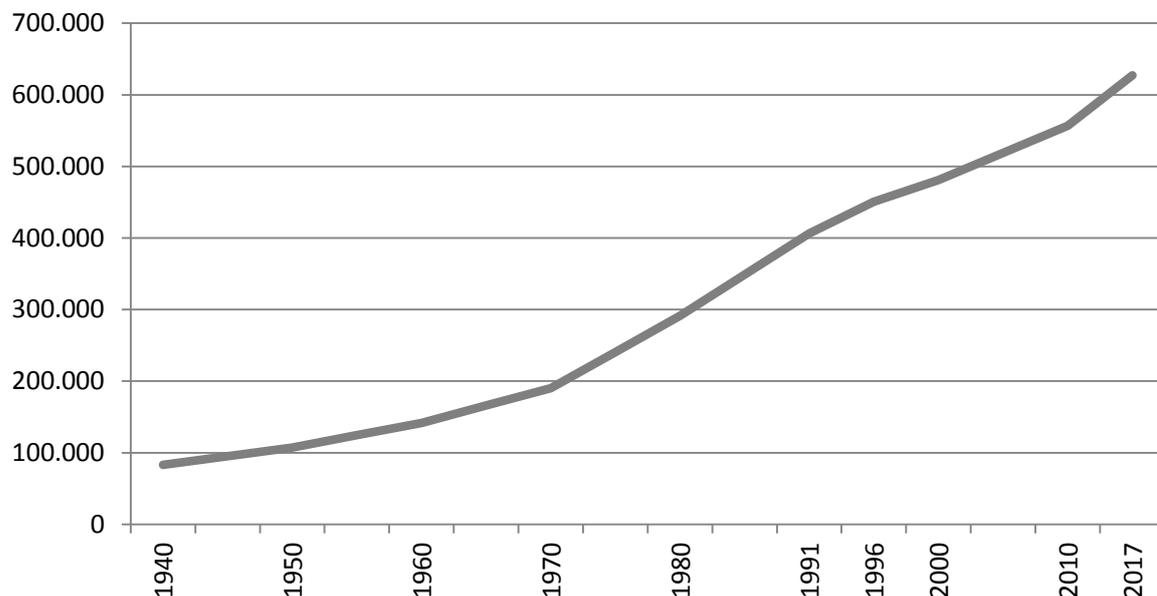
Fonte: Censos demográficos: 1940 a 2010; Projeção: 2017 (IBGE, 2019).

Elaboração: própria autora.

Quando representados graficamente em uma linha de tempo, esses dados são mais bem visualizados, e o gráfico 3 mostra isso. Este gráfico foi construído a partir dos dados da Tabela 3, que foram interpolados para que fosse possível analisá-los ano a ano, numa linha de tempo contínua.

Observa-se que em alguns períodos, a população cresce com maior velocidade. Para analisar esse fato com mais precisão, foram utilizadas as taxas de crescimento populacional apresentadas na Tabela 5.

Gráfico 3: Crescimento populacional em Feira de Santana entre 1940 e 2018



Fonte: Dados: Censos demográficos: 1940 a 2010; Projeção: 2017 (IBGE, 2019).

Elaboração: própria autora.

É notório que a população é sempre crescente desde que se tem registro da contagem dela. Por esse motivo, as taxas são sempre positivas, porém não necessariamente seus valores são igualmente crescentes, uma vez que as taxas tratam da velocidade do crescimento, portanto relacionam-se mais com proporções do que com valores absolutos. Apesar disso, já é possível constatar um pico de crescimento na década de 1970. Para melhor análise, então, foram calculadas as taxas de crescimento, que são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Taxas de crescimento populacional de Feira de Santana entre 1940 e 2017

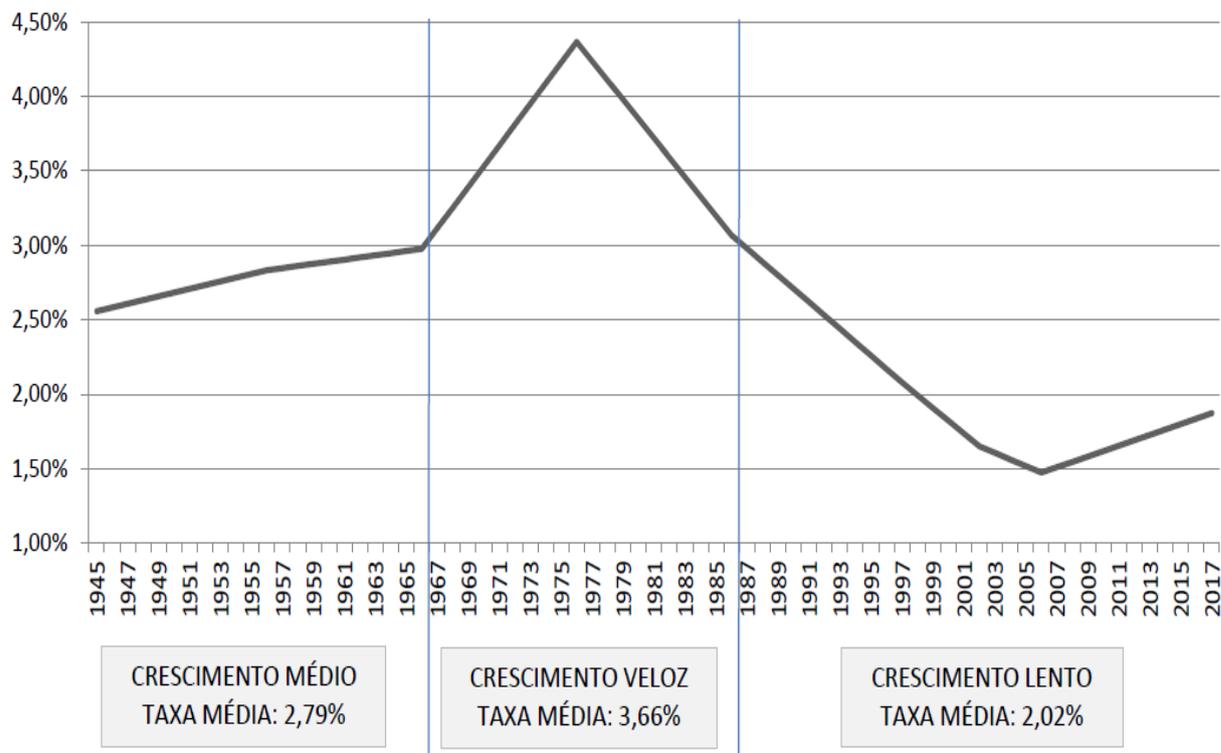
<b>Período</b>	<b>Taxa de crescimento populacional</b>
1940 a 1950	2,56%
1950 a 1960	2,83%
1960 a 1970	2,98%
1970 a 1980	4,37%
1980 a 1991	3,07%
1991 a 1996	2,08%
1996 a 2000	1,65%
2000 a 2010	1,47%
2010 a 2017	1,73%

Fonte: Censos demográficos: 1940 a 2010; Projeção: 2017 (IBGE, 2019).

Elaboração: própria autora.

É sempre muito apropriado analisar visualmente este tipo de dado, pois quando este é posicionado em uma linha do tempo, é possível incluir o fator dinamismo característico da quarta dimensão. O gráfico 4 traz a informação das taxas de crescimento anuais, formulado através de métodos interpolativos aplicados aos dados da Tabela 4.

Gráfico 4: Taxas de crescimento populacional em Feira de Santana entre 1945 e 2017



Fonte: Dados: Censos demográficos: 1940 a 2010; Projeção: 2017 (IBGE, 2019).

Elaboração: própria autora.

Podem ser definidos três movimentos principais:

- o primeiro entre 1940 e 1966, com taxas de crescimento positivas e crescentes, variando entre 2,5% e 3,0%, porém próximas a uma constância, o que denota uma velocidade de crescimento quase uniforme. Este é o período definido como crescimento mediano, lento e constante;

- o segundo processo característico de crescimento populacional mais acirrado aconteceu entre 1966 e 1986, com taxas altas (maiores do que 3,0%), jamais vistas em Feira de Santana (antes ou depois), e no Gráfico 2, é possível ver que a reta que representa o crescimento nesse período assume maiores inclinações, evidenciando esse “boom” a partir da década de 1970 (período de taxas máximas da história). Isso decorre, inclusive, das mesmas causas já anteriormente citadas, que são também motivadoras para a veloz expansão da mancha urbana entre as décadas de 1960 e 1990, conforme já observado antes. Este período é definido como crescimento veloz, abrupto e máximo.

- o terceiro período, a partir de 1986, com características bem delineadas e com a redução das taxas de crescimento populacional, que começam a atingir os menores valores desde o primeiro censo, chegando a menos de 1,50%. Este período passa por um crescimento muito sutil, leve e brando.

Uma outra informação que muito revela sobre o urbano é a dinâmica do uso do solo e, se analisada em diferentes passos de tempo, se torna ainda mais relevante. Essa análise é feita a seguir.

## 2.2 PERSPECTIVA HISTÓRICA DO USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA

Uso do solo denota a destinação que o homem dá à terra, e Skole (1994, apud ALMEIDA et al., 2007) afirma que uso do solo é o emprego humano de uma certa cobertura da terra, o meio pelo qual a atividade humana se apropria dos resultados da produção primária.

A informação do mapeamento do uso do solo é importante em estudos urbanos, pois retrata muito da dinâmica espacial do lugar, das interações entre as partes e é especialmente fundamental nesta pesquisa, pois é o elemento-base da modelagem.

Há alguns estudos já realizados sobre uso do solo em Feira de Santana, e dentre estes, (SANTOS, 2013) cita o Comércio como grande impulsionador do crescimento do município e expansão da mancha, e afirma que há bairros que expandiram em função do Comércio, tais como TOMBA, CASEB e Cidade Nova.

Nesse ponto, diante das possibilidades de transformações do espaço, mudança das suas formas espaciais e funções, é inevitável pensar na gestão do uso e ocupação do solo e planejamento da cidade.

O planejamento urbano é o principal agente da política urbana, cujas diretrizes são estabelecidas no Estatuto da Cidade, a Lei 10.257, de julho de 2001 (PMFS, 2001) e se apropria de normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental e tem por objetivo, ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana.

A legislação urbana de Feira de Santana é rica, com quatro Planos Diretores em menos de 40 anos (Quadro 1):

Quadro 1: Legislação de Feira de Santana (Planejamento Urbano)

Ano		status
1968	Plano de Desenvolvimento Local Integrado – PDLI	Instituído
1992	Revisão do PDLI	Instituído
2000	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Feira de Santana – PDDU	Não Instituído
2006	Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Feira de Santana – Revisão do PDDU	Não Instituído
2018	Plano Diretor	Em desenvolvimento

Fonte: Dados: PMFS, 2019; Elaboração: própria autora

O PDLI de 1968 foi um dos primeiros desse gênero realizado no Brasil, e Santo (2011) destaca grandes potencialidades deste, tais como prévio estudo diagnóstico com escala temporal de 25 anos (1943 – 68), trabalho interdisciplinar com participação popular. Além disso, ainda propunha um zoneamento, com preservação de mananciais e criação de áreas de lazer. Por fim, os autores classificam o trabalho como ‘bastante consistente’.

Em 1990, houve a instituição de um novo Plano Diretor, baseado em uma revisão do PDLI de 1968.

Santo (2011) considera que no PDDU de 2000, a elite passa a ser privilegiada, quando possui uma representação distinta e repetida, e trata a população de forma fragmentada, chegando a diferenciar os “bairros com renda média e alta”. A participação popular, que também é realizada na elaboração deste plano se caracteriza por não atender aos grupos excluídos e menos favorecidos.

Atualmente, tem sido desenvolvido um Plano Diretor em Feira de Santana, através de uma equipe multidisciplinar, com consulta popular.

É pertinente ainda destacar a importância da legislação ambiental, que garante a integridade de áreas que devem ser preservadas ou protegidas ambientalmente. Apesar de ter uma hidrografia riquíssima (será citada na seção 2.3.3), histórico de legislação ambiental intenso, ainda vê-se uma dificuldade de preservação de algumas áreas ambientalmente

importantes, como regiões próximas a lagoas. Sobre isto, vários estudos já foram desenvolvidos em Feira de Santana.

### 2.3 GEOINFORMAÇÃO

A geoinformação, através dos SIGs, é importante aliada no Planejamento Urbano e Almeida et al. (2007) cita que a inserção do universo computacional no estudo e planejamento de cidades trouxe novos paradigmas sobre a forma de entender, pensar e sobretudo, agir sobre o espaço urbano e ainda cita que essa plataforma permitiu a expansão das possibilidades de ação do planejador.

Trabalhar então, com geoinformação, segundo Câmara et al. (2000), é o mesmo que utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados através de modelos.

Para Câmara et. al. (2000, p.22), “um modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados”. O modelo busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado.

A principal característica dos modelos, segundo Chorley e Hagget (1975), é que sua construção implica numa atitude altamente seletiva quanto às informações, na qual os ruídos e os sinais menos importantes são eliminados para que se veja algo no âmago das coisas. São considerados, então, como aproximações seletivas. Os autores citam também a natureza iterativa dos modelos, contendo estes, sugestões para suas próprias ampliações e generalizações. Os autores são diretos, quando afirmam que “modelos são analogias, porque são diferentes do mundo real” (p.25).

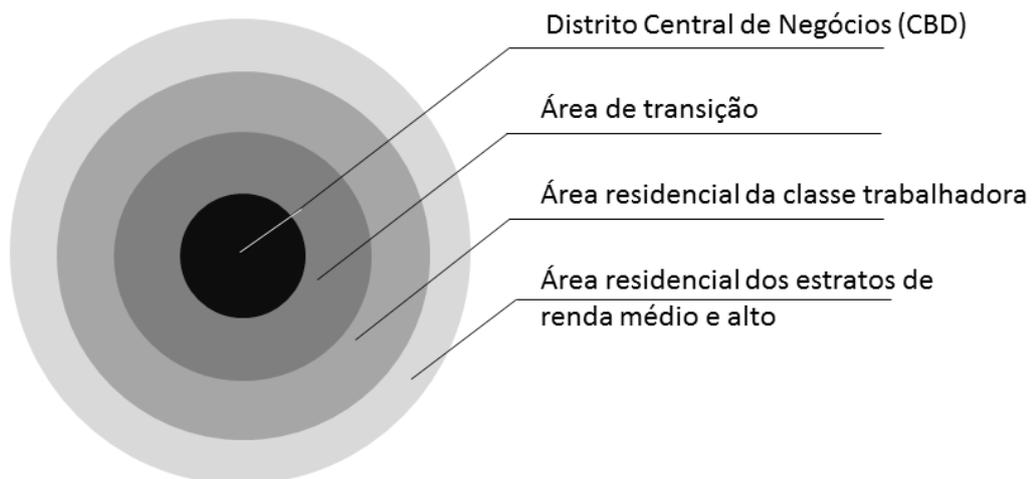
Ao comparar modelos estáticos e modelos dinâmicos, Chorley e Hagget em 1975 já citavam a dificuldade em lidar com estes últimos, uma vez que dependem de inteligência artificial, com capacidade de aprender, tomar decisões e reaprender continuamente.

O objeto de modelagem neste trabalho é uma cidade de médio porte, localizada no estado da Bahia, com população urbana total de mais de 600 mil habitantes em 2017 (segundo projeção do IBGE). Como o fenômeno da urbanização tem natureza essencialmente dinâmica, será usado um modelo dinâmico de mudanças do uso do solo urbano para alcance dos objetivos dessa pesquisa.

## 2.4 MODELAGEM URBANA

Os modelos para estudos urbanos e processos de mudanças vêm sendo criados já há algum tempo. Segundo Souza (2011), uma das mais antigas contribuições nesse sentido é da década de 1920, a teoria de anéis concêntricos de E. Burgess. Ele concebeu um modelo econômico simples, consistindo de um zoneamento de regiões concêntricas à cidade (Figura 6). De acordo com este modelo, o uso mais intenso da terra seria próximo ao centro e o preço do aluguel e da terra decresceriam na periferia. Esse modelo deriva da teoria de anéis concêntricos de Von Thünen, de 1826, uma das mais antigas contribuições em processos de mudanças urbanas e regionais (Merlin, 1973).

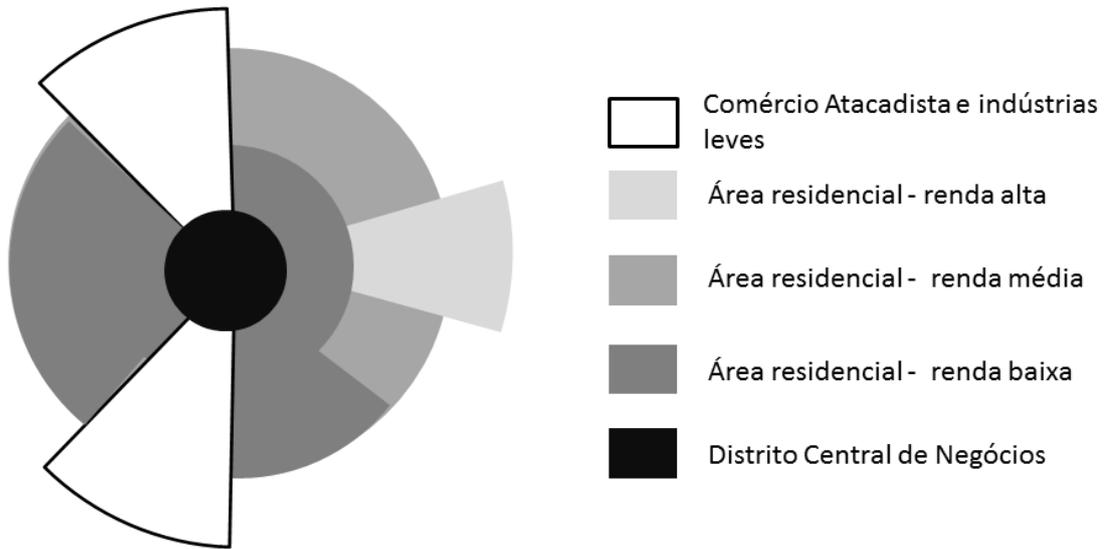
Figura 6: Modelo de organização interna da cidade de E. Burgess



Fonte: BURGUESS(1920, apud Souza, 2011)

Outros modelos foram concebidos com base na Teoria de Burgess, como o de H. Hyot (Figura 7), que torna este mais complexo, ao combinar círculos com setores, segundo Souza (2011), refinamento este introduzido ao levar em conta a influência da malha viária e transportes.

Figura 7: Modelo de organização interna da cidade de H.Hoyt (1939)

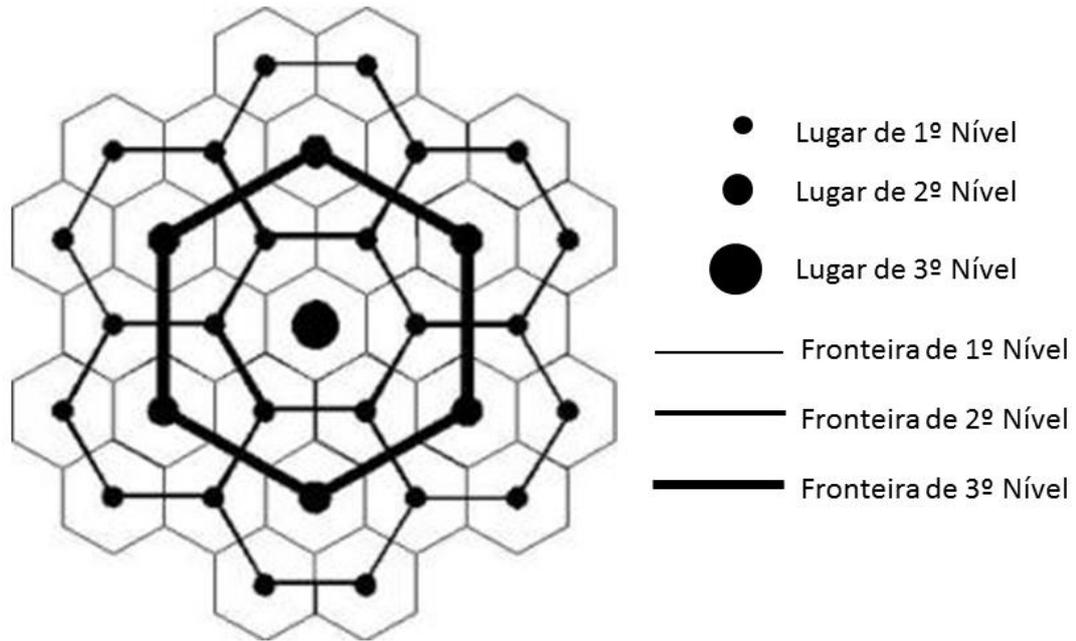


Fonte: HOYT (1939 apud Souza, 2011)

Ainda baseado em Teoria Econômica, no modelo de lugares centrais de Christaller, de 1933, “cidades são lugares centrais, hierarquicamente organizados, cujo papel fundamental é a provisão de bens e serviços, e cada ponto no espaço deveria distar menos de uma hora de caminhada (cerca de 4km) de um lugar central” (Figura 8).

Todas estas simples realizações em modelagem urbana são não-dinâmicas e baseadas em Teoria Econômica. No final da década de 1950 e início da década de 1960, após notáveis avanços nas facilidades computacionais, uma nova geração de modelos entrou em cena, que, segundo Almeida et. al. (2007), buscavam operar sobre uma base dinâmica, em um esforço para a superação das limitações da primeira geração de modelos urbanos.

Figura 8: Sistema hexagonal da teoria de lugares centrais de Christaller.



Fonte: CHRISTALLER (1933 apud Almeida et. al., 2007)

#### 2.4.1 Modelos dinâmicos

De acordo com Wegener et al. (1986, apud Almeida et. al., 2007), um modelo denomina-se dinâmico se possui uma dimensão temporal explícita, se suas entradas e saídas variam com o tempo e se seus estados atuais dependem de estados anteriores.

Entre os primeiros modelos dinâmicos, está aquele proposto por Czamanski (1965), que aplicou um simples modelo econômico baseado no tempo à região de Baltimore (EUA), com quatro equações. O modelo fornecia uma abordagem simples para a geração de atividades urbanas, embora não apresentasse uma dimensão espacial.

Outro modelo dinâmico, o Empiric (HILL, 1965, apud Almeida et. al., 2007), tem caráter espacial e reconhece a natureza simultânea dos inter-relacionamentos urbanos, através de um sistema de equações diferenciais de primeira ordem.

Batty (1971) relacionou população, emprego terciário e básico ao longo do tempo para desenvolver um modelo dinâmico aplicado à região de Reading, no Reino Unido. O modelo

foi matematicamente formulado como um sistema de equações diferenciais e por meio de hipóteses de base econômica.

Segundo Almeida et. al. (2007), os modelos urbanos desenvolvidos até metade dos anos de 1980, de maneira geral, não operavam sobre uma dimensão espacial e quando isso acontecia, o espaço era desagregado em unidades, mas o resultado desses modelos não podia ser visualizado espacialmente. A autora cita que

efetivos avanços na representação espacial de modelos urbanos ocorreram apenas no final dos anos 1980, quando modelos de autômatos celulares começaram a ser utilizados em larga escala (ALMEIDA, 2007).

#### 2.4.2 Autômatos celulares

Originalmente, os autômatos celulares foram estudados no final da década de 1940 do século passado pelo matemático húngaro John Von Neumann e o matemático ucraniano Stanislaw Ulam, período em que o mundo da ciência computacional vivenciou fértil desenvolvimento de novas tecnologias. Consistiu em estudar técnicas computacionais a serem usadas para estabelecer modelos matemáticos que possam representar processos de crescimento e auto reprodução (PASCOAL, 2005).

Stephen Wolfram (1983, apud ALMEIDA, 2007) define autômatos celulares como:

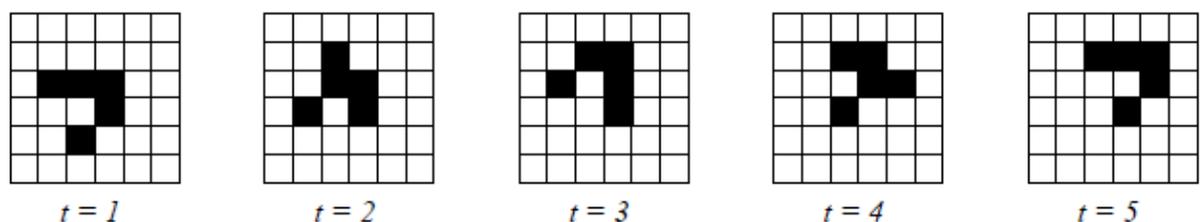
idealizações matemáticas de sistemas físicos, no qual o espaço e o tempo são discretos, e os atributos assumem um conjunto de valores também discretos. Um autômato celular consiste de uma grade regular uniforme (ou campo matricial), comumente infinito em sua extensão, com uma variável discreta em cada localidade (célula). O estado de um autômato celular é completamente especificado pelos valores das variáveis em cada célula. Um autômato celular evolui em passos de tempo discretos, com o valor da variável em uma célula sendo afetado pelos valores das variáveis nas células vizinhas encontrados no passo de tempo anterior. A vizinhança de uma célula é tipicamente formada pela própria célula em consideração e todas as demais células localizadas nas suas adjacências imediatas. As variáveis em cada célula são atualizadas simultaneamente (sincronicamente), baseando-se nos valores das variáveis da sua vizinhança no passo de tempo precedente, e de acordo com um conjunto pré-definido de `regras locais`.

Para Pascoal (2005),

Autômatos celulares (AC) são sistemas dinâmicos discretos, sendo frequentemente descritos como contrapartes às equações diferenciais parciais que apresentam a **potencialidade para descrever sistemas dinâmicos contínuos**. O significado de discreto é que as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo de intervalos de tempo, e mudam seus valores somente em momentos bem definidos conhecidos como passo ou tempo de ocorrência de evento (p. 11, grifo nosso).

O Jogo da Vida (“Game of Life”) de John Conway ou ‘Life’, como ficou conhecido, immortalizou o conceito de CA. No ‘Life’, o espaço celular é composto de uma grade quadrada regular bidimensional, onde a vizinhança das células consiste de seus oito vizinhos imediatos, isto é, quatro vizinhos ortogonais e quatro vizinhos diagonais. Qualquer célula pode estar viva (‘on’) ou morta (‘off’), e há apenas duas regras simples para uma célula tornar-se viva ou morrer. Uma célula morta torna-se viva se há exatamente três células vivas imediatamente adjacentes à mesma. Uma célula permanece viva se há duas ou três células vivas nas suas adjacências, senão ela morre. Isto significa que uma célula morre de isolamento ou superpopulação. Apesar da simplicidade das regras, este jogo suporta a geração de inumeráveis padrões de comportamento dinâmico (ALMEIDA et. al., 2007). A Figura 9 mostra uma sequência de quatro passos de tempo, que resulta nas mudanças mostradas, ao final da qual a configuração se deslocou uma célula acima e à direita: as células vivas estão mostradas em preto.

Figura 9: “Jogo da Vida” – exemplo de emergência



Fonte: CONWAY(1970, apud Almeida et. al., 2007)

Autômatos celulares são um paradigma presente na atual geração de modelos dinâmicos espaciais e atualmente, podem incorporar dimensões ambientais, socioeconômicas e políticas. Podem incorporar ainda, segundo Almeida et. al.(2007), ferramentas de suporte a decisão ou técnicas baseadas em processos analíticos hierárquicos, o que foi, em grande parte, possibilitado pelas ligações entre CA e SIG.

A autora ainda cita recentes progressos teóricos inovadores no campo da Inteligência Artificial, tais como utilização de redes neurais, que simulam o raciocínio humano oferecendo soluções tolerantes a falhas.

### 3 O URBANO EM FEIRA DE SANTANA

Tendo esse estudo como foco principal a urbanização em Feira de Santana, é conveniente a caracterização da área de estudo, principalmente porque os próprios aspectos definidores da paisagem podem se revelar como fortes barreiras à expansão urbana, ou ainda, definidores do crescimento da cidade.

#### 3.1 AMBIENTAL

O aspecto ambiental deve ser consideração precípua em qualquer estudo da paisagem. Neste, que trata de urbanização, fenômeno tão profundo em transformações do ambiente, não será diferente. A condição se torna ainda mais fulcral quando se dá conta de que Feira de Santana tem dezenas de lagoas a serem preservadas, olhos d'água, fauna e flora característica.

A Lei Complementar 41, de 2009 (PMFS, 2009) modificou a Lei 1612/92, que instituiu o Código Municipal do Meio Ambiente de Feira de Santana.

A referida Lei prevê o zoneamento ambiental e a definição das áreas de relevante interesse ecológico e/ou paisagístico:

1. ASRE – Áreas sujeitas a Regime Específico
  - a. APRN – Área de Preservação aos Recursos Naturais
  - b. APCP – Áreas de Proteção Cultural e Paisagística
2. APA – Áreas de Proteção Ambiental
  - a. APP - Área de Preservação Permanente

Consideram-se estas, como áreas de restrição ou, no mínimo, limitação à ocupação urbana, a partir da interpretação do Art.14 da referida lei:

O zoneamento ambiental definindo-se as áreas de maior ou menor restrição no que respeita ao uso e ocupação do solo e ao aproveitamento dos recursos naturais (...) tem como objetivos definir as áreas de uso e ocupação com parâmetros mais restritivos ou menos restritivos de acordo com as características ambientais, paisagísticas e tendências socioeconômicas predominantes (PMFS, 2009, Art.14);

A estas áreas fica assegurada proteção pelo Poder Executivo Municipal, que deverá garantir a manutenção e utilização racional dos patrimônios biofísicos e culturais. Assim

sendo, é pertinente considerá-las no estudo da Urbanização, uma vez que, para além de formadores da paisagem, estas podem ser, em alguma medida, limitadores do processo de expansão urbana.

### 3.2 RELEVO

A estrutura geomorfológica de Feira de Santana é caracterizada por um relevo plano, com suaves inclinações a leste, formando feições regionais de tabuleiros. Entretanto, sua extensão vem sendo reduzida progressivamente pelo ciclo erosivo do Paraguaçu (SANTOS, 1993).

A organização topográfica, além de influenciar na configuração da rede hidrográfica, tem um forte impacto no valor relacional do solo urbano, haja vista que na cidade, historicamente, há preferência pela construção em uma área relativamente plana, localizada no Tabuleiro Interiorano (SANTO, 2012).

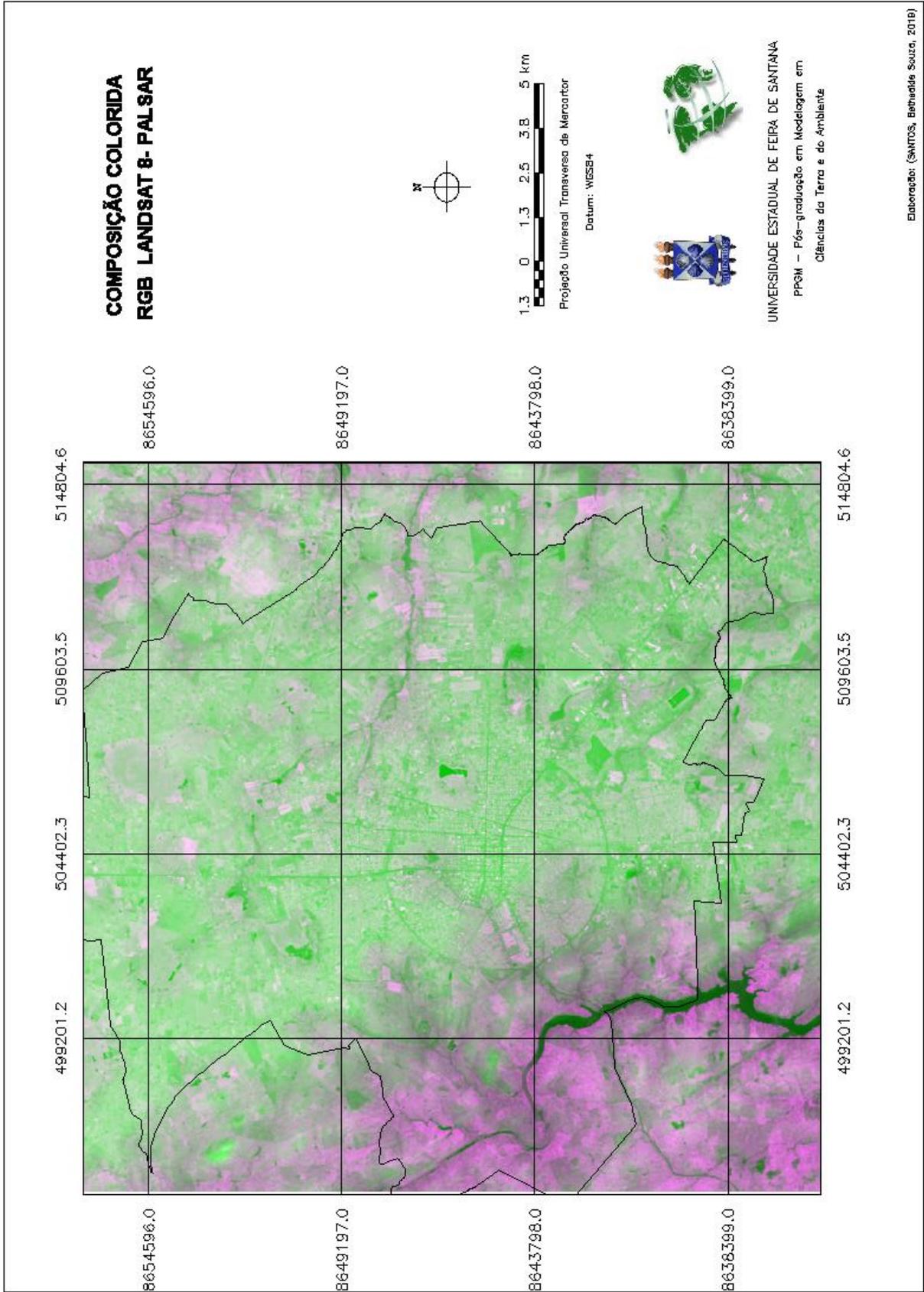
Apesar disso, atualmente, já se observa alguma ocupação nas áreas de dissecação dos Rios Pojuca e Jacuípe, porém estas áreas ainda se mantêm pouco habitadas e com baixo valor atrativo ao mercado imobiliário. Esta baixa taxa de ocupação pode ser explicada pela variação altimétrica, chegando a dezenas de metros, bem como pela presença de solo rochoso e matacões, o que promove encarecimento à construção de edificações.

O Tabuleiro Interiorano, por sua vez, traz como característica um relevo relativamente plano, por consequência, deslocamento facilitado pela pequena declividade existente (SANTO, 2012). O solo arenoso facilita a construção de edificações, barateando seu custo e assim, promovendo o mercado imobiliário, garantindo um ciclo de valorização do lugar e possibilidade de venda a preços mais altos.

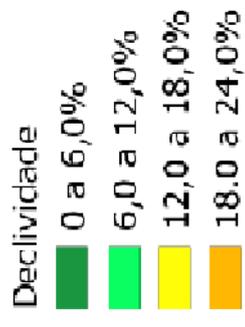
A Figura 10 é uma composição colorida RGB com a banda 6 do Landsat 8 (infravermelho médio) no canal vermelho, imagem Palsar de alta resolução (12,5m) no canal verde e a banda 4 do Landsat 8 (vermelho) no canal azul. Essa composição destaca a altimetria, onde podemos observar, pela tonalidade de verde, a espessura do pacote sedimentar do Tabuleiro de Feira de Santana. À medida que esse material é erodido pela ação da drenagem superficial, destaca-se a coloração vermelha do embasamento cristalino subjacente.

### 3.3 DECLIVIDADE

As declividades são baixas em geral, como é visto na Figura 11. A maior parte da mancha urbana está localizada em áreas com declividade abaixo de 9,4%. Há alguns trechos de declividade mais acentuada a noroeste e a oeste, reforçando o pensamento de que essas direções são pouco favoráveis à expansão urbana. Japiassú (2015), que estudou sobre a caracterização do processo de crescimento territorial urbano em Maceió entre 1980 e 2000, apresenta a declividade como uma das restrições à ocupação urbana. Segundo a autora, áreas com declividade acentuada (superiores a 30%) apresentam risco iminente à vida das pessoas, pois nessas áreas pode haver deslizamentos de terra, causando desabamentos, e ainda enxurradas, em dias de chuva forte, e inundações.



# DECLIVIDADES NA ÁREA URBANA DE FEIRA DE SANTANA



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em  
Ciências da Terra e do Ambiente

### 3.4 IMOBILIÁRIO E HABITAÇÕES

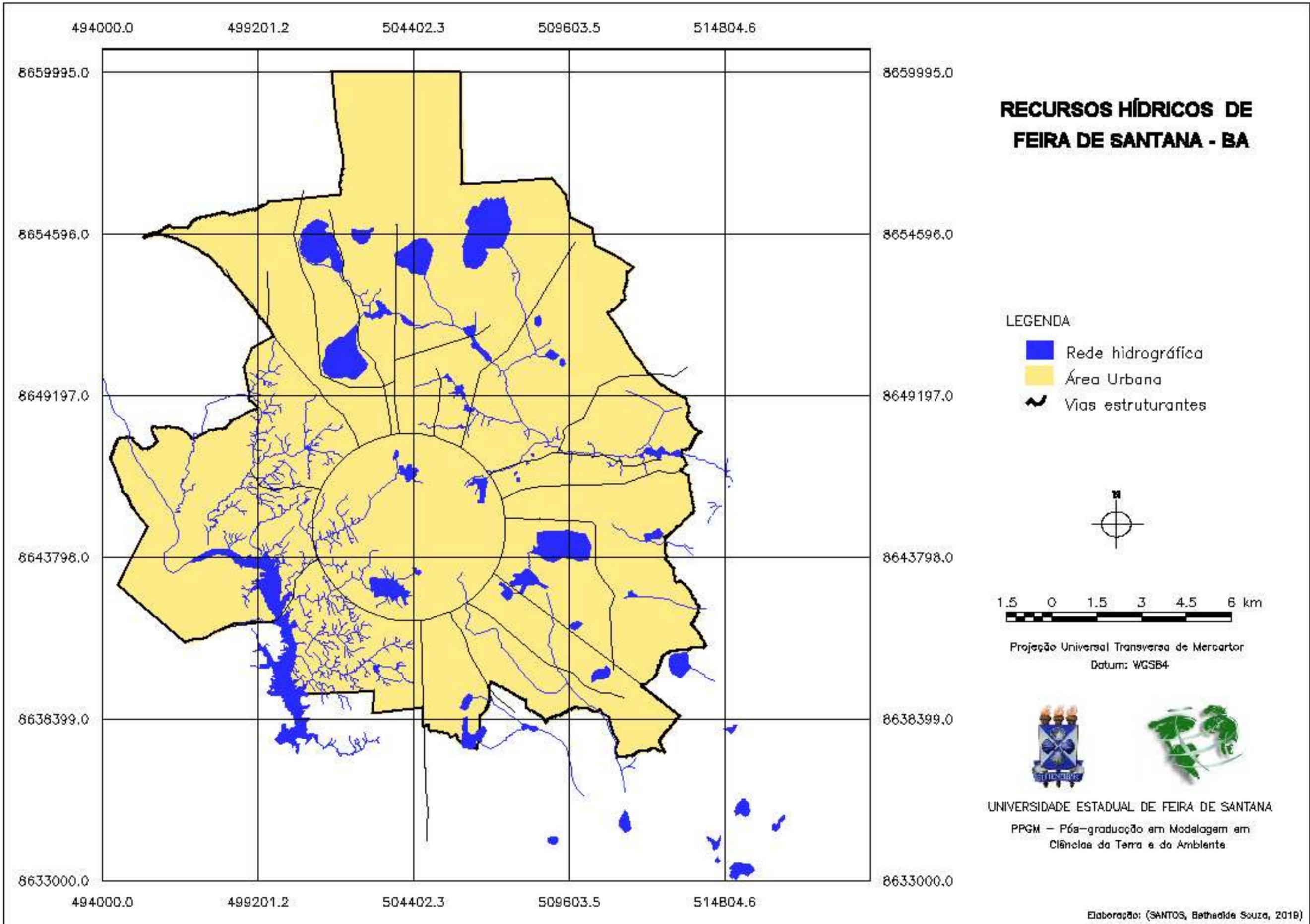
O setor imobiliário tem forte influência no valor da terra no Município, uma vez que, através de uma segregação velada, constroem-se condomínios de alta renda em áreas próximas e condomínios de baixa renda distantes daqueles.

Este setor também atua diretamente na ocupação dos vazios urbanos internos à mancha urbana, através de uma estratégia de mercado. Essa consiste em manter vazios os espaços que tendem a valorizar economicamente e, após algum tempo, lançar empreendimentos nesse local, garantindo uma maior visibilidade e maior facilidade de venda, além de maior retorno financeiro.

Em Feira de Santana, recentemente, tem havido uma verticalização das edificações. Até meados da década de 1990, havia ainda muitas áreas de fácil expansão e, por esse motivo, ela era prioritariamente horizontal. Com a crescente expansão da mancha urbana, essas áreas começaram a ser mais raras, quando começam a aparecer os altos edifícios em Feira de Santana. Além do mais, os condomínios de edifícios construídos através dos programas habitacionais a partir de 1995, principalmente, em geral com 4 ou 6 pavimentos, tornaram-se numerosos no Município.

### 3.5 RECURSOS HÍDRICOS

Feira de Santana é privilegiada em recursos hídricos e apresenta situação bastante particular, contendo o divisor de águas de uma sub-bacia e duas bacias hidrográficas: a do Rio Pojuca, Rio Subaé e Rio Jacuípe (Figura 12). Além disso, há ainda um importante sistema lacustre, composto por lagos intermitentes e perenes e riachos e fontes nativas. A riqueza em espelhos d'água foi exatamente um dos motivos causadores do surgimento do município e, mais recentemente, sua expansão.

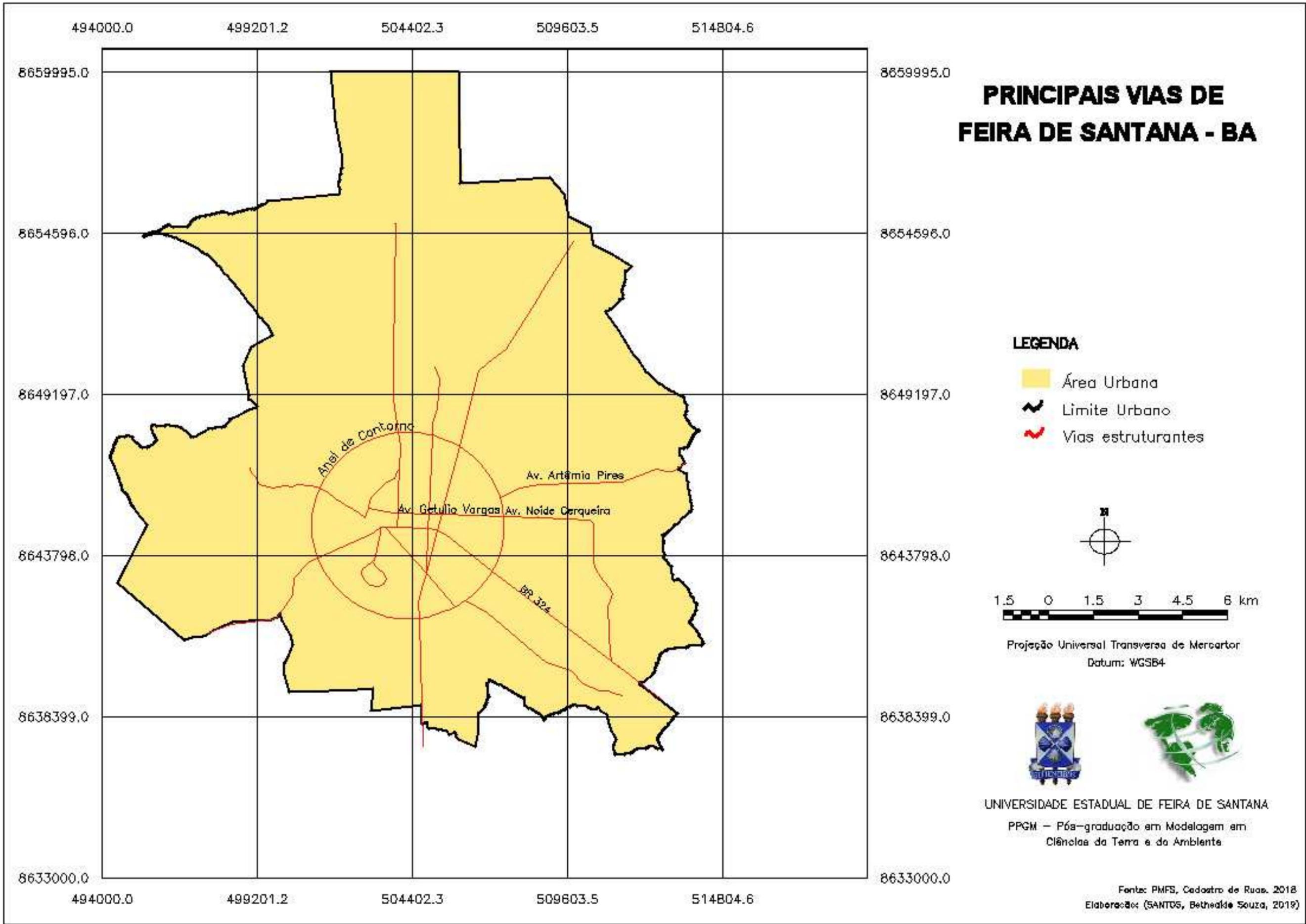


### 3.6 INFRAESTRUTURA

Segundo o IBGE, através de dados do censo de 2010, 59,7% de domicílios de Feira de Santana têm esgotamento sanitário adequado, 48,3% de domicílios urbanos estão em vias públicas com arborização e 17,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

### 3.7 SISTEMA VIÁRIO

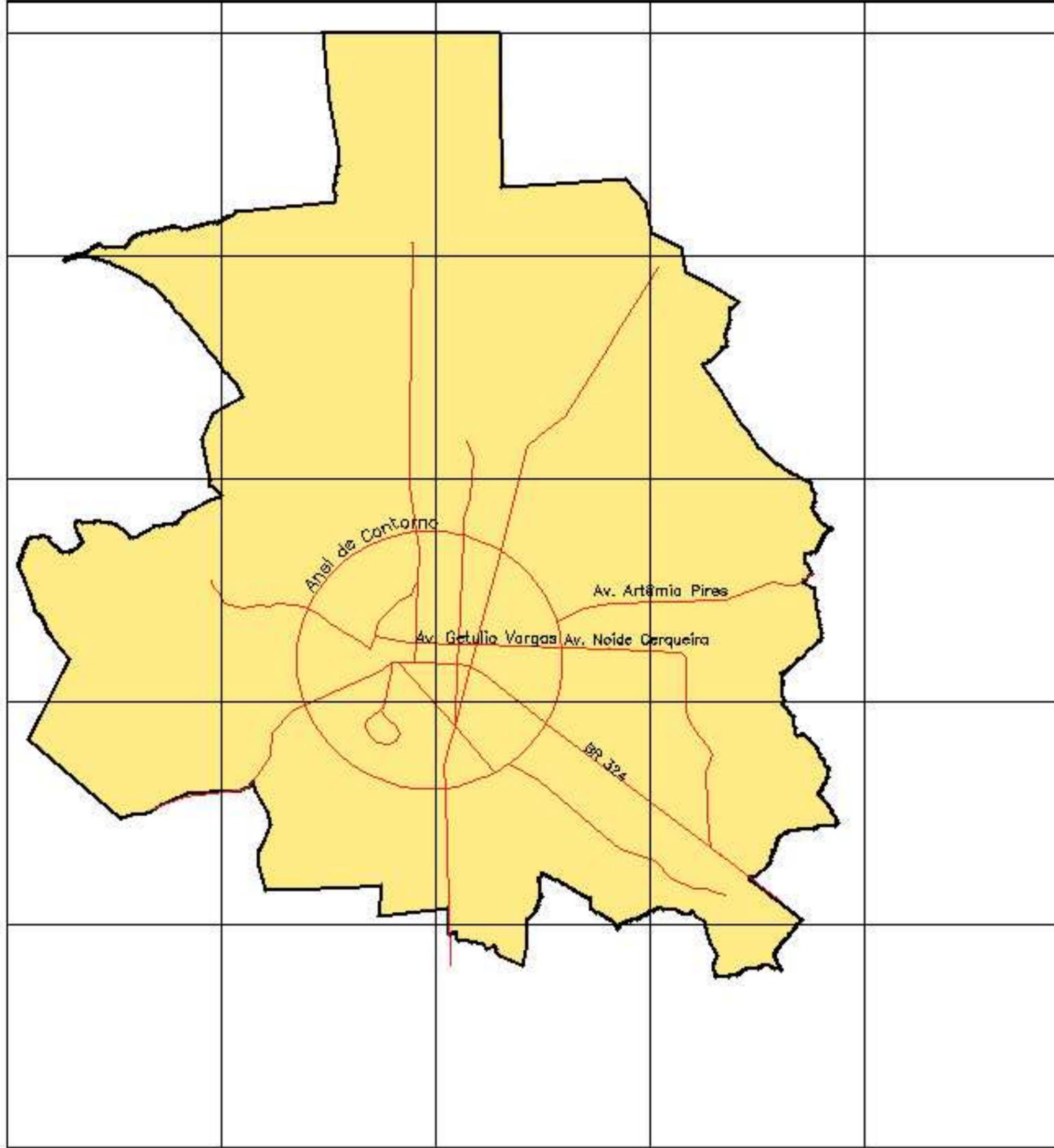
Como já largamente citado neste texto, desde a sua origem, Feira de Santana sempre foi marcada por fluxos de mercadorias, capital, pessoas etc. É de se imaginar, então, que a malha viária é fator caracterizador da área de estudo. O Anel de Contorno tem presença marcante e recebe esse “apelido” pela sua forma circular, sendo cruzado por todas as principais vias da cidade. Além disso, é responsável pela transição das vias urbanas para as BRs. As principais avenidas são: Getúlio Vargas, Senhor dos Passos, Maria Quitéria, João Durval, Presidente Dutra e José Falcão. Hoje, para o estudo do urbano, já são relevantes também os prolongamentos de algumas destas avenidas para além do Anel de Contorno: Avenida Fraga Maia, Ayrton Sena, Noide Cerqueira. É fundamental apresentar a locação dessas vias para o entendimento da leitura deste texto, pois elas serão utilizadas também como referências de direção e sentido quando necessário (Figura 13).



494000.0      499201.2      504402.3      509603.5      514804.6

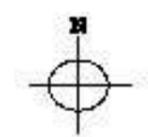
8659995.0  
8654596.0  
8649197.0  
8643798.0  
8638399.0  
8633000.0

8659995.0  
8654596.0  
8649197.0  
8643798.0  
8638399.0  
8633000.0



**PRINCIPAIS VIAS DE FEIRA DE SANTANA - BA**

- LEGENDA**
- Área Urbana
  - Limite Urbano
  - Vias estruturantes



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

Fonte: PMFS, Cadastro de Ruas, 2018  
Elaboração: (SANTOS, Bethedie Souza, 2019)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção apresenta todo o processo metodológico envolvido nesta pesquisa, desde a obtenção dos dados, pré-processamento, construção do banco de dados geográficos, processamento digital de imagens em SIG, modelagem. Foram usados dados cartográficos, imagens de satélite, cadastros públicos de vias, fotografias aéreas como dados primários. O intenso processamento digital foi feito com os aplicativos SPRING, IDRISI, AUTOCAD e DINAMICA EGO, através de processos de vetorização, classificação, tabulação cruzada, reclassificação.

Neste trabalho, será usado um modelo de CA para simulação de dinâmicas da paisagem, escrito em C++ e Java, com implementos de algoritmos de análise espacial comuns em SIGs, além de uma série de algoritmos projetados para simulações espaciais, incluindo funções de transição e métodos de calibração e validação.

Toda a sequência de modelagem consta nos Apêndices deste texto.

A utilização de um modelo de CA nesta pesquisa se justifica através de diversos fatores, dentre eles a “facilidade de manuseio e simplicidade operacional e, ao mesmo tempo, em vista do fato de ele conter uma complexidade suficiente para simular mudanças inesperadas. Além disso, modelos de CA são tratáveis e flexíveis, com possibilidade de adaptação a diferentes abstrações da realidade geográfica. São também aplicáveis a um espaço representado como uma grade, o que os possibilita articular como dados matriciais, comumente usados em SIG” (ALMEIDA et.al., 2003).

### 4.1 CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS EM SIG

O estudo que se apresenta por este texto é tecido através de uma pesquisa aplicada, descritiva e exploratória, com abordagem quantitativa. Os objetivos claramente demonstram isso, através do interesse em identificar, descrever e detalhar fatores que influenciam o fenômeno da urbanização em Feira de Santana, objeto da pesquisa aqui estabelecida.

O primeiro resultado desta pesquisa já se apresenta também como referencial teórico: o mapa de expansão da mancha urbana desde as origens da cidade até 2018. Este é feito através da sobreposição de mapas temáticos com as classes ‘urbano’ e ‘não urbano’ em diferentes anos, conseguidos depois da vetorização dos limites da mancha. Esses mapas para

os anos de 2000, 2010 e 2018 serão base para a elaboração dos mapas de uso do solo, fundamentais para atingir os objetivos da pesquisa.

A análise exploratória se iniciará através da identificação dos tipos de mudança de uso do solo nos períodos analisados (2000 a 2010 e 2010 a 2018). As datas de início e término dos períodos de simulação foram definidas em função das informações provenientes de censos pelo IBGE. O primeiro período (2000 – 2010) foi intenso em expansão, decorrente de uma ferrenha corrida imobiliária, com o lançamento de muitos empreendimentos habitacionais e expansão em espaços antes não ocupados. Entre 2010 e 2018, segundo período, o *boom* imobiliário já havia atingido seu pico e já começara a declinar, associado à diminuição de verbas federais em programas habitacionais e esfriamento do mercado, além da recessão econômica que assolou todo o país no final desse período.

Foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5, 7 e 8, que passaram por um pré-processamento, compreendendo registro, realce, ajuste de contraste.

Para as composições coloridas, foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3 para interpretação visual da área urbana, que foi delimitada por edição vetorial, através de polígonos desenhados em tela (cor laranja) diretamente sobre a imagem (Figura 14).

Figura 13: Imagem sintética (RGB) com as bandas 5-4-3 do satélite Landsat 8 (OLI)



Fonte: Landsat 8 (OLI) 28/03/2018, órbita 216 e ponto 068.

Elaboração e vetorização: própria autora.

Dada a natureza heterogênea comumente observada em áreas urbanas, que implica uma grande complexidade espectral e, portanto, possíveis dificuldades nas interpretações visuais, foi utilizado o Google Earth Pro e fotografias aéreas para melhor visualização.

Os mapas de uso do solo foram elaborados a partir do cadastro de ruas, imagens de satélite, imagens do Google Earth Pro, registros históricos, fotografias aéreas e verificações in loco.

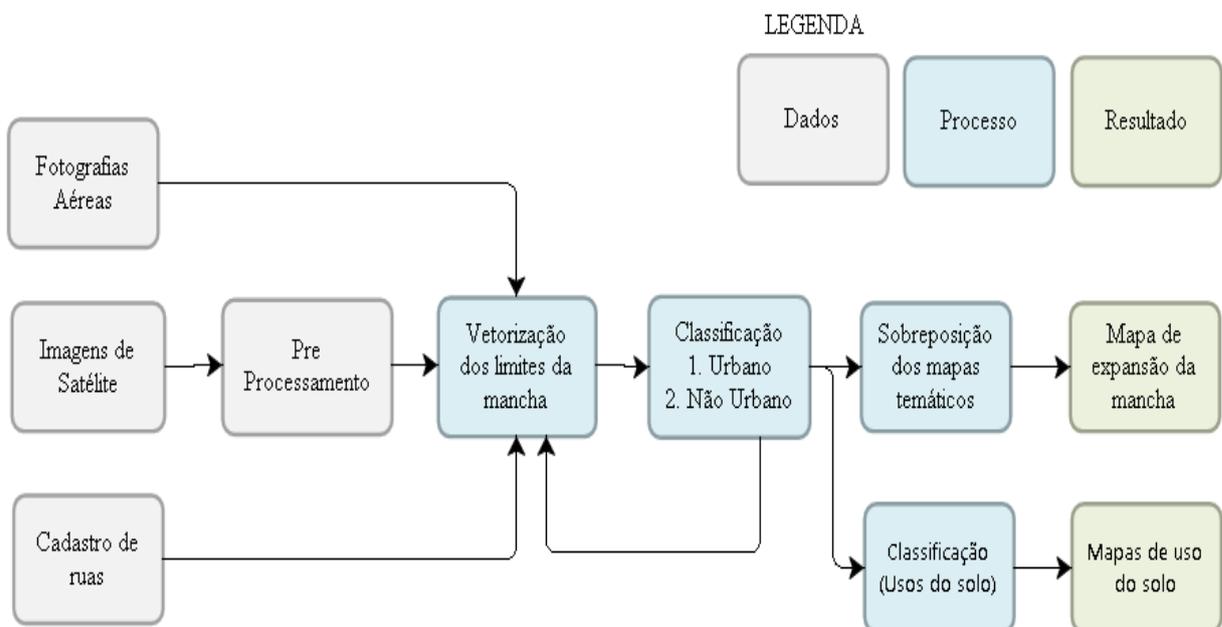
Foram estabelecidas seis classes de uso:

- uso comercial: com predominância de lojas de departamento, vestuário, eletrônicos, cosméticos, distribuidoras em geral, calçadões de lojas, galerias, entre outros;
- uso industrial: definido pelo CIS (Centro Industrial Subaé);

- uso institucional: composto de universidade pública, órgãos públicos isolados, batalhão de polícia e exército;
- uso de serviços: composto por áreas de hospitais, clínicas, serviços médicos em geral, áreas com predominância de bares, restaurantes, serviços para automóveis e empresas situadas às margens da BR-324;
- uso residencial: todas as áreas com fins residenciais;
- uso não-urbano: área fora da mancha urbana.

Dos mapas vetoriais de uso do solo, foram gerados mapas matriciais com pixel de tamanho 5m x 5m. A resolução adotada gerou uma grade de 5.400 linhas e 5.200 colunas. Essa resolução é adequada, pois permite um desempenho computacional relativamente bom e rápido e evita presença de serrilhados grosseiros nos limites entre as classes, que podem causar distorções consideráveis no cômputo das áreas. A Figura 15 apresenta o fluxograma desta primeira parte da metodologia.

Figura 15: Fluxograma 1- Elaboração de mapas de expansão da mancha e mapas de uso do solo

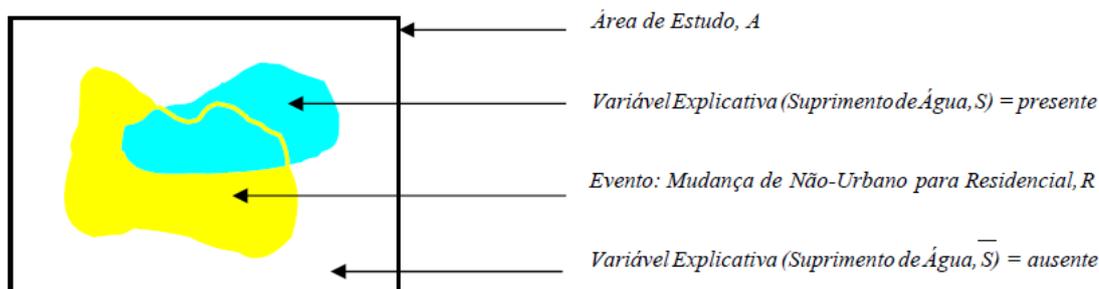


## 4.2 MÉTODO DE PESOS DE EVIDÊNCIA

O método de pesos de evidência possibilita analisar a importância de cada variável em todas as transições de uso. Este é um método bayesiano, baseado na teoria da probabilidade condicional.

Almeida (2004) cita que este teorema concerne a propensão para se detectar um certo evento, que pode ser no presente caso uma dada categoria de mudança do uso (p.ex. uso não-urbano para residencial), posto que uma evidência (p.ex. suprimento de água), também chamada variável explicativa, já ocorreu (Figura 16).

Figura 16: Esquema ilustrativo do método de pesos de evidência



Fonte: Almeida (2004)

Bonham-Carter (1994), apresenta algumas vantagens do método:

- “Objetividade, que impede a escolha subjetiva de fatores de ponderação;
- a possibilidade de combinação de múltiplos mapas de evidências em um modelo de fácil adaptação a linguagens computacionais;
- a incorporação ao modelo de mapas de entrada com dados incompletos;
- a possibilidade de aplicação de mapas multiclasse, onde cada fatia é tratada como uma evidência presente (ou razão de probabilidade);
- a modelagem de incertezas devido a variações nos pesos e dados incompletos”.

E desvantagens:

- “a combinação de mapas de entrada assume que os mesmos são condicionalmente independentes entre si. O teste para independência condicional só é possível quando o método for aplicado de maneira orientada aos dados, dado que ele requer a tabulação cruzada entre pares de mapas de evidência.
- a limitação da aplicação do modelo aos casos em que a variável resposta (evento) é bem conhecida”.

O peso de evidência é representado por  $W$ , que vem do inglês “*weight*”, e pode ser positivo ( $W+$ ) ou negativo ( $W-$ ). Valores positivos favorecem determinada transição, enquanto valores negativos indicam baixa probabilidade de transição. Um par de pesos,  $W+$  e  $W-$ , é calculado para cada evidência, em função respectivamente de sua presença e ausência. Este cálculo é realizado através da aplicação de razões de probabilidade, que descrevem como provavelmente uma alteração na classe irá ocorrer no caso de a evidência estar presente ou ausente, conforme as Equações 1 e 2.

$$W^+ = \log_e \left\{ \frac{P(B | D)}{P(B | \bar{D})} \right\}$$

$$W^- = \log_e \left\{ \frac{P(\bar{B} | D)}{P(\bar{B} | \bar{D})} \right\}$$

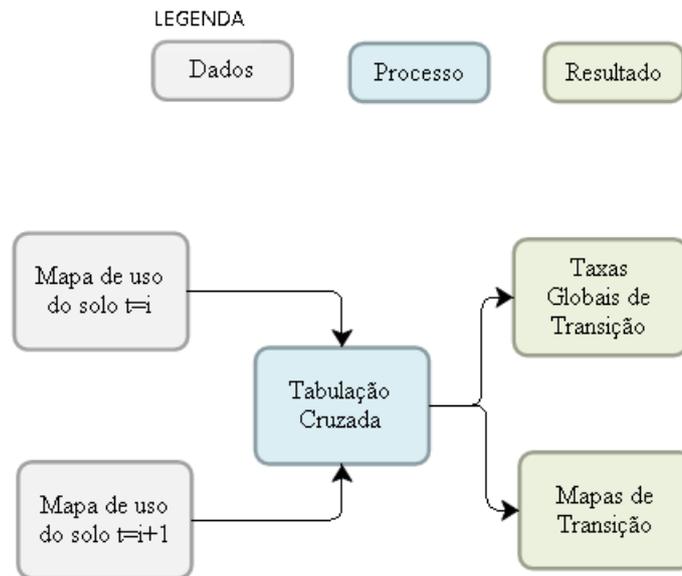
em que  $\log_e$  é o logaritmo natural,  $P$  é a probabilidade,  $B$  e  $\bar{B}$  são a presença ou ausência, respectivamente, da evidência preditiva, e  $D$  e  $\bar{D}$  representam, respectivamente, a presença ou ausência da transição de classe de cobertura ou uso do solo (DELANEZE et.al., 2013).

#### 4.3 ESTIMATIVA DAS TAXAS GLOBAIS DE TRANSIÇÃO E SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

A tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo nos limiares inicial e final dos intervalos de tempo estudados permitiu identificar as transições ocorridas no período e

forneceu a estimativa de probabilidades globais de transição, taxas em termos percentuais, que expressam a probabilidade de mudança, além do mapa de transição geral (Fluxograma 2).

Figura 17: Fluxograma 2 – Cálculo de taxas globais de transição e elaboração de mapas de transição

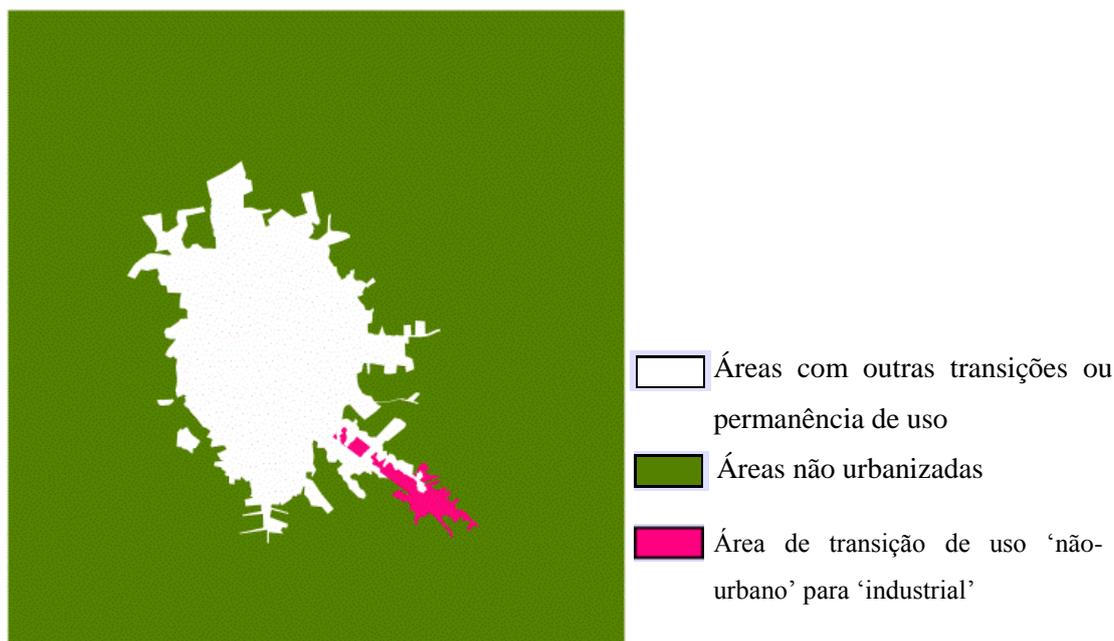


Para cada transição, é necessário definir o conjunto de variáveis influenciadoras. Para isso, cada mudança deve ser estudada isoladamente e, então, mapas de cada transição deverão ser elaborados. Estes foram criados através de reclassificação dos mapas de transição geral. A Figura 18 mostra um exemplo de mapa de transição do uso ‘não-urbano’ para ‘industrial’.

Finalmente, para a definição das variáveis influenciadoras, é necessário fazer uma superposição entre os mapas de distância (*buffer* de variável) com cada mapa de transição.

A seleção das variáveis para a análise de modelagem deve considerar a avaliação da independência entre pares de variáveis explicativas. Isso, porque os pesos de evidências necessitam que os mapas de entrada sejam espacialmente independentes.

Figura 18: Exemplo de mapa de transição entre uso não urbano e industrial entre 2000 e 2010



Foi aplicado o teste de Cramer ( $V$ ) que utiliza a estatística do qui-quadrado ( $X^2$ ) aplicado em pares de variáveis para estimar o grau de dependência entre elas. Estes testes fornecem uma medida padronizada que varia entre 0 (zero) e 1 (um), sendo que quanto mais próximo de 1, maior a associação entre as variáveis, e vice-versa. Em pares de variáveis que obtiverem valores acima de 0,50, deve ser escolhida uma variável e eliminá-la, considerando Bonham-Carter, 1994 (apud DELANEZE, 2013):

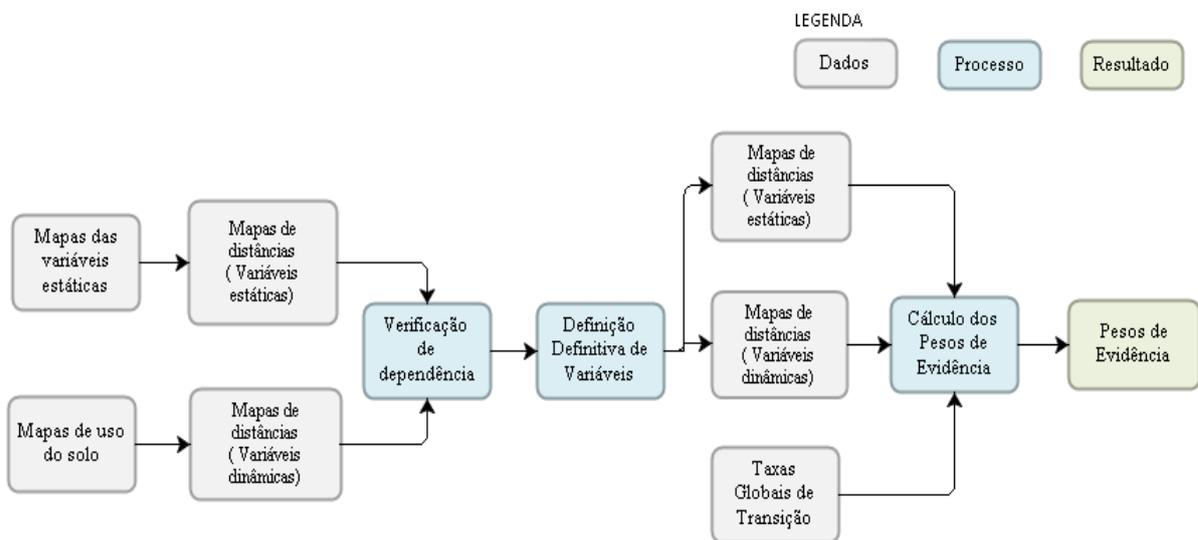
- 1) a variável a ser eliminada deve ser aquela que apresenta menor potencial explicativo para o fenômeno de mudança de cobertura da terra, isto é, aquela que é menos correlacionada com o evento.
- 2) quando ambas as variáveis são importantes para modelar o fenômeno, ambas podem ser combinadas em um único *layer*, através de uma operação booleana. Assim, não há perda de informação. (BONHAM-CARTER, 1994)

#### 4.4 CÁLCULO DOS PESOS DE EVIDÊNCIA E SIMULAÇÕES

A partir da verificação de independência entre variáveis, os pesos de evidência são calculados (Fluxograma 3) e estes permitirão a geração dos mapas de probabilidade para todas

as diferentes mudanças de uso do solo no período em questão. Esses mapas têm a característica de permitir a detecção das áreas de mudanças nos correspondentes mapas de transição de uso, pois quando o modelo está bem calibrado, mostram exatamente as áreas que possuem as mais altas probabilidades de transição. E com estes mapas, é possível definir os parâmetros internos do DINAMICA que produzem os melhores resultados de simulação.

Figura 19: Fluxograma 3 - Definição de variáveis e cálculo dos pesos positivos de evidência



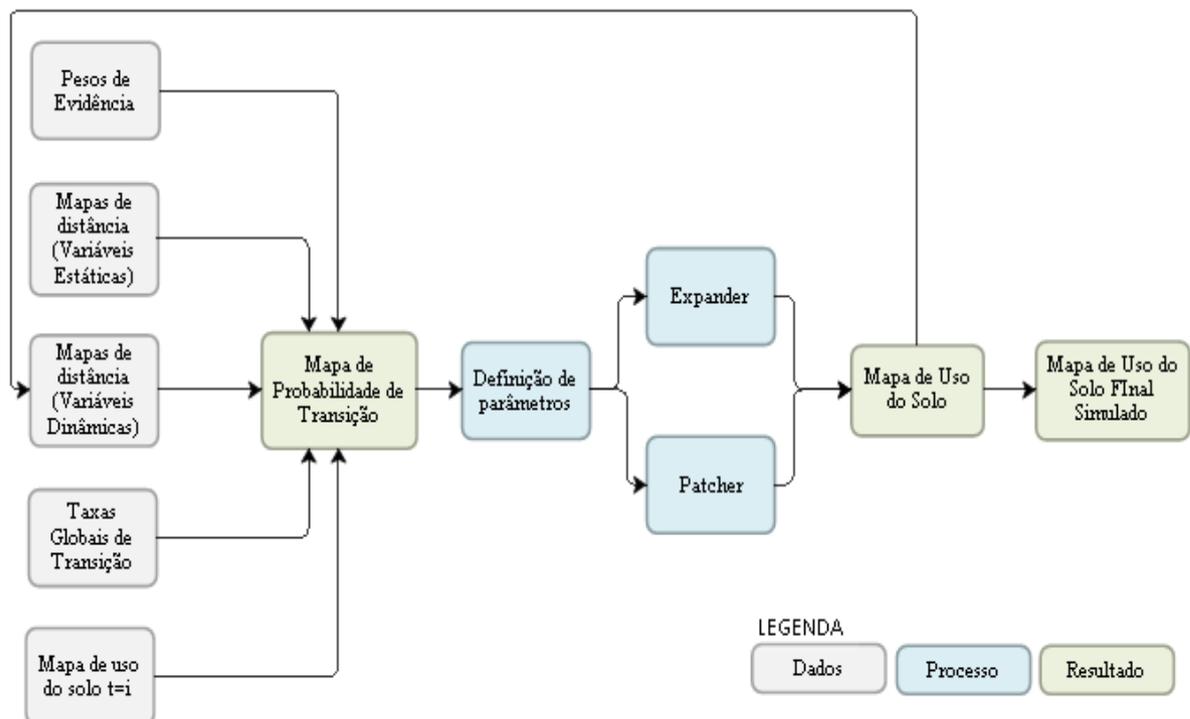
O DINAMICA é um modelo de CA baseado em vizinhança de Moore (ou oito células), implementado através de algoritmos de alocação do uso do solo. Os parâmetros de entrada para a modelagem no DINAMICA são:

- um arquivo contendo os valores dos pesos positivos de evidência;
- as probabilidades globais de transição para cada transição de uso do solo identificada no período de simulação considerado;
- parâmetros internos (tamanho médio e variância de manchas para cada transição);
- a proporção dos algoritmos de transição ou alocação (‘função expander’ e ‘função patcher’);
- o índice de isometria.

Há dois algoritmos de transição, também chamados de *functors*: *expander* e *patcher*. A função *expander* responde pela expansão de áreas próximas a manchas previamente existentes de uma certa classe de uso do solo, enquanto a função *patcher*, gera novas manchas através de um mecanismo de constituição de sementes (SOARES-FILHO et al., 2002). Em suma, a função *expander* executa transições de um estado  $i$  para um estado  $j$  apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado  $j$ . E a função *patcher* realiza transições de um estado  $i$  para um estado  $j$  apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado diferente de  $j$ .

Soares-Filho et al. (2002) afirmam que ambos os algoritmos adotam um mecanismo estocástico de seleção. O algoritmo aplicado consiste no escaneamento do mapa de uso do solo inicial para identificar as células com valores de probabilidade mais elevados e dispô-las em um vetor de dados. Seguindo este procedimento, as células desse vetor são selecionadas aleatoriamente em sentido descendente (o mecanismo estocástico de seleção interna pode ser suavizado ou realçado, dependendo do grau de aleatoriedade desejada). Em um estágio final, o mapa de uso do solo é novamente escaneado para se executar as transições selecionadas e gerar finalmente, o mapa de uso do solo simulado (Fluxograma 4).

Figura 20: Fluxograma 4 – Geração do mapa de uso do solo final simulado



Um dos principais resultados deste processo é a identificação do exato papel das variáveis biofísicas e socioeconômicas na configuração da forma urbana. A intenção, então, é o entendimento da interação dinâmica entre esses fatores para a elaboração de possíveis cenários de organização do uso do solo no curto e médio prazo.

#### 4.5 VALIDAÇÃO

O modelo foi validado, e isso pode ser feito através de métodos que operam sobre um contexto de vizinhança de pixels, objetivando identificar a similaridade de padrões espaciais entre uma simulação e o respectivo mapa de referência.

Testes de validação podem ser entendidos como procedimentos para se verificar se os modelos refletem ou não a realidade no grau desejado (BATTY, 1976). O DINAMICA possibilita calcular o índice *fuzzy* de similaridade entre dois mapas (HAGEN, 2002) e dessa forma o modelo será validado. Os mapas a serem comparados são os chamados mapas-diferença, resultantes, por um lado, da subtração entre o mapa final real e o mapa inicial, e, por outro lado, entre o mapa final simulado e o mapa inicial.

Para testes estatísticos de validação espacial de modelos dinâmicos de uso, Costanza (1989) apresenta também o “Método de *Goodness of Fit*”, por meio de resoluções múltiplas, que pode ser aplicado a uma variedade de resoluções espaciais através da mudança de tamanho de janelas de amostragem. Dessa forma, não são analisados pixels, e sim, áreas de tamanhos pré-definidos, e este método também será utilizado para validação dos resultados neste trabalho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSOES

Nesta seção, serão apresentados os resultados para as simulações de mudanças de uso do solo ao longo da série multitemporal de 2000 a 2018, assim como as simulações de prognósticos para o curto e médio prazo, respectivamente 2020 e 2022. Todos os procedimentos metodológicos feitos para gerar todos os resultados apresentados nesta seção já foram antes descritos.

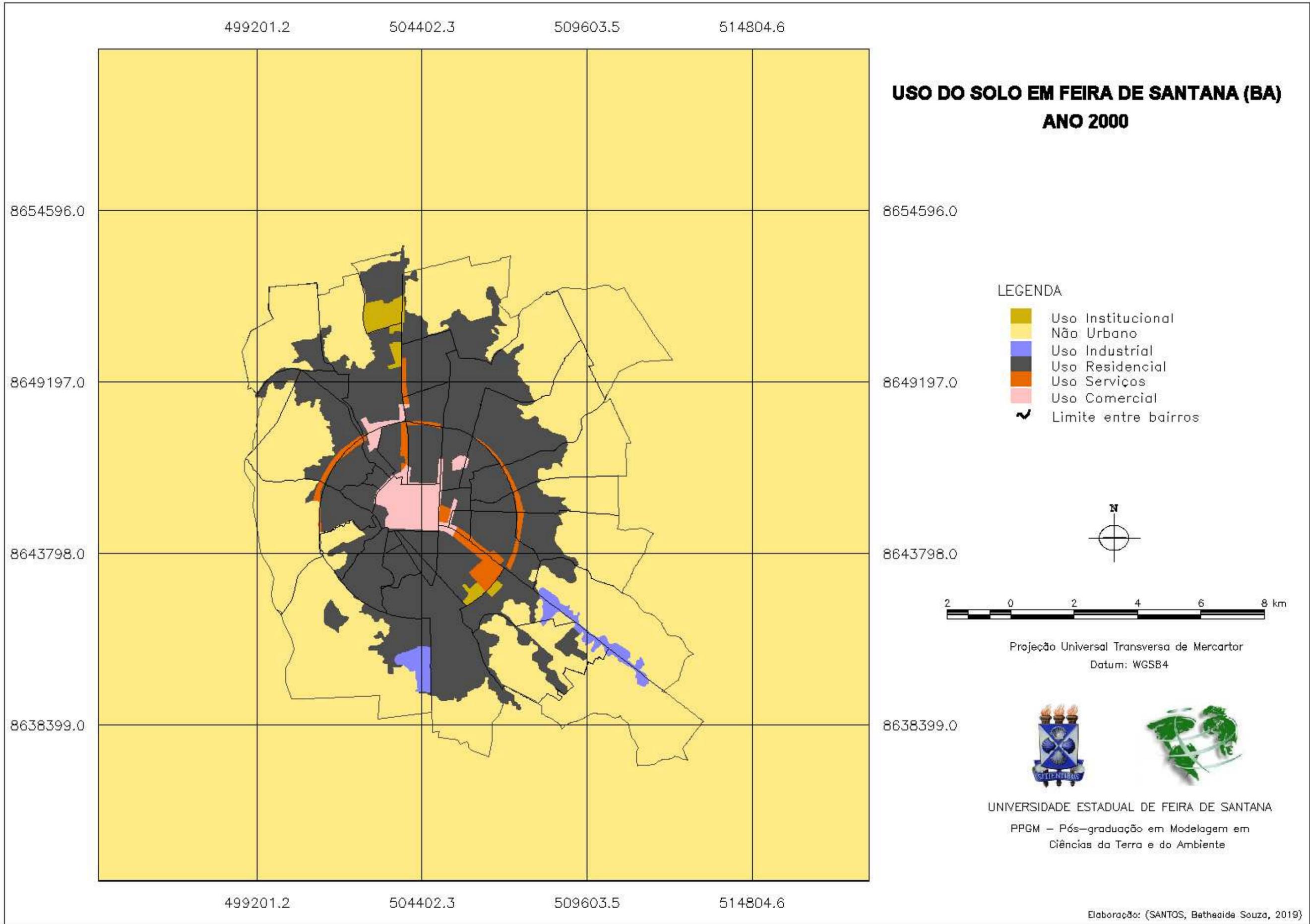
### 5.1 USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA

Os mapas de uso do solo de Feira de Santana para os anos 2000, 2010 e 2018 são apresentados nas Figuras 21, 22 e 23. Estes mapas foram elaborados a partir da vetorização da mancha urbana, fotointerpretação de fotografias aéreas e classificação.

Inicialmente, pensou-se em definir ‘lazer/recreação’ como uma classe de uso, porém as áreas para este fim são tão pequenas que perdem representatividade no mapeamento. Isso diz muito sobre o ritmo de vida das pessoas e do lugar e justifica o fato de serem lançados tantos condomínios fechados com espaços de lazer próprios, tornando a vida cada vez mais privativa e os indivíduos cada vez mais isolados. A paisagem da cidade sempre reflete muito da cultura e dos hábitos de um lugar.

A análise mais primária destes mapas possibilita perceber uma forte e tradicional centralização comercial, marca característica de Feira de Santana desde sempre. Esse centro comercial praticamente não mudou suas características, preservando ainda edificações históricas e usos tradicionais de edifícios públicos.

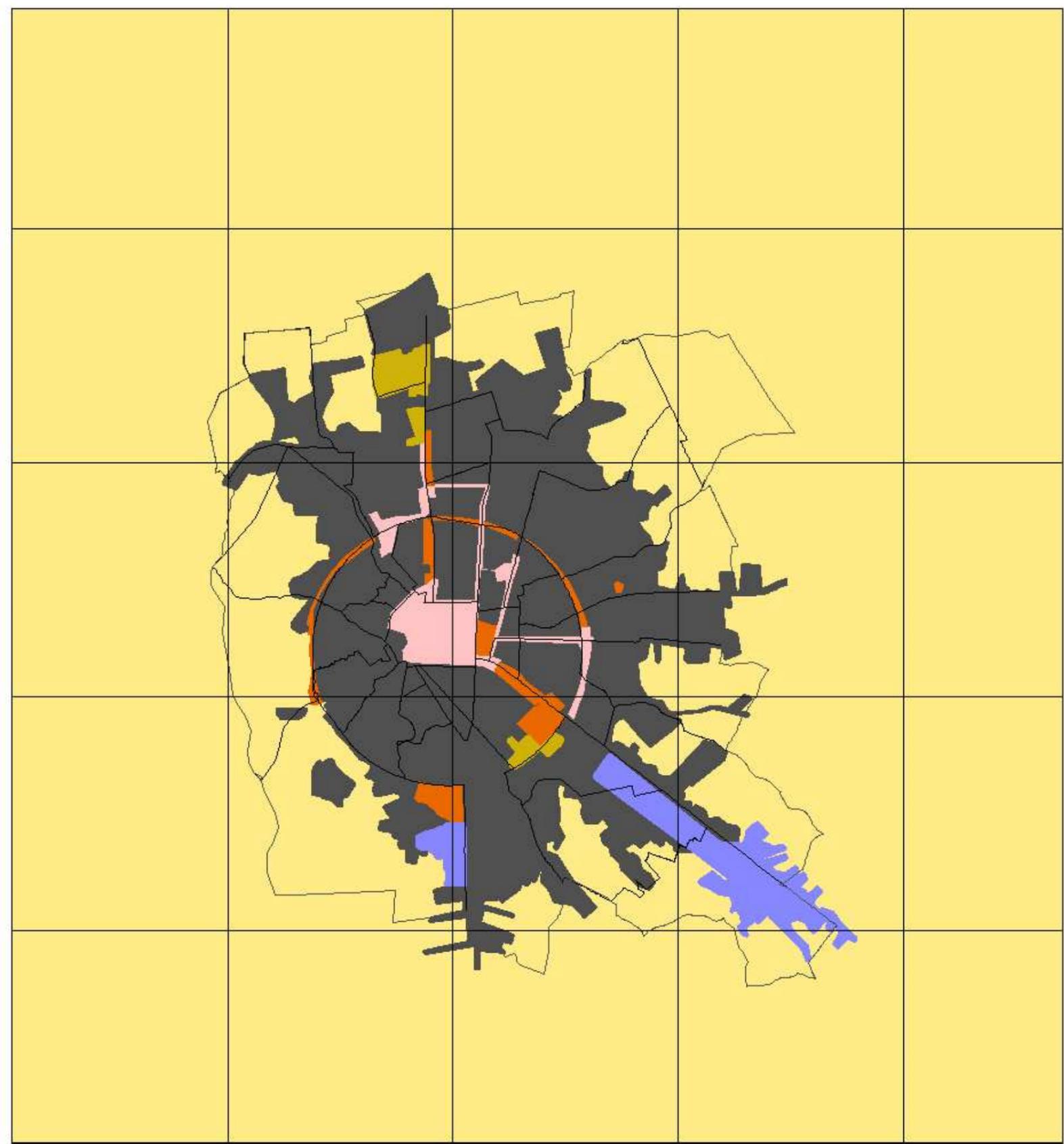
Considerou-se a expansão das margens da BR 324 (que liga Feira de Santana à capital do estado, Salvador) como setor industrial, com a presença forte de indústrias, pelo fato de estarem afastadas das zonas residenciais e por terem sua logística de transportação facilitada pela proximidade à BR.



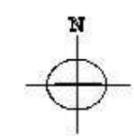
499201.2      504402.3      509603.5      514804.6

8654596.0  
8649197.0  
8643798.0  
8638399.0

### USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA (BA) ANO 2010



- LEGENDA
- Uso Institucional
  - Não Urbano
  - Uso Industrial
  - Uso Residencial
  - Uso Serviços
  - Uso Comercial
  - Limite entre bairros



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em  
Ciências da Terra e do Ambiente

499201.2      504402.3      509603.5      514804.6

499201.2

504402.3

509603.5

514804.6

# USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA (BA) ANO 2018

8654596.0

8654596.0

8649197.0

8649197.0

8643798.0

8643798.0

8638399.0

8638399.0

499201.2

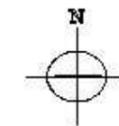
504402.3

509603.5

514804.6

## LEGENDA

-  Uso Institucional
-  Não Urbano
-  Uso Industrial
-  Uso Residencial
-  Uso Serviços
-  Uso Comercial
-  Limite entre bairros



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em  
Ciências da Terra e do Ambiente

A Tabela 6 apresenta as áreas de medidas de classe para cada uso em termos absolutos e relativos para 2000, 2010 e 2018:

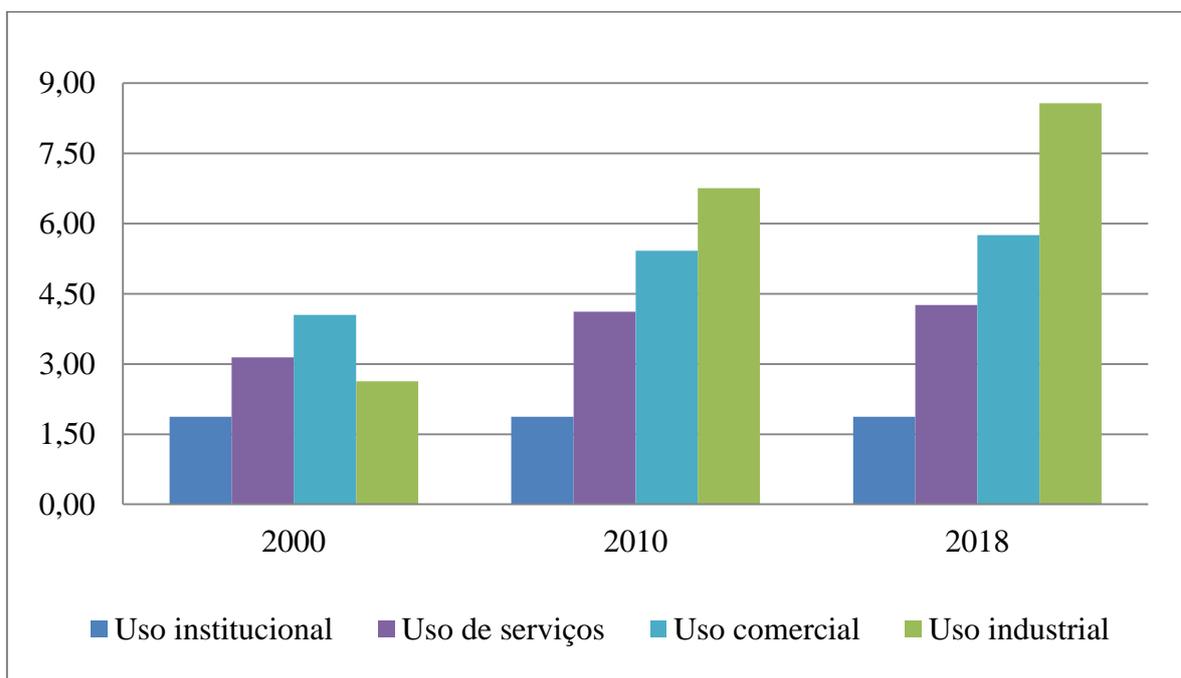
Tabela 6: Evolução de áreas de classes de uso do solo em Feira de Santana entre 2000 e 2018

Uso	2000		2010		2018	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Uso_comercial	4,051	5,309%	5,423	5,545%	5,757	4,417%
Uso_serviços	3,141	4,116%	4,120	4,212%	4,261	3,270%
Uso_residencial	64,611	84,675%	79,628	81,418%	109,870	84,300%
Uso_industrial	2,628	3,444%	6,756	6,908%	8,571	6,576%
Uso_institucional	1,874	2,456%	1,874	1,916%	1,873	1,437%
<b>TOTAL</b>	<b>76,305</b>	<b>100%</b>	<b>97,801</b>	<b>100%</b>	<b>130,332</b>	<b>100%</b>

Fonte: própria autora

Mais uma vez, será feita uma análise através de elementos gráficos para melhor interpretação visual das informações citadas na Tabela. Isso pode ser possível através da observação analítica do Gráfico 5.

Gráfico 5: Evolução de áreas de classes de uso do solo em km<sup>2</sup> em Feira de Santana (2000-2010-2018)



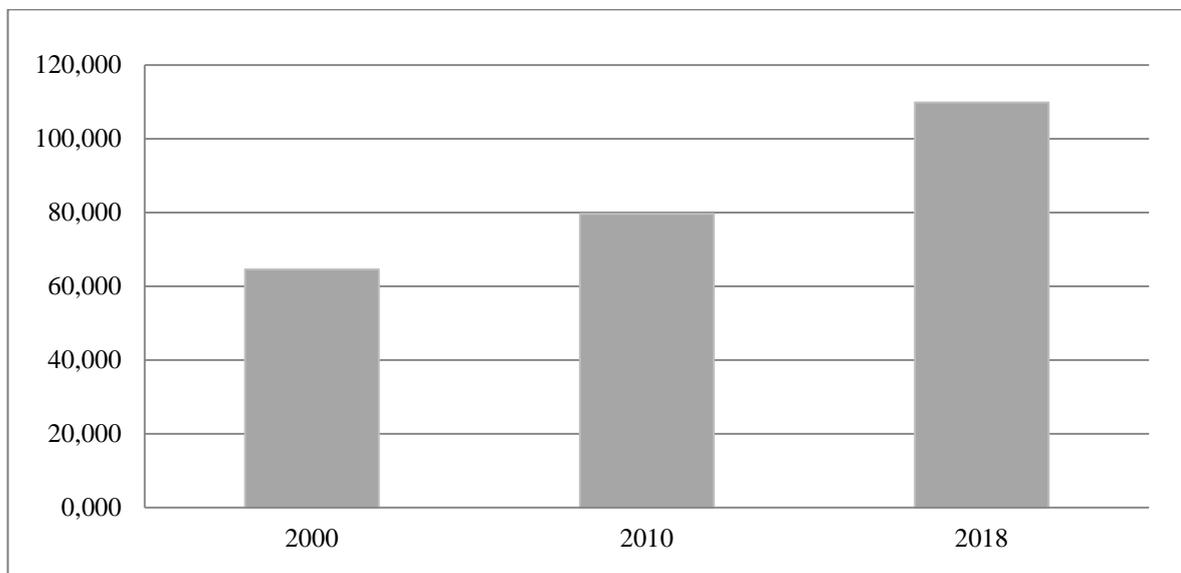
Fonte: própria autora

As áreas institucionais centrais são pouco representativas, pois grande parte delas está dentro do centro comercial, tais como Prefeitura, Câmara de Vereadores etc. Estas áreas, então, são mais caracterizadas como uso comercial e foram, portanto, assim classificadas. Áreas de usos comercial e de serviços surgem isoladamente à medida que as áreas residenciais se adensam gerando demanda para viabilização econômica de comércio e serviços em geral (ALMEIDA, 2004). Isso aconteceu na Avenida Fraga Maia entre 2000 e 2010, na Rua São Domingos e tende a acontecer em pontos próximos às Avenida Artêmia Pires e Nóide Cerqueira, vias que promovem acelerada expansão residencial nas suas proximidades. Por essa razão, se observa muito nitidamente o surgimento de corredores comerciais, próximos às importantes vias.

O mesmo se percebe com o setor de serviços, que tem grande presença próximo ao Anel de Contorno. Há um relativo crescimento das áreas de uso industrial ao longo do tempo de estudo, que se expandem majoritariamente pela BR 324.

O uso residencial é preponderante e tem área muito maior que os outros e, por consequência disso, foi representado em separado, no Gráfico 6.

Gráfico 6: Evolução de áreas de uso residencial km<sup>2</sup> em Feira de Santana  
(2000-2010-2018)



Fonte: própria autora

As áreas residenciais são visivelmente crescentes e bastante representativas no estudo de mudança de uso do solo e através da análise dos dados geográficos utilizados nesta pesquisa, é possível concluir que essa expansão se dá, principalmente, através de condomínios fechados. Esta é uma tendência dos tempos atuais e se reproduz em várias partes do mundo e independe de fronteiras culturais. Segundo Caldeira (2000), para as classes média e alta, a criação de uma residência é mediada por anúncios publicitários e pela indústria imobiliária e da construção. Nos últimos tempos, esses anúncios elaboraram o que chamam de “um novo conceito de moradia” e o transformaram no tipo mais desejável de residência. Esse “novo conceito de moradia” articula cinco elementos básicos: segurança, isolamento, homogeneidade social, equipamentos e serviços. Entretanto, a tendência a morar em condomínios fechados abrange os mais diversos estratos sociais das diferentes classes: desde projetos governamentais de habitação até enclaves urbanos na forma de minicidades.

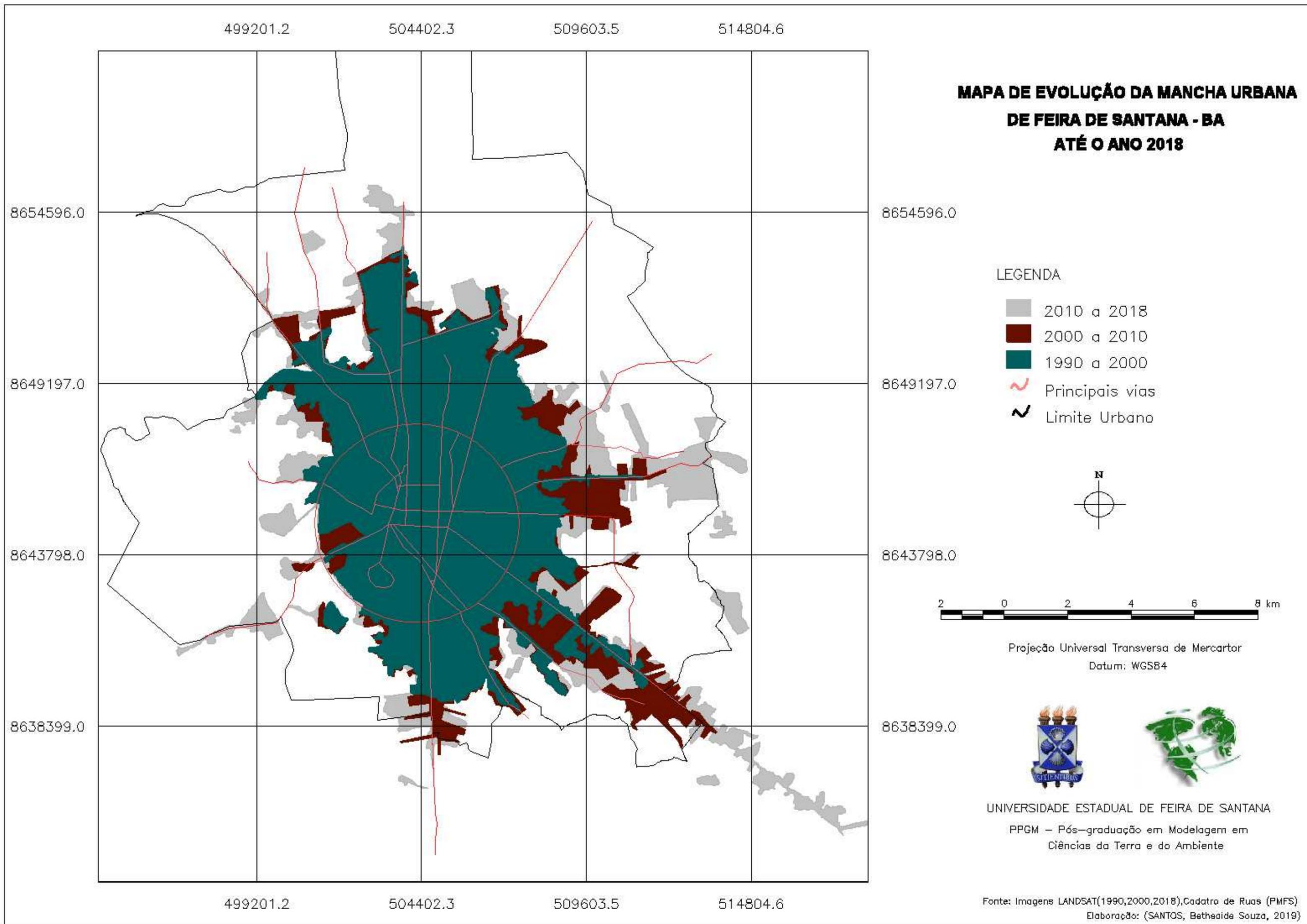
## 5.2 EXPANSÃO DA MANCHA URBANA

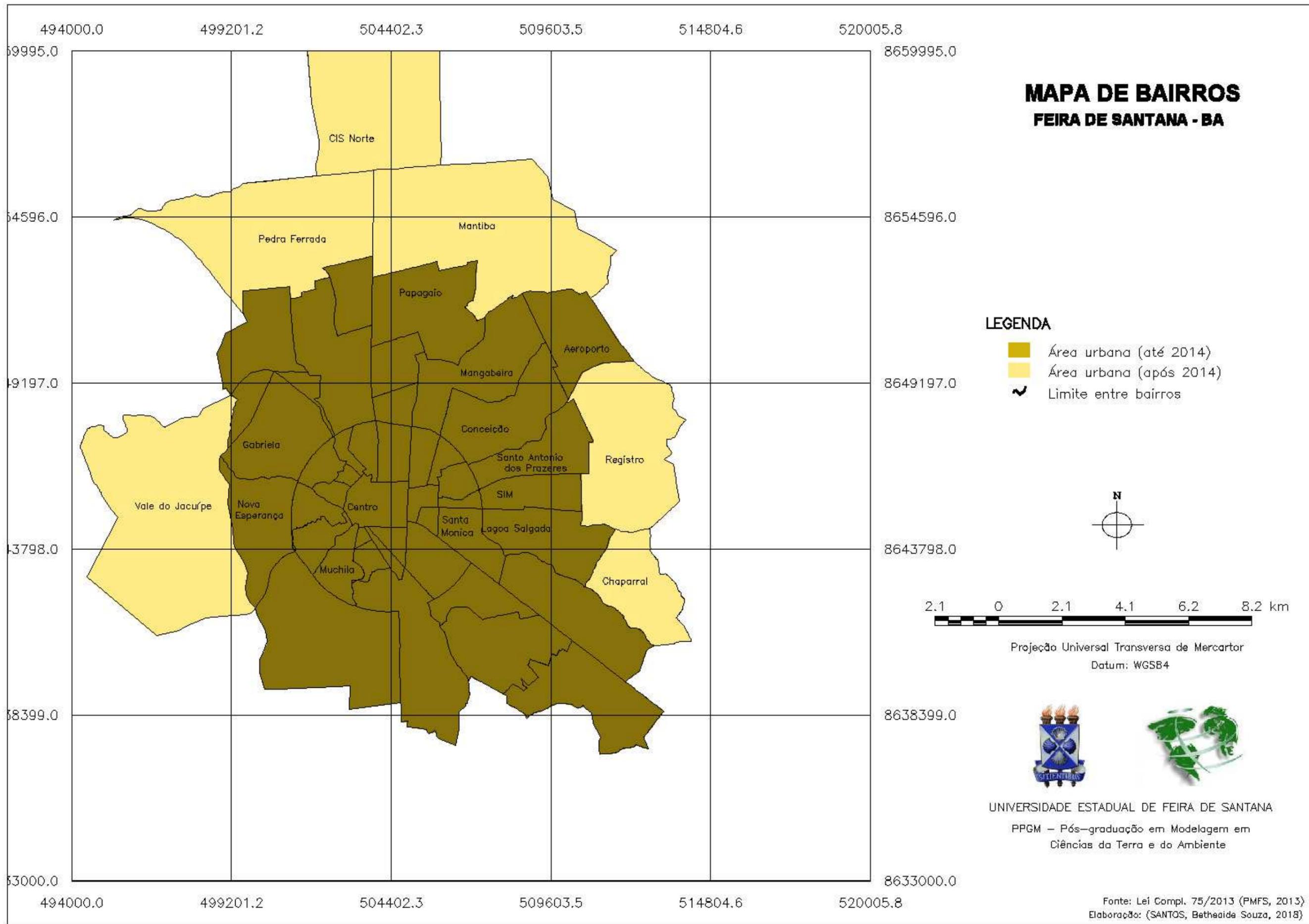
O crescimento da mancha urbana de Feira de Santana entre os anos 2000 e 2018, apresentado na Figura 24, mostra claramente vetores de expansão muito bem definidos. É

interessante esse tipo de registro, uma vez que permite constatar a história do espaço e ao mesmo tempo, admirar a complexidade e o dinamismo da forma urbana. Vê-se o centro comercial onde a cidade surgiu, que até hoje se configura como tal. A mancha expandiu-se em torno dele, não somente no que se refere a superfície, mas também é um relevante centro de geração e circulação de capital.

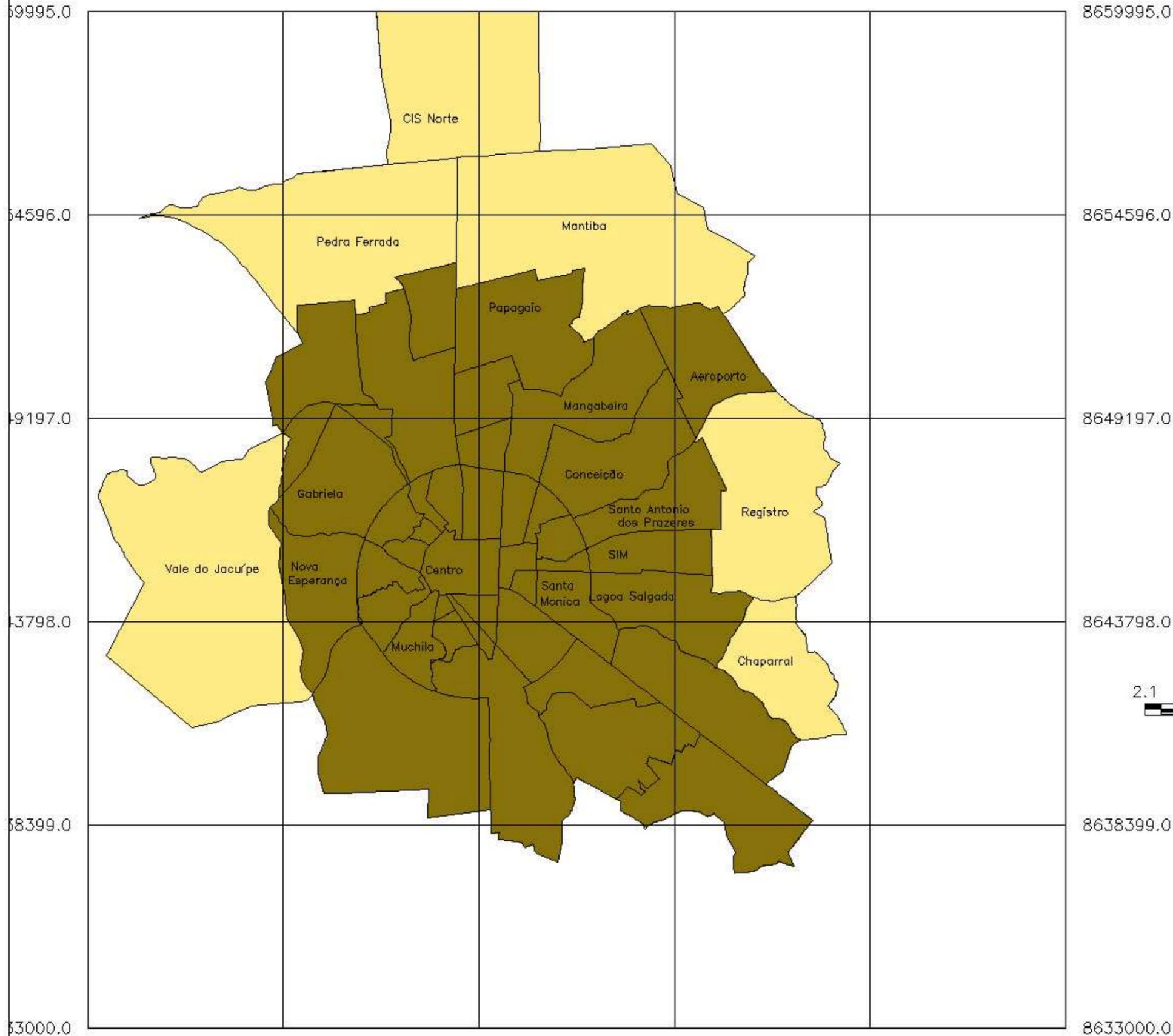
Entre os anos 2000 e 2018, intensifica-se bastante a expansão nos quadrantes Nordeste e Sudeste e a Avenida Artêmia Pires já está completamente inserida na mancha urbana. Nesse período, já surge um vetor de expansão a noroeste, com aglomerações isoladas, caracterizando um provável futuro espalhamento da mancha para esta direção. Surge um novo vetor de expansão importante: a Avenida Noide Cerqueira, prolongamento da Avenida Getúlio Vargas, com conexão com a BR 324. Ainda é evidente a histórica expansão a Norte e Leste.

A expansão nessas direções se faz mais legítima com a ampliação do perímetro urbano, através da Lei Complementar nº 75, de junho de 2013 (PMFS, 2013), que decreta a delimitação de seis novos bairros no distrito Sede. Esta ampliação é mostrada na Figura 25.





494000.0      499201.2      504402.3      509603.5      514804.6      520005.8

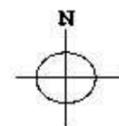


494000.0      499201.2      504402.3      509603.5      514804.6      520005.8

**MAPA DE BAIROS**  
**FEIRA DE SANTANA - BA**

**LEGENDA**

- Área urbana (até 2014)
- Área urbana (após 2014)
- Limite entre bairros



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

Fonte: Lei Compl. 75/2013 (PMFS, 2013)  
Elaboração: (SANTOS, Betheida Souza, 2018)

Como bem se percebe com as duas figuras anteriores, o limite urbano a leste já está quase transposto pela mancha urbana e, a essa altura, já cabe planejamento de nova ampliação deste limite. Muito para além disso, é necessário planejar infraestrutura para esta futura região a ser ocupada. A utilização do Anel de Contorno para os acessos passa a ser um fator de problematização, uma vez que os limiões da mancha urbana já se afasta bastante dele. É necessário pensar de imediato, então, em uma descentralização e oferta de serviços, comércios e empregos em novos centros, através de zoneamento efetivamente induzido pelos Planos Municipais. Nota-se também uma tentativa de estimular a expansão urbana a norte e oeste, com a criação de novos bairros nessas direções. E nesse ponto, é bastante discutível o real papel da Gestão Pública frente às forças do Mercado Imobiliário, que notoriamente tem sido maior impulsionador na direção da expansão de Feira de Santana.

### 5.3 PERÍODO DE SIMULAÇÃO: 2000 a 2010

A análise exploratória dos resultados já se inicia a partir da identificação dos tipos de mudança de uso do solo existentes nos períodos considerados. A tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo nos anos extremos (2000 e 2010) fornece essa informação, além da quantificação das mudanças em termos percentuais, ou seja, as taxas globais de transição (Tabela 7). Essas taxas expressam a probabilidade de mudança em toda a área, independente da influência de variáveis. Esta informação é uma importante resposta neste modelo à pergunta: Quanto muda? (ALMEIDA, 2018)

Tabela 7: Matriz de probabilidades globais de transição: 2000 - 2010

		USO EM 2010					
		Comércio	Serviços	Residencial	Institucional	Industrial	Não urbano
USO EM 2000	Comércio	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	11,37%	88,63%	0%	0%	0%	0%
	Residencial	1,57%	1,68%	96,75%	0%	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	100%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	0%	100%	0%
	Não urbano	0%	0,04%	2,70%	0,77%	0%	96,49%

Através dessa matriz, são identificadas as seguintes transições de uso no período:

- uso de serviços para comércio;
- uso residencial para comércio;
- uso residencial para serviços;
- não urbano para uso de serviços;
- não urbano para uso residencial;
- não urbano para uso institucional.

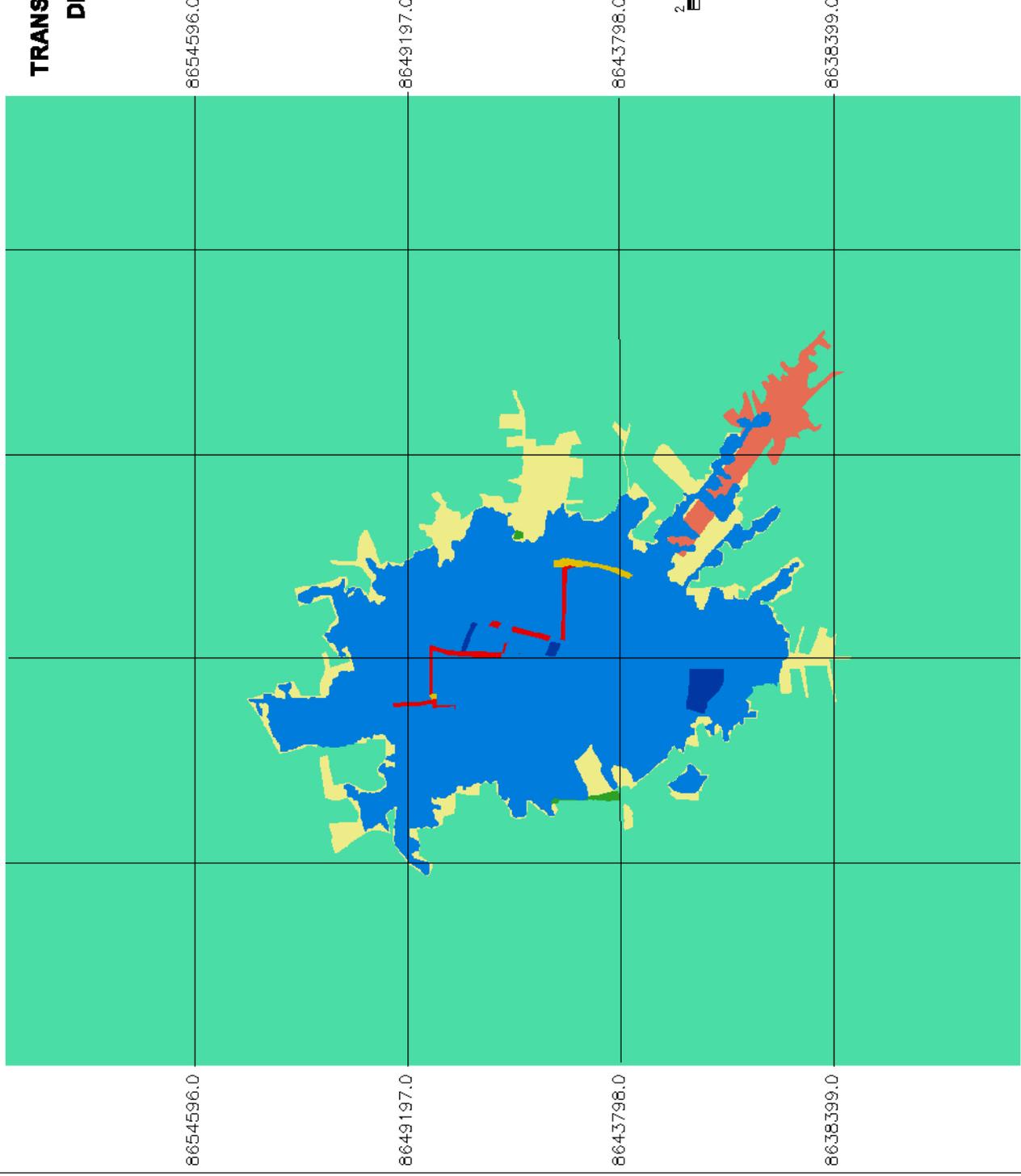
As transições mais relevantes são a de serviços pra comercio (11,37%) e não-urbano para residencial (2,7%). É possível concluir que o aumento de áreas comerciais é dado pelas transições de áreas residenciais (2,57%) e de serviços.

Foram identificadas também algumas áreas de não mudança: institucionais, industriais e comerciais. Isso quer dizer que áreas que tinham esses usos em 2000 permaneceram como tal em 2010.

É relevante também espacializar estas transições, e é isso que mostra o mapa de Ttransição (Figura 26).

Após a identificação das mudanças, faz-se a seleção das variáveis explicativas de cada tipo de transição. É evidente que a cidade é viva e, muitas vezes, as dinâmicas de uso do solo são imprevisíveis, sujeitas a forças repentinas e inesperadas, porém, existe um conjunto de variáveis que tem grande significância nestas transições e estas guiaram o experimento de modelagem trazido por esta pesquisa (ALMEIDA, 2004). Este modelo, como qualquer outro, apresenta limitações, principalmente pelo fato de se propor a modelar um fenômeno tão complexo.

# TRANSIÇÕES DE USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA ENTRE 2000 E 2010



8654596.0

8649197.0

8643798.0

8638399.0

514804.6

509603.5

504402.3

499201.2

514804.6

509603.5

504402.3

499201.2

## LEGENDA

- Permanência de Usos
- Não Urbano
- Não Urbano para Residencial
- Não Urbano para Industrial
- Uso Residencial para Serviços
- Uso Residencial para Comercio
- Não Urbano para Serviços
- Uso de Serviços para Comércio



Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PPGM – Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

Nesta pesquisa, foi definido um conjunto de variáveis que, associadas, podem descrever, em parte, o fenômeno da urbanização em Feira de Santana. As variáveis estáticas usadas para descrever o fenômeno neste período foram: distância a vias externas ao anel viário em 2000, distância a vias internas ao anel viário, distância a condomínios construídos entre 1995 e 2000 e distâncias ao anel viário.

As variáveis que se apresentam como distância a algum tipo de uso de solo são consideradas como variáveis dinâmicas e elas passam por processo iterativo de atualização na própria modelagem.

Para cada tipo de mudança, foi elaborado um mapa de transição para que fosse possível, através da superposição de imagens (com os mapas de distância), determinar o conjunto de variáveis influenciadoras de cada mudança (Tabela 8).

Tabela 8: Variáveis selecionadas para as transições: 2000 a 2010

Tipo	ID	Descrição	Transição					
			Serviços a Comércio	Residencial a Comercial	Residencial a Serviços	Não Urbano a Serviços	Não Urbano a Residencial	Não Urbano a Industrial
Dinâmicas	D1	áreas de uso comercial	•	•				
	D2	áreas de serviços		•		•		
	D3	áreas de uso residencial					•	
	D4	áreas de uso industrial			•			•
Estáticas	E1	anel viário	•		•	•	•	
	E2	condomínios construídos entre 1995 e 2000	•	•				
	E3	vias internas ao anel		•				
	E4	vias externas ao anel			•		•	•

Para prosseguir com a modelagem, é necessário verificar se há independência entre as variáveis. Caso haja, será necessário descartar da análise. Para esta verificação, foi analisado o Índice de Cramer e JIU, que são mostrados na Tabela 9. Como nenhum dos pares de variáveis

teve, para os dois índices, associação maior que 0,5, então nenhuma das variáveis pre-selecionadas foi descartada.

Tabela 9: Índice de associação espacial entre variáveis

<b>Transição</b>	<b>Variável 1</b>	<b>Variável 2</b>	<b>Índice de Cramer</b>	<b>JIU</b>
Serviços a Comércio	D1	E1	0,184	0,116
	D1	E2	0,113	0,014
	E1	E2	0,077	0,008
Residencial a Comercial	D1	D2	0,316	0,540
	D1	E2	0,128	0,014
	D1	E3	0,399	0,174
	D2	E2	0,135	0,018
	D2	E3	0,294	0,135
	E2	E3	0,098	0,011
Residencial a Serviços	D4	E1	0,094	0,017
	D4	E4	0,113	0,012
	E1	E4	0,072	0,008
Não Urbano a Serviços	D2	E1	0,349	0,030
Não Urbano a Residencial	D3	E1	0,192	0,022
	D3	E4	0,095	0,008
	E1	E4	0,072	0,008
Não Urbano a Industrial	D4	E4	0,152	0,015

Através da modelagem no DINAMICA EGO, os pesos de evidências são calculados e mostrados na Tabela 10. Os gráficos dos pesos de evidência da transição ‘não-urbano para residencial’, a mais relevante no período, são citados nos Apêndices deste texto.

Tabela 10: Pesos de evidência positivos para as variáveis independentes (2000-2010)

Transição	Variável	Faixas de distância					
		1	2	3	4	5	6
Serviços a Comércio	zonas comerciais	-	-	-	-	2,52	4,08
	anel viário	-	1,02	-	-	-	-
	condomínios (1995 e 2000)	1,98	0,85	-	-	-	-
Residencial a Comercial	zonas comerciais	1,89	1,42	1,07	0,76	0,42	0,66
	zonas de serviço	1,38	1,04	0,68	0,48	0,54	0,80
	vias internas ao anel	-	1,96	-	-	-	-
	condomínios (1995 e 2000)	0,89	0,56	-	-	-	-
Residencial a Serviços	zonas industriais	1,85	1,42	-	-	-	-
	vias externas ao anel	-	0,02	0,06	0,11	-	-
	anel viário	-	2,66	0,96	0,97	0,68	-
Não Urbano a Serviços	zonas de serviço	8,58	6,59	5,10	3,42	-	-
	anel viário	-	6,64	-	-	-	-
Não Urbano a Residencial	zonas residenciais	5,20	3,62	2,99	2,62	2,32	2,11
	vias externas ao anel	0,63	0,12	-	-	-	-
	anel viário	-	1,19	2,91	2,71	2,49	-
Não Urbano a Industrial	zonas industriais	5,59	3,85	2,06	2,12	2,19	2,14
	vias externas ao anel	0,33	0,10	-	-	-	-

Com os pesos e os mapas de evidência, foram calculadas as probabilidades (mapas) de transição para todos os tipos de mudanças existentes no período analisado.

Com os primeiros mapas simulados de uso, os mapas de transição individuais e com a análise das manchas que compõem as mudanças que efetivamente ocorreram, é possível definir os melhores parâmetros internos da modelagem (Tabela 11), ou seja, aqueles que resultam nas melhores simulações.

Tabela 11: Parâmetros internos para a simulação dinâmica (2000-2010)

Transições de uso	Tamanho Médio das Manchas (ha)	Variância do tamanho (ha)	Proporção do 'Expander'	Proporção do 'Patcher'	Índice de isometria
Serviços a Comércio	50	20	0,30	0,70	2,00
Residencial a Comercial	50	20	0,10	0,90	1,00
Residencial a Serviços	20	10	0,30	0,70	1,00
Não Urbano a Serviços	50	20	0,13	0,87	3,00
Não Urbano a Residencial	150	50	0,10	0,90	3,00
Não Urbano a Industrial	150	200	0,00	1,00	5,00

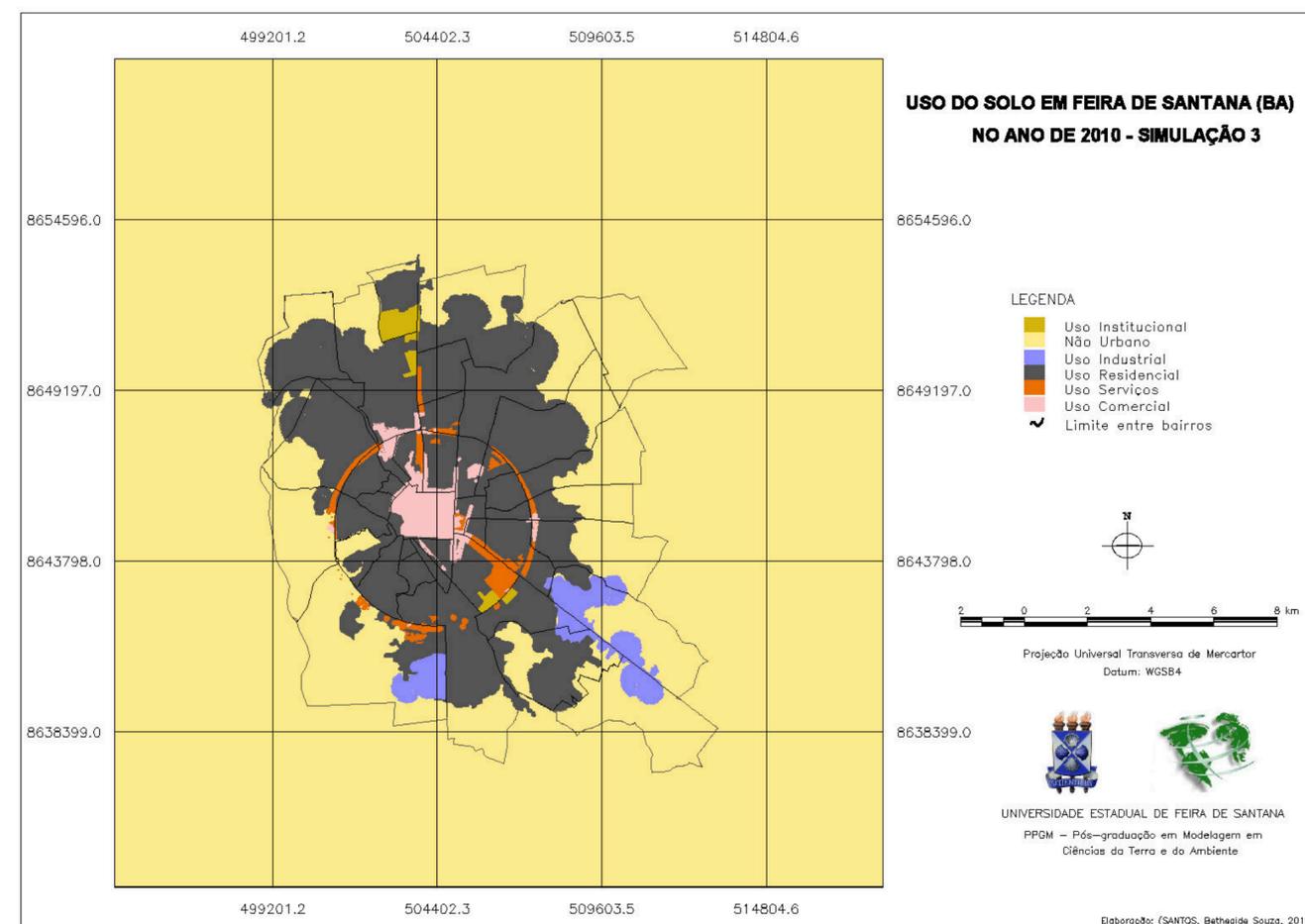
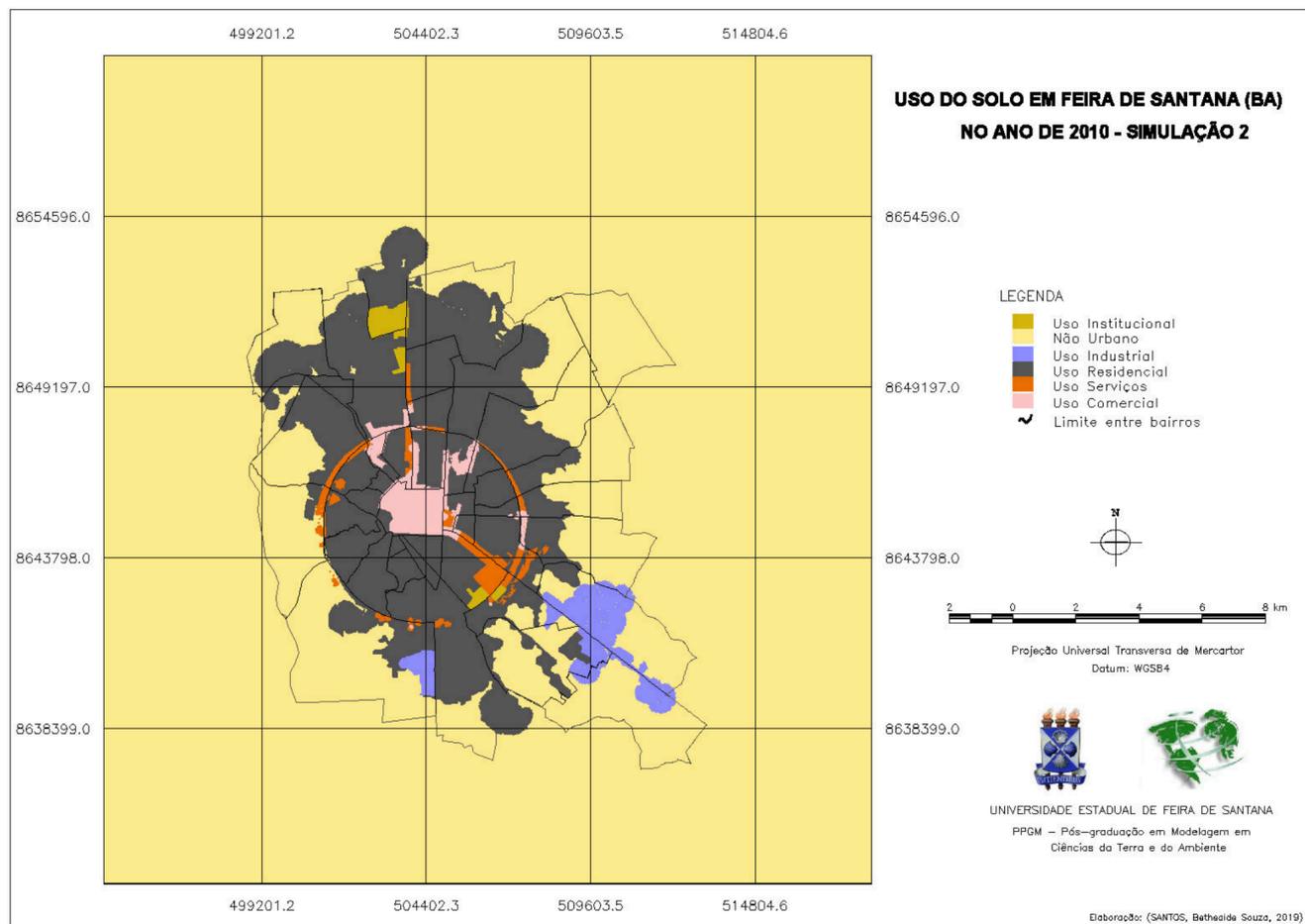
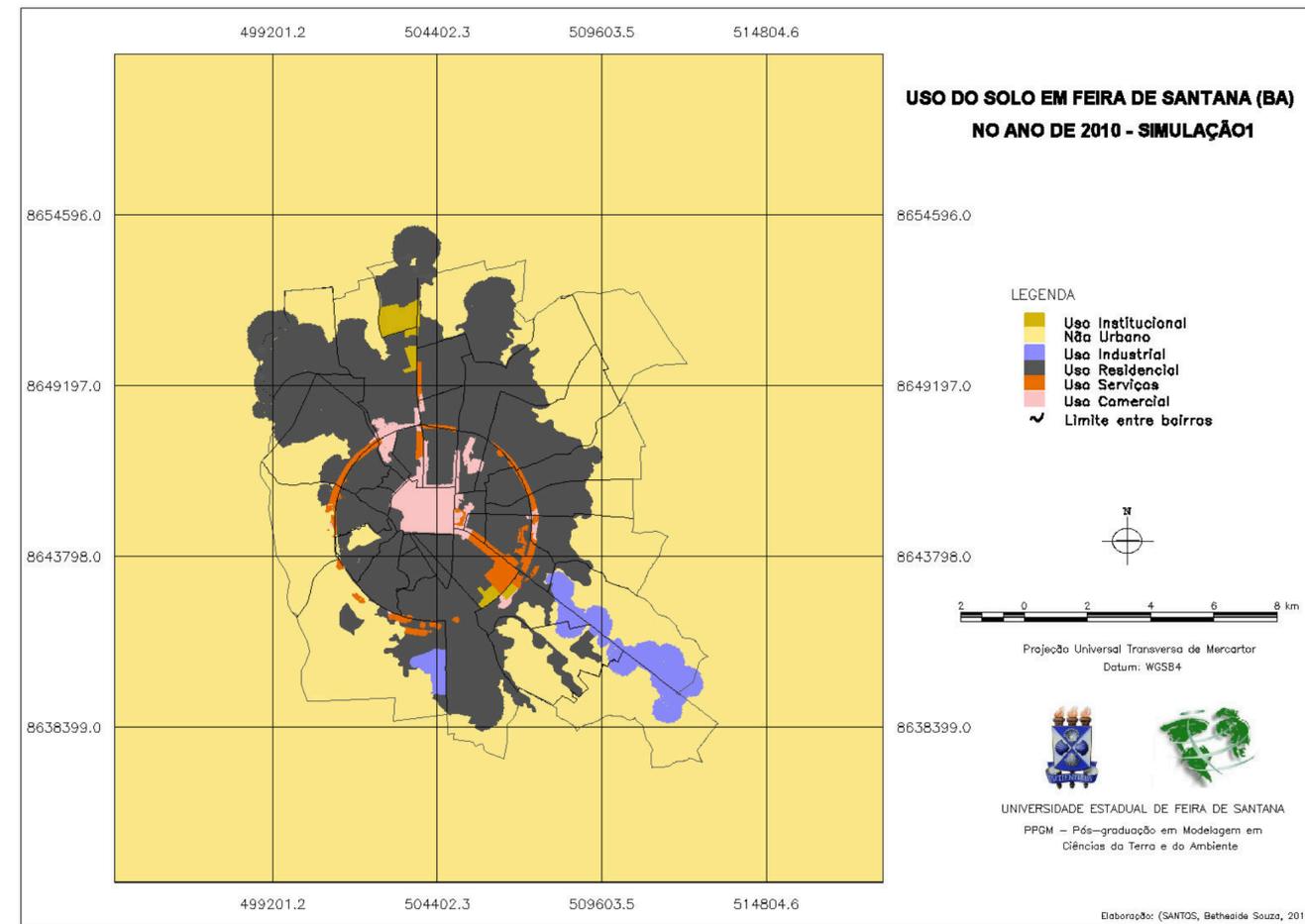
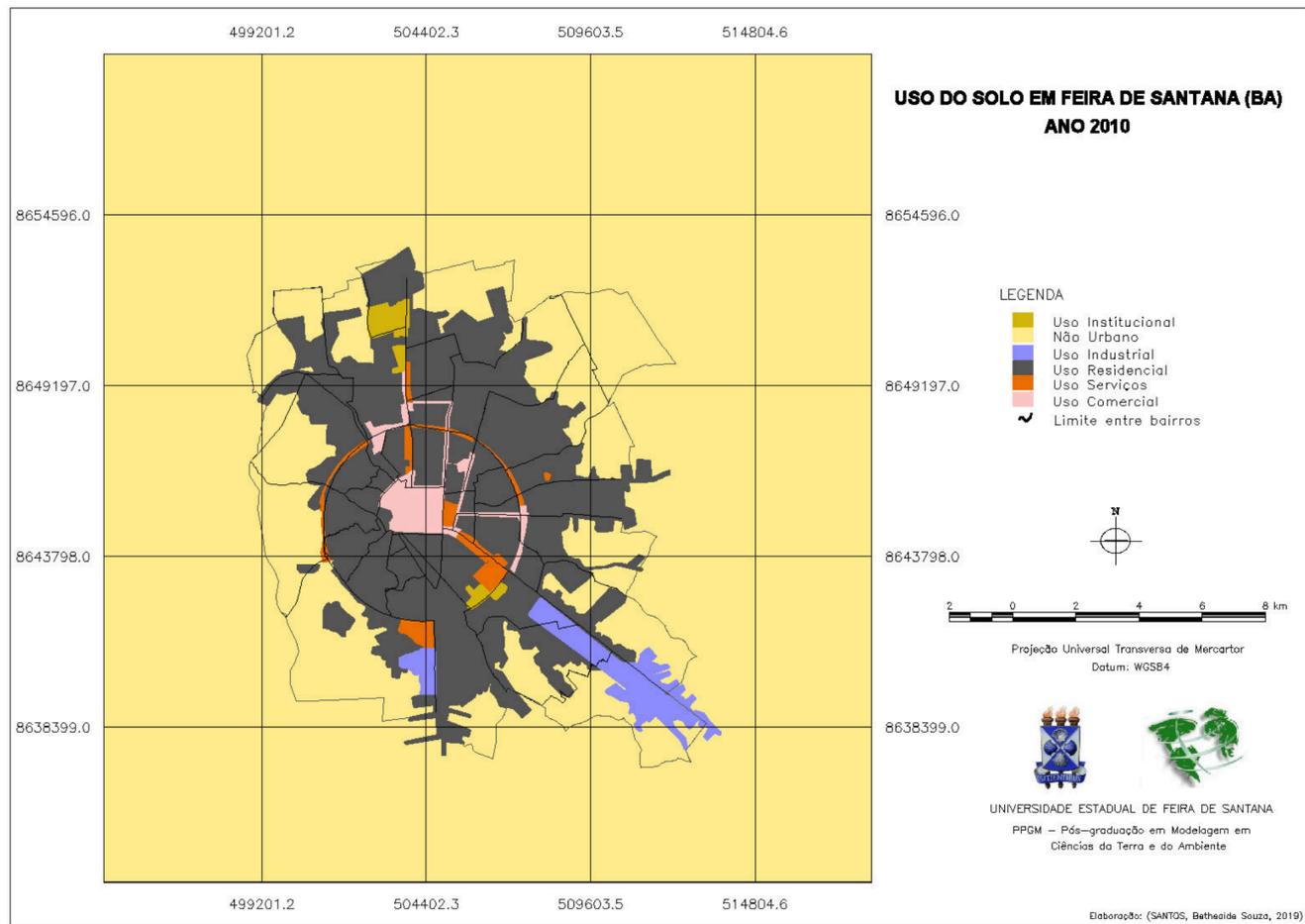
A maior parte das mudanças foi efetivada através de patcher, ou seja, áreas sem dependência espacial de proximidade às áreas previamente existentes, em detrimento do surgimento de áreas por expansão.

### 5.3.1 Análise de mudanças

Finalmente, os objetivos desta pesquisa serão materializados através de análise de resultados. Nesse tópico, será analisado o exato papel de cada variável em todas as transições ocorridas no período.

Dada a aleatoriedade dos algoritmos internos do DINAMICA, mesmo que os parâmetros sejam os mesmos, duas simulações nunca serão iguais. Foram então feitas três simulações de mudança de uso do solo (Figura 27) com os parâmetros constantes citados na Tabela 11.

O processo de calibração evidencia a coerência estatística da simulação, o que permite, através dos parâmetros utilizados nesta modelagem, algumas conclusões sobre o peso de cada variável em cada transição ocorrida em Feira de Santana no período de 2000-2010.



A probabilidade de áreas de serviços se transformarem em áreas de comércio tem estreita relação com a presença de novos condomínios, e isto se justifica pelo fato de que áreas comerciais geralmente suprem as necessidades básicas dos moradores destes empreendimentos, que tendem a buscar praticidade, no estilo de viver dos dias atuais. Por outro lado, são áreas de potencial retorno de investimento para os comerciantes e comerciários, pelos mesmos motivos expostos antes. Essa transição também tem relativa relação com a distância ao anel de contorno.

A transição das zonas residenciais para zonas de comércio tem grande probabilidade de ocorrer em áreas próximas a zonas de serviço e já consolidadas como comerciais. Isso, porque áreas comerciais tendem a ser bastante valorizadas para aluguel de imóveis para lojistas e afins, e desta forma, então, antigos moradores saem de suas casas próximas a estas áreas, vendendo ou até alugando suas antigas propriedades. Zonas residenciais, assim como as zonas de serviço, também tendem a se tornar comerciais pelo mesmo motivo: proximidade a condomínios fechados.

Quanto à transição ‘residencial-serviço’, há duas grandes forçantes: distância a zonas industriais e distância ao anel de contorno. Este tem uma estreita relação com as zonas de serviços, principalmente serviços automotivos e pequenas fábricas, pois é responsável por garantir o fluxo de grande parte de caminhões, automóveis, produtos e matérias-primas, distribuindo-os pelas BAs e BRs que convergem pra cidade. Há uma nova área de serviço que não surge por espontâneo, próxima ao CIS, compreendendo um dos terminais do SITIENS (Sistema Integrado de Transportes), instalado na cidade em 2005, e isso contribui para um alto peso de evidência da variável ‘proximidade a indústrias’ nesta transição.

Da mesma forma, a transição ‘não urbano-serviço’ tem uma grande probabilidade de ocorrer próximo a zonas de serviços e relativa proximidade ao anel de Contorno, pelos motivos já expostos, que explicam a transição anterior.

Para a transição de áreas não urbanas para industriais, dois fatores são determinantes: distância a zonas já anteriormente consolidadas como industriais e vias fora do Anel de Contorno. A relação com essa segunda variável se justifica pelo fato de que praticamente todas as áreas internas e próximas ao Anel de Contorno já estão dentro da mancha urbana, portanto as vias que por aí passam não estão mais em áreas consideradas como não urbanas.

A maior e mais relevante transição em termos de proporção de área em relação às outras é ‘uso não urbano–residencial’. Para que esta ocorresse, perceberam-se três fatores determinantes: distância ao Anel de Contorno, a vias foras dele e distância a zonas

residenciais já consolidadas. É evidente pensar que os novos empreendimentos imobiliários tendem a ser lançados em áreas de infraestrutura já consolidada, vias pavimentadas e relativamente próximas a áreas já urbanizadas. Também percebe-se, curiosamente, que novas zonas residenciais entre 2000 e 2010 não têm probabilidade de surgir próximas a condomínios construídos entre 1995 e 2000. Isto pode ser explicado pelo fato de que estes condomínios mais antigos são localizados dentro do anel, próximos a áreas densas em comércio, serviços e áreas residenciais já saturadas, livres de vazios urbanos. A partir dos anos 2000, os condomínios começaram a ser construídos em áreas mais afastadas e distantes, por dois principais motivos: (1) diante de tantos programas de incentivo à construção de moradias populares, financiadas pelo Governo Federal e executadas a baixo custo pelos construtores, sempre maximizando lucros, muitos destes empreendimentos foram construídos em áreas pouco valorizadas, com valor da terra mais baixo; (2) com um maciço esforço de incorporadoras imobiliárias com a venda de uma possibilidade de ‘viver em paz’, com mais tranquilidade e menos barulho, distante do centros barulhentos da cidade, muitos empreendimentos foram lançados em áreas mais afastadas. Alguns destes, inclusive valorizando a ideia de ‘viver no campo’, o “rurbano” na tentativa de vender mais através da proposta de um novo ‘estilo de vida’.

Por esse motivo também é que os condomínios lançados mais recentemente contam com diversos equipamentos de lazer e recreação, o que vai mudando e ditando, paulatinamente, o estilo de vida do lugar, fazendo as pessoas estarem cada vez mais trancadas em suas casas, dentro dos altos muros de um condomínio fechado. Isso também justifica o fato de existirem pouquíssimas áreas de lazer em Feira de Santana, zonas estas que, de tão exíguas que são, nem foram consideradas na modelagem proposta por este estudo.

### 5.3.2 Validação

Foi feita a validação do modelo através do cálculo do Índice de Similaridade *Fuzzy* adaptado (Tabela 13) e do Método de “*Goodness of Fit*”, por meio de Resoluções Múltiplas (Tabela 12) para as três simulações. Foram consideradas janelas de tamanho 3, 5 e 7.

Tabela 12: Validação pelo Método de “*Goodness of Fit*” por meio de Múltiplas Resoluções (2000-2010)

Simulação	Similaridade
S1	0,9490
S2	0,9512
S3	0,9520

Tabela 13: Validação pelo Índice de Similaridade *Fuzzy* adaptado com decaimento exponencial (2000-2010)

Tamanho da Janela	Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3	
	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima
3	0,291	0,309	0,254	0,272	0,293	0,313
5	0,296	0,319	0,258	0,283	0,297	0,323
7	0,301	0,328	0,261	0,293	0,301	0,332

#### 5.4 PERÍODO DE SIMULAÇÃO: 2010 a 2018

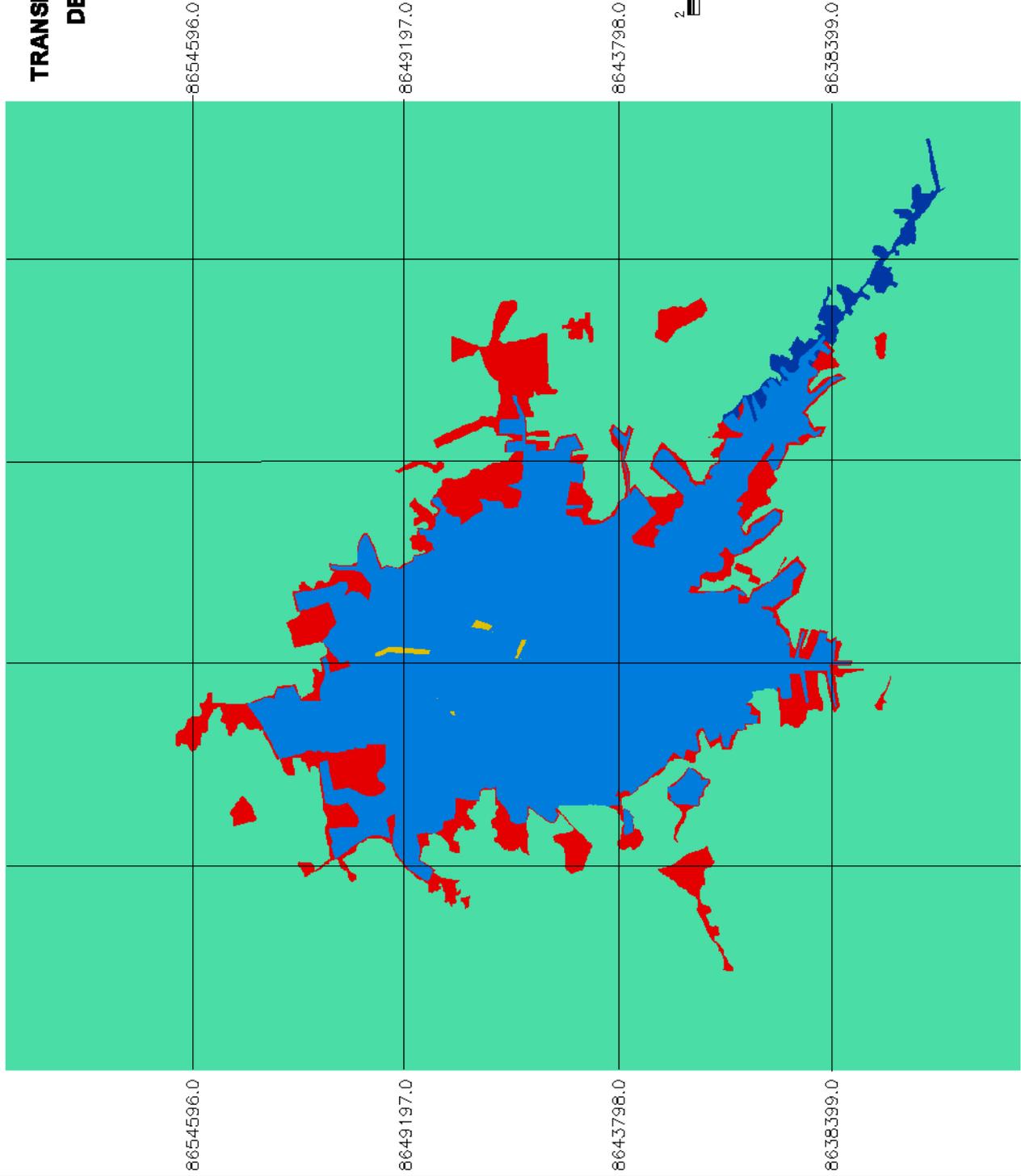
Os tipos de mudança de uso do solo existentes entre 2010 e 2018 foram também identificados e são: áreas residenciais para comerciais, não urbanas para industriais e residenciais. As taxas globais de transição deste período são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14: Matriz de probabilidades globais de transição: 2010-2018

		USO DO SOLO EM 2018					Não urbano
		Comercial	Serviços	Residencial	Industrial	Institucional	
USO DO SOLO EM 2010	Uso do Solo						
	Comercial	100,00%	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	0%	100,00%	0%	0%	0%	0%
	Residencial	0,42%	0%	99,58%	0%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	100,00%	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	0%	100,00%	0%
	Não urbano	0%	0%	4,93%	0,57%	0%	94,50%

Com estas taxas de transição, é possível constatar, uma vez mais, a transição mais relevante: áreas não urbanas para áreas residenciais. A Figura 28 é resultante da tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo nos limiares extremos de tempo do período analisado em questão, que consiste no modelo global de transição.

# TRANSIÇÕES DE USO DO SOLO EM FEIRA DE SANTANA ENTRE 2010 E 2018



## LEGENDA

- Permanência de Usos
- Não Urbano
- Uso Residencial para Industrial
- Não Urbano para Uso Residencial
- Uso Residencial para Comercial



Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum: WGS84



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
 PPGM – Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

499201.2 504402.3 509603.5 514804.6

8654596.0

8649197.0

8643798.0

8638399.0

Através do mesmo procedimento já citado para o período de análise anterior, chegou-se à seleção do conjunto de variáveis influenciadoras de cada mudança (Tabela 15). As variáveis estáticas usadas para descrever o fenômeno neste período foram: distância a vias externas ao anel viário em 2010, distância a vias internas ao anel viário, distância a condomínios construídos entre 2005 e 2010 e distâncias ao anel viário.

Tabela 15: Variáveis selecionadas para as transições: 2010 a 2018

Tipo	ID	Descrição	Transições		
			Residencial a Comercial	Não Urbano a Residencial	Não Urbano a Industrial
Dinâmicas	D1	áreas de uso comercial	●		
	D2	áreas de serviços			
	D3	áreas de uso residencial		●	
	D4	áreas de uso industrial			●
Estáticas	E1	anel viário		●	
	E3	vias internas ao anel			
	E4	vias externas ao anel	●	●	●
	E5	condomínios construídos entre 2005 e 2010		●	

O cálculo do Índice de Cramer permitiu concluir que as variáveis são independentes (Tabela 16) e, portanto, nenhuma delas foi desconsiderada na modelagem.

Tabela 16: Índices de associação espacial entre variáveis

<b>Transição</b>	<b>Variável 1</b>	<b>Variável 2</b>	<b>Índice de Cramer</b>	<b>JIU</b>
Residencial a Comercial	D1	E4	0,241	0,107
Não Urbano a Residencial	D3	E4	0,254	0,059
	E1	E5	0,110	0,050
	E1	E4	0,095	0,031
	E4	E5	0,143	0,061
Não Urbano a Industrial	D4	E4	0,146	0,017

Todas estas informações já são suficientes para o cálculo dos pesos de evidências, que são mostrados na Tabela 17. Este índice indica o peso da evidência (variável explicativa) na ocorrência do evento (transição de uso). Os gráficos dos pesos de evidência da transição ‘não-urbano para residencial’, a mais relevante no período, são citados nos Apêndices deste texto.

Tabela 17: Pesos de evidência positivos para as variáveis independentes: 2010 - 2018

Transição	Variável	Faixas de distância					
		1	2	3	4	5	6
Residencial a Comercial	zonas comerciais	2,037	1,510	1,157	0,798	1,326	0,422
	vias externas ao anel	-	1,755	-	-	-	-
Não Urbano a Residencial	zonas residenciais	5,417	3,334	2,591	2,210	1,995	1,793
	anel viário	-	1,810	1,262	1,410	1,391	-
	condomínios (2000 a 2010)	-	6,403	3,685	2,958	2,715	-
	vias externas ao anel	-	2,386	2,065	1,954	1,837	-
Não Urbano a Industrial	zonas industriais	6,68	4,73	3,8627	3,5814	2,7704	1,9780
	vias externas ao anel	-	-	0,685	0,765	1,000	-

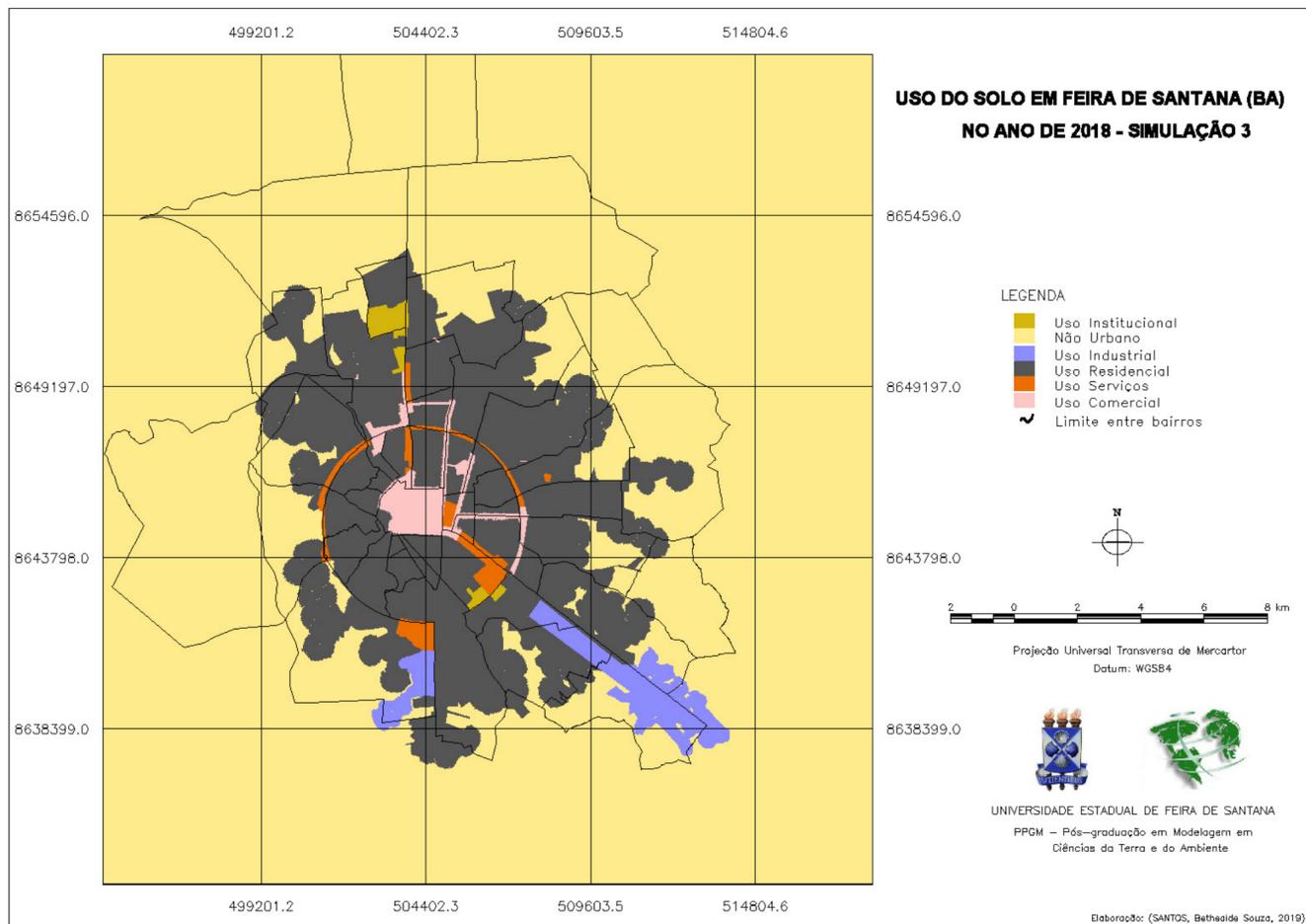
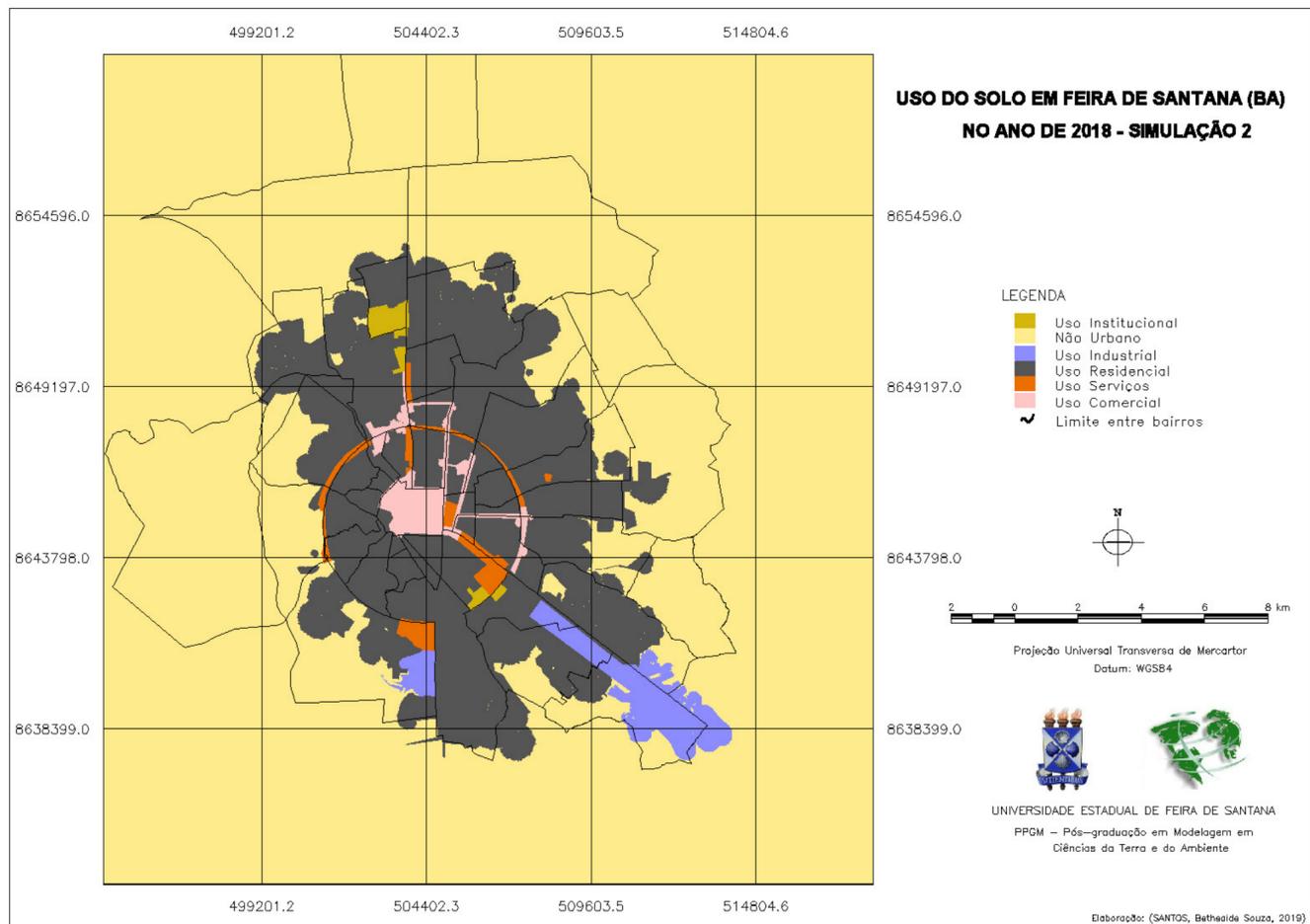
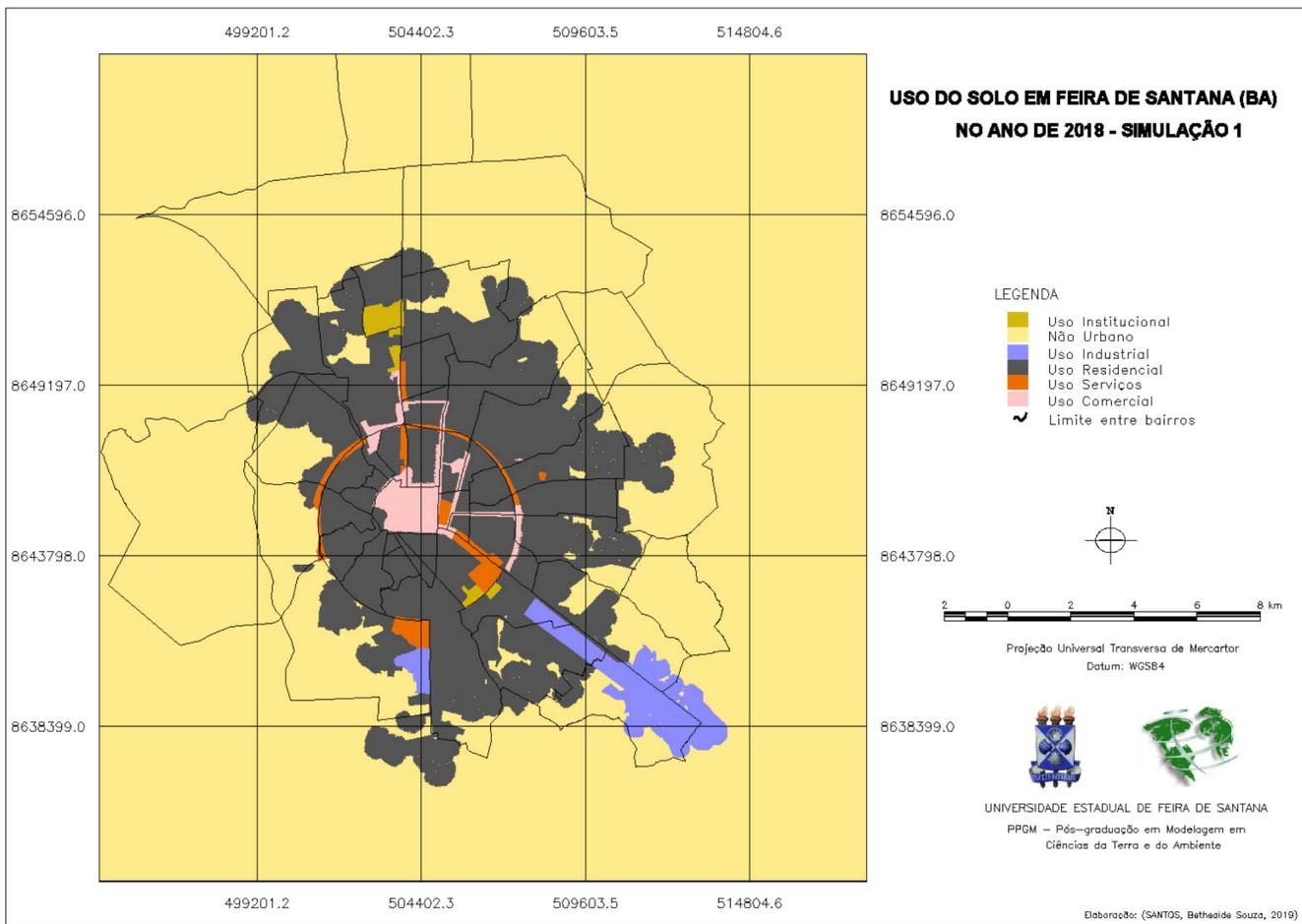
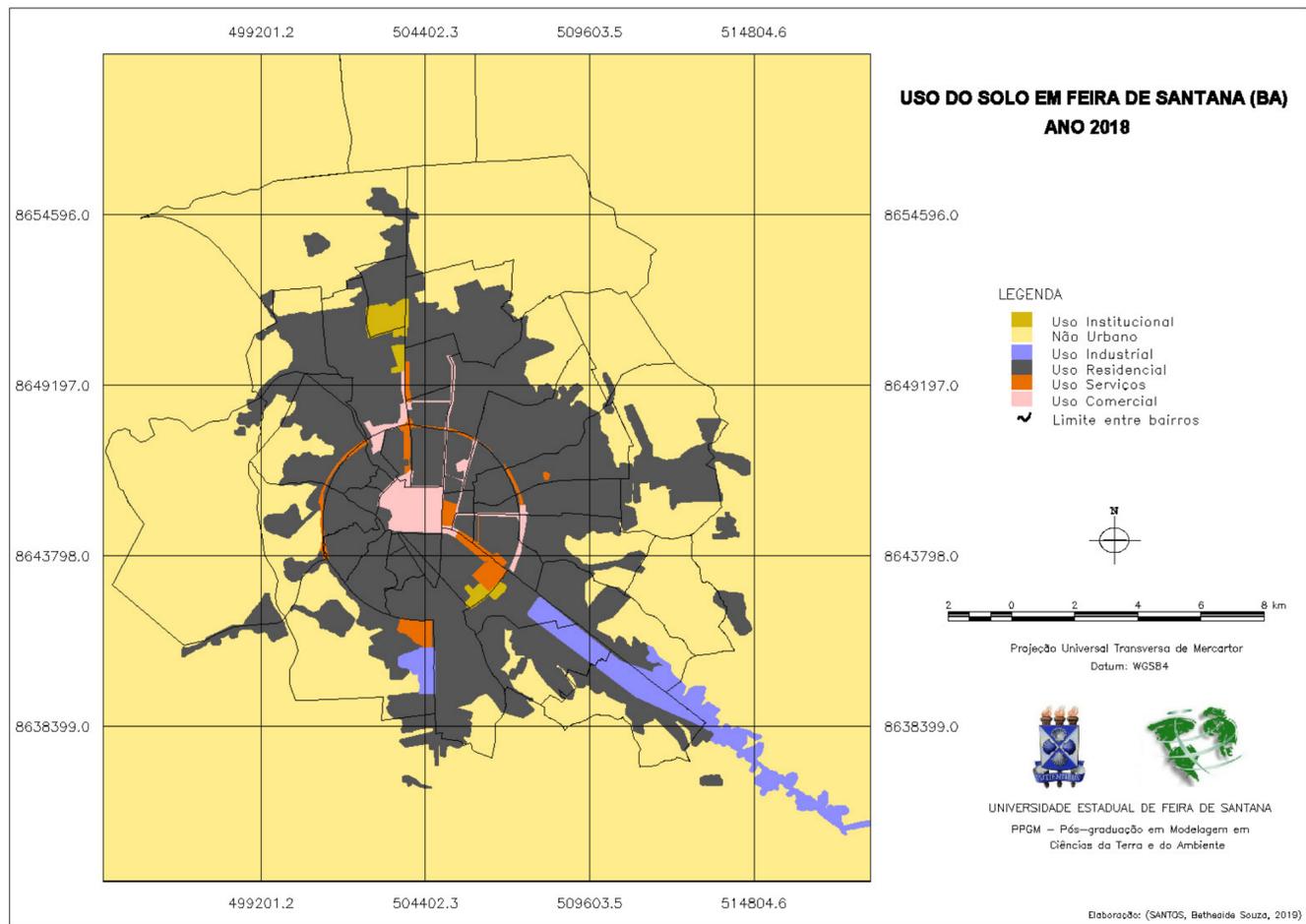
Com os primeiros mapas simulados de uso, os mapas de transição individuais e com a análise das manchas que compõem as mudanças que efetivamente ocorreram, é possível definir os melhores parâmetros internos da modelagem (Tabela 18), ou seja, aqueles que resultam nas melhores simulações.

Tabela 18: Parâmetros internos para a simulação dinâmica (2010 – 2018)

Transições de uso	Tamanho Médio das Manchas (ha)	Variância do tamanho (ha)	Proporção do 'Expander'	Proporção do 'Patcher'	Índice de isometria
Residencial a Comercial	30	10	0,1	0,9	1,0
Não Urbano a Industrial	30	10	0,7	0,3	2,0
Não Urbano a Residencial	50	20	0,7	0,3	1,0

#### 5.4.1 Análise de mudanças

As três melhores simulações para as transições de uso para o ano de 2018 são apresentadas na Figura 29.



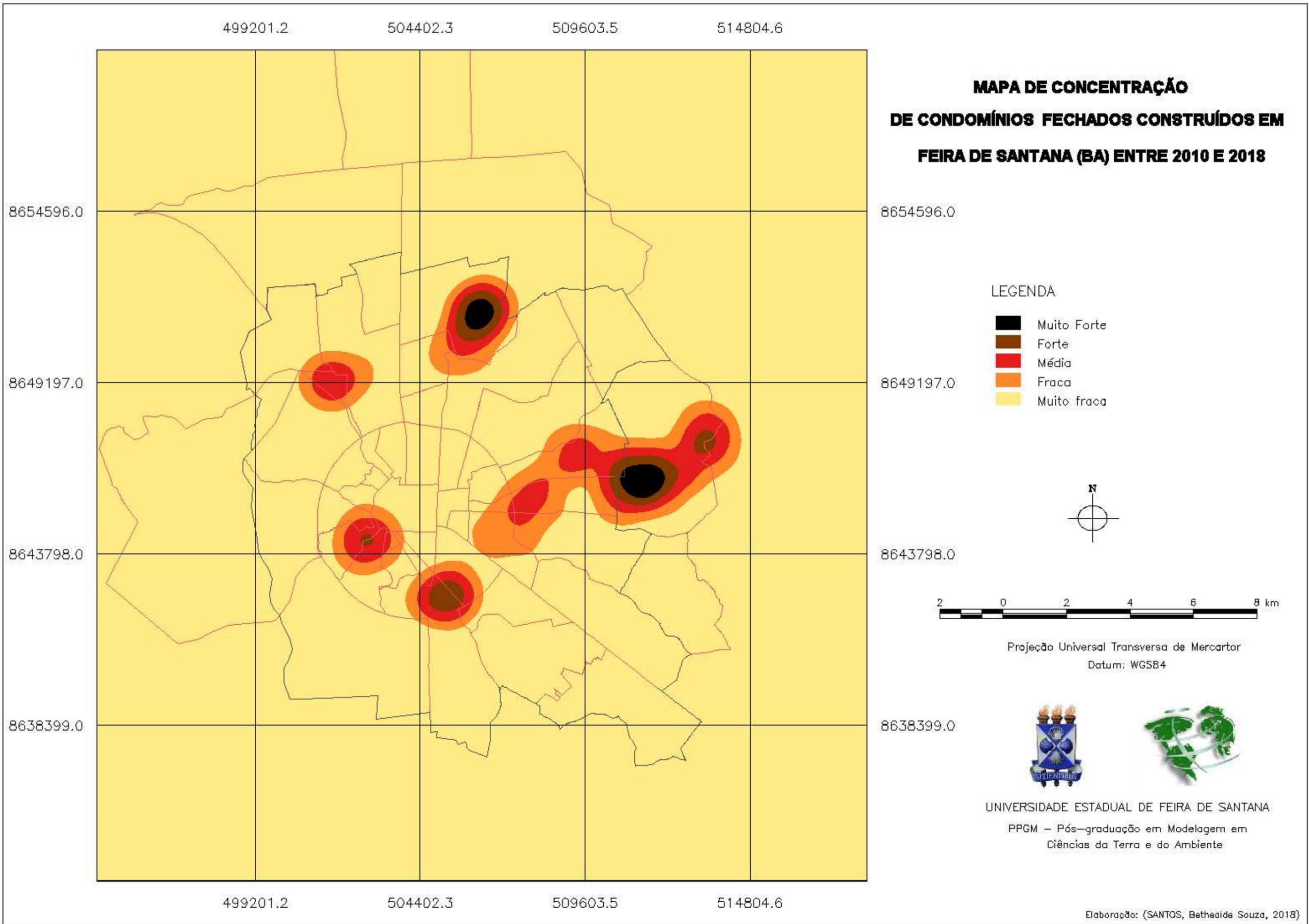
No segundo período analisado, pôde-se perceber que a transição de áreas residenciais para comerciais depende, fundamentalmente da proximidade de áreas já anteriormente consolidadas como zonas de comércio e tem relativamente pequena relação com as principais vias foras do anel de contorno. A transição de áreas industriais para residenciais sugere que ao passo que a zona residencial se expande, a zona industrial tende a se afastar dela, e essa mudança é influenciada, principalmente, pela distância a vias. A mesma influência propicia a transição de áreas não urbanas a industriais. Essa mudança também tende a ocorrer em locais próximos a áreas já antes consideradas como centro industrial. Isso ocorre, majoritariamente, nas áreas próximas à BR 324.

A transição mais relevante neste período também é a de áreas não-urbanas para residenciais e esta é impulsionada por quatro forçantes principais (segundo consideração deste modelo): distância a zonas residenciais, ao anel de contorno e a vias externas a ele e, principalmente, a condomínios fechados construídos entre 2005 e 2010. Esta última variável é a mais significativa, ao contrário do observado no período anterior. E através da análise dos pesos de evidências das variáveis, pode-se afirmar que a variável mais relevante na transição mais imponente (áreas não urbanas para residenciais) entre 2010 e 2018 é a proximidade a condomínios fechados.

#### 5.4.2 Espacialização dos condomínios fechados

Dada a relevância da relação entre a variável condomínios fechados e a transição de áreas não urbanas para residenciais, a subseção seguinte trata disso com mais afinco.

Através de uma análise espacial da distribuição de pontos que representa os condomínios construídos em Feira de Santana após 2010, foi possível espacializar as intensidades de concentração destes. A Figura 30 mostra isso, e comparando-a com o mapa de transição, percebe-se que as áreas de concentração muito alta coincidem com as áreas de transição de áreas não urbanas para residenciais. Não se verifica isso apenas em uma área de expansão isolada a oeste, porém, analisando o mapa de distribuição de pontos, verifica-se que essa área é, também, um condomínio fechado. Este não aparece no mapa de intensidade, pois é um ponto distante, pouco representativo no conjunto total.



Aqui, vale reiterar o peso de um agente modelador da paisagem, de forte relevância, que está relacionado ao capital e aos empreendedores imobiliários. A Prefeitura e as instâncias de Planejamento pouco intervieram nesta construção, se comportando na maior parte das vezes apenas com papel de reforço para viabilizar essa ocupação, autorizando projetos e criando novas vias apenas para atender às demandas deste mercado. Em alguns casos, pôde se constatar construção de condomínios anterior à pavimentação de vias de acesso e extensão de redes, sendo estas então, implantadas em regime de contrapartida entre Prefeitura e Construtora. Isso torna o Planejamento Urbano ineficaz e dificulta a predição de situações de risco, instabilidade ou vulnerabilidade destas novas áreas ocupadas.

#### 5.4.3 Validação

Foi feita a validação do modelo através do cálculo do Índice de Similaridade *Fuzzy* adaptado (Tabela 20) e o Método de “*Goodness of Fit*”, por meio de Resoluções Múltiplas (Tabela 19) para as três simulações. Foram consideradas janelas de tamanho 3, 5 e 7.

Tabela 19: Validação pelo Método de “*Goodness of Fit*” por meio de Resoluções Múltiplas (2010 – 2018)

<b>Simulação</b>	<b>Similaridade</b>
S1	0,9427
S2	0,9346
S3	0,9423

Tabela 20: Validação pelo Índice de Similaridade Fuzzy adaptado com decaimento exponencial (2010 – 2018)

Tamanho da Janela	Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3	
	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima
3	0,373	0,396	0,369	0,391	0,371	0,395
5	0,377	0,408	0,374	0,402	0,375	0,407
7	0,381	0,420	0,378	0,413	0,379	0,420

### 5.5 PROGNÓSTICO: 2018 – 2020

As mudanças de uso do solo consideradas para os prognósticos foram referenciadas no último período de simulação (2010–2018), por representarem a situação mais próxima do futuro simulado.

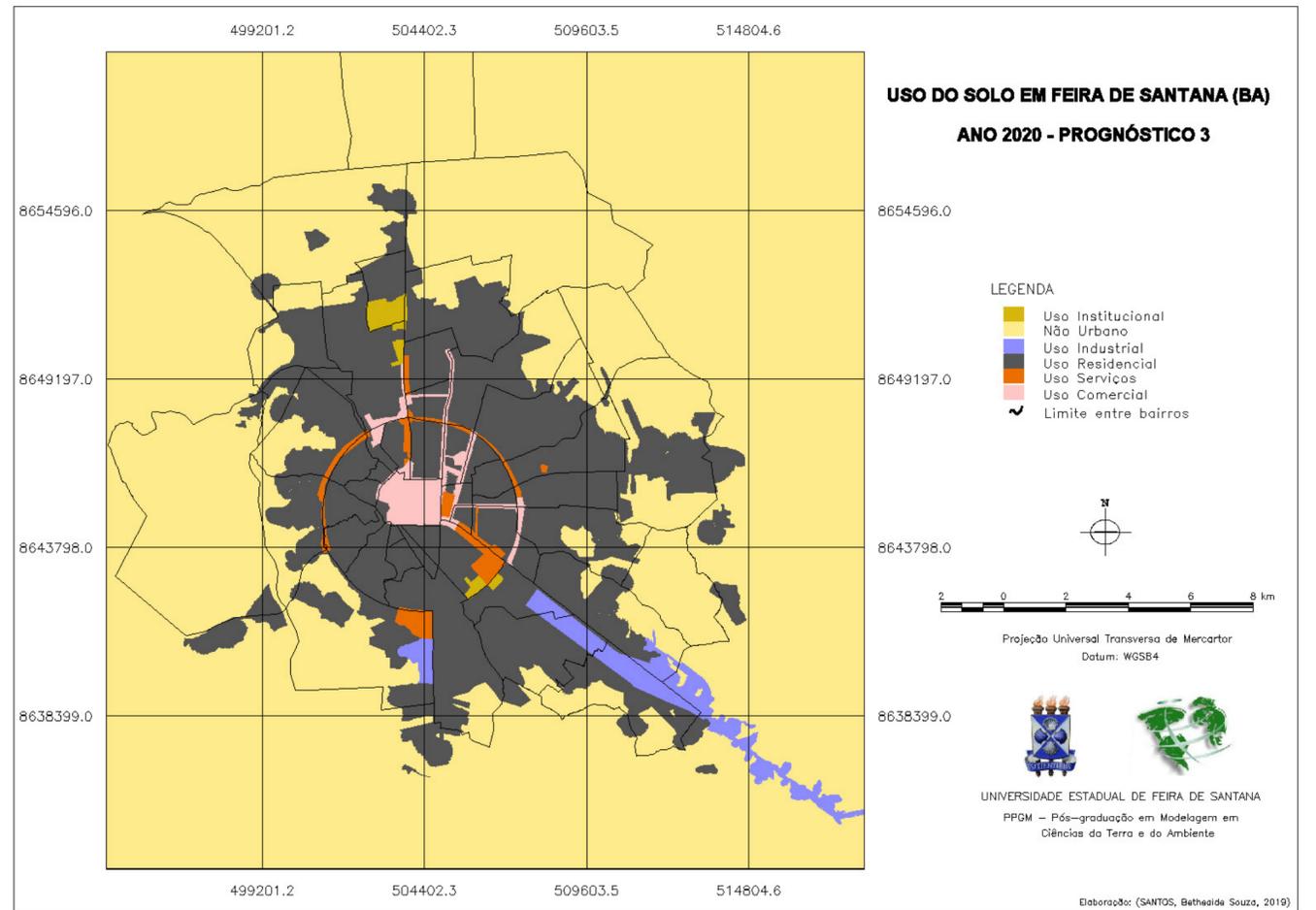
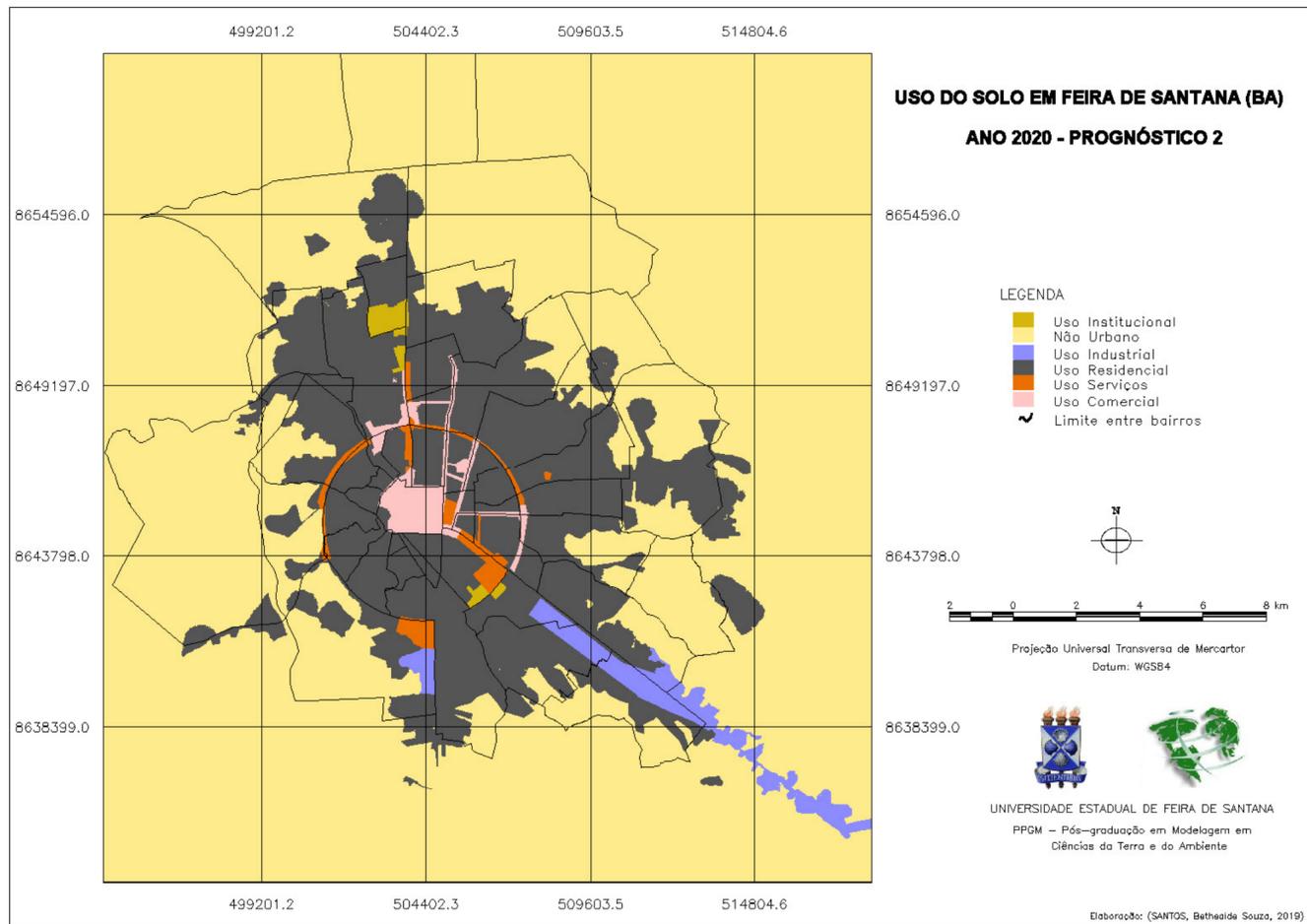
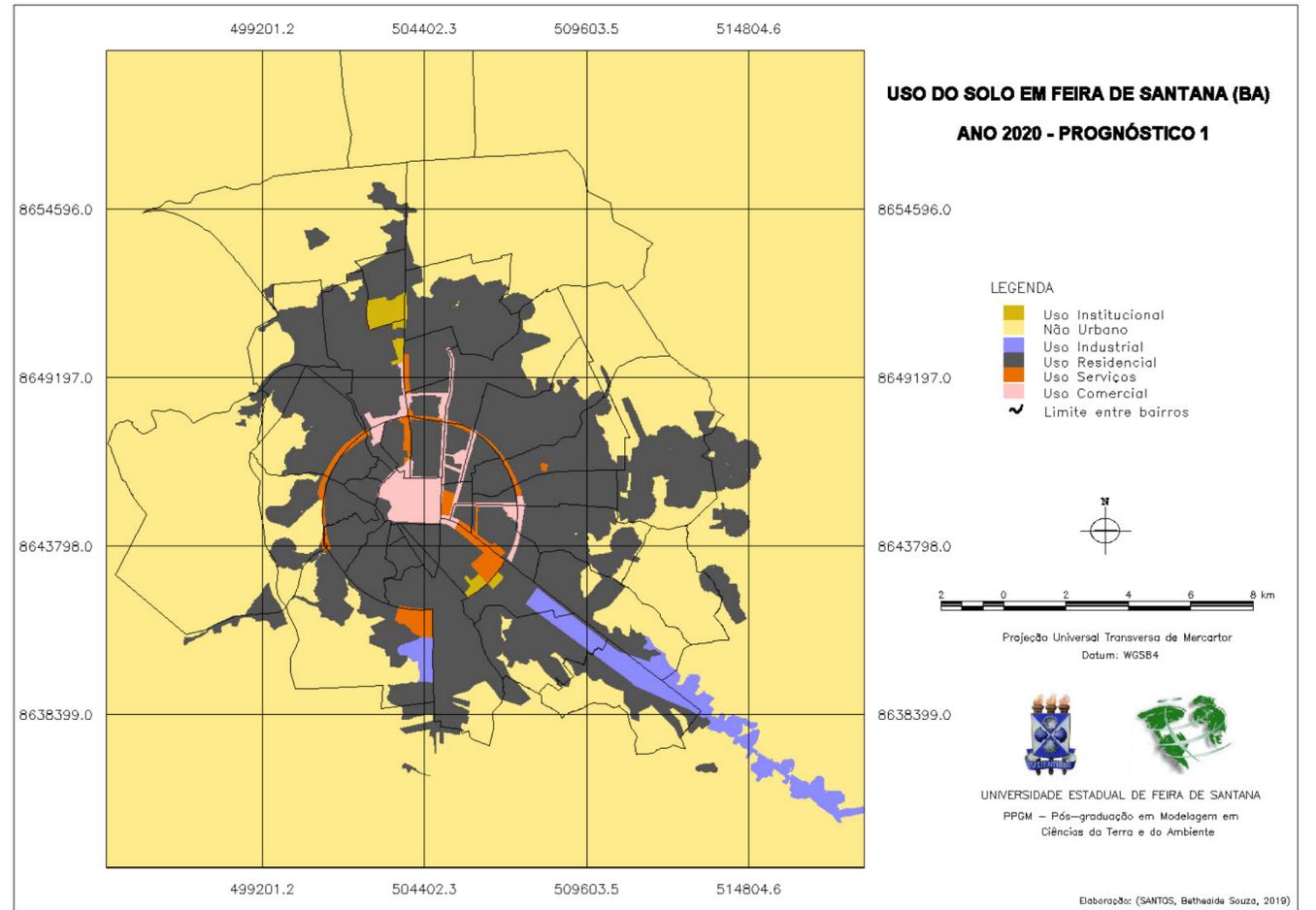
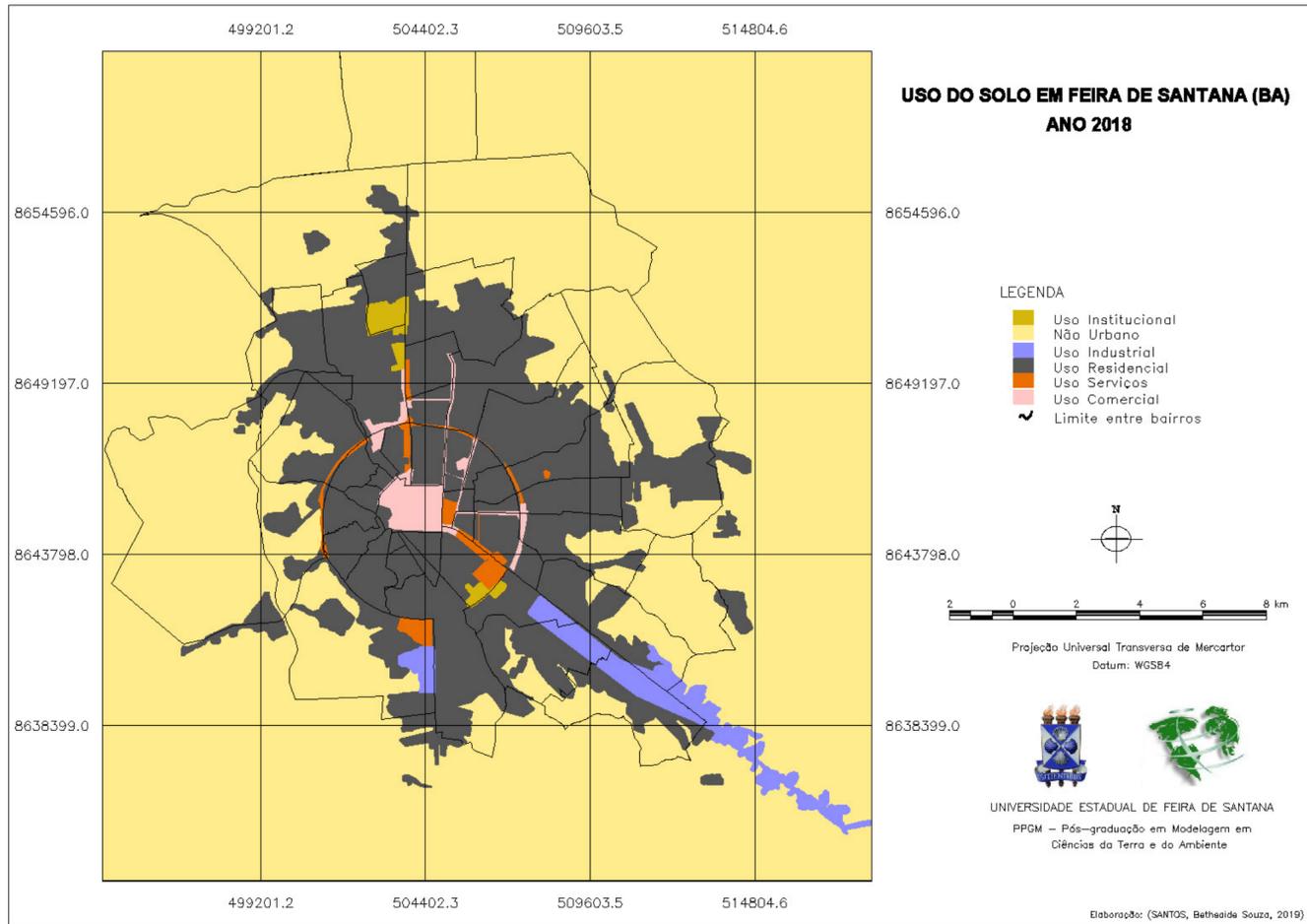
As transições observadas naquele período foram: Residencial – Comercial, Não-Urbano –Industrial e Não-Urbano – Residencial.

A matriz de transição foi calculada com base na simulação para o ano 2016, uma vez que esta fornece, até 2018, o mesmo espaço de tempo a ser simulado no futuro. As taxas de transição são apresentadas na Tabela 21.

Com essas informações e com o mesmo conjunto de variáveis e pesos de evidências usados para o período de 2010 a 2018, chegou-se às simulações apresentadas na Figura 31, referente ao prognóstico de curto prazo para o ano 2020.

Tabela 21: Matriz de probabilidades globais de transição: 2018-2020

USO DO SOLO EM 2018	USO DO SOLO	USO DO SOLO EM 2020					Não urbano
		Comercial	Serviços	Residencial	Industrial	Institucional	
	Comercial	100,00%	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	0%	100,00%	0%	0%	0%	0%
	Residencial	0,33%	0%	99,67%	0%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	100,00%	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	0%	100,00%	0%
	Não urbano	0%	0%	3,44%	0,41%	0%	94,50%



## 5.6 PROGNÓSTICO: 2018 – 2022

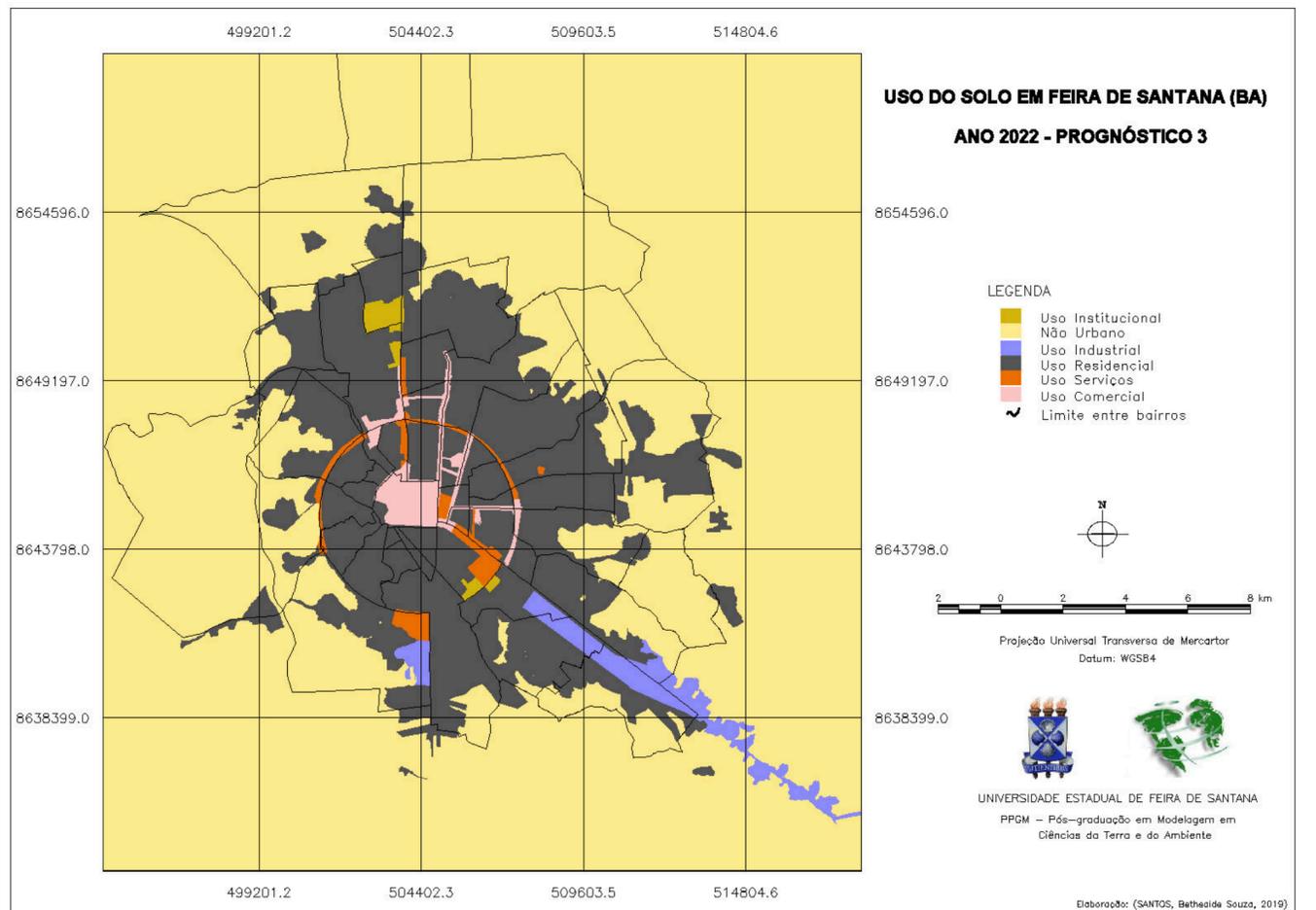
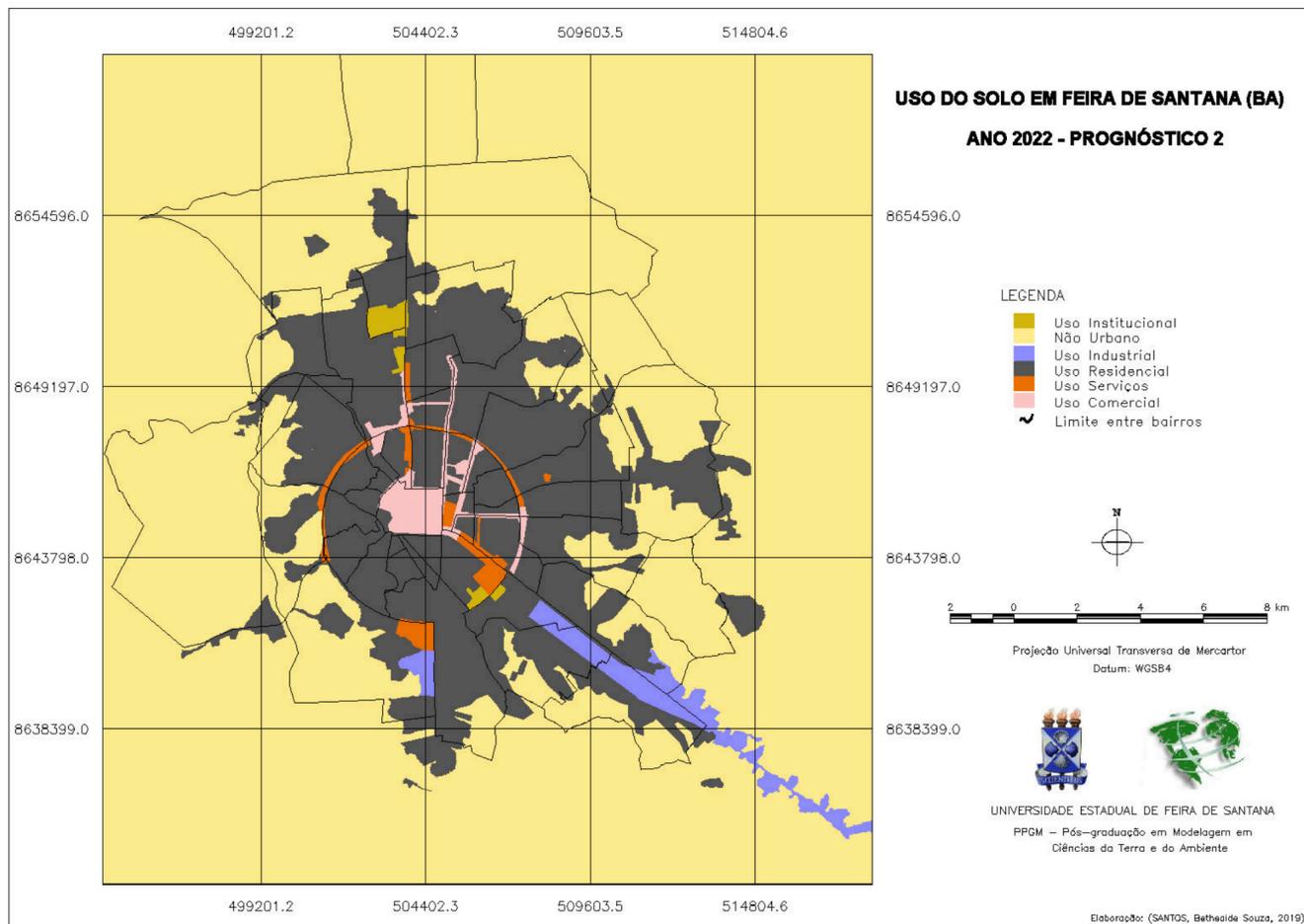
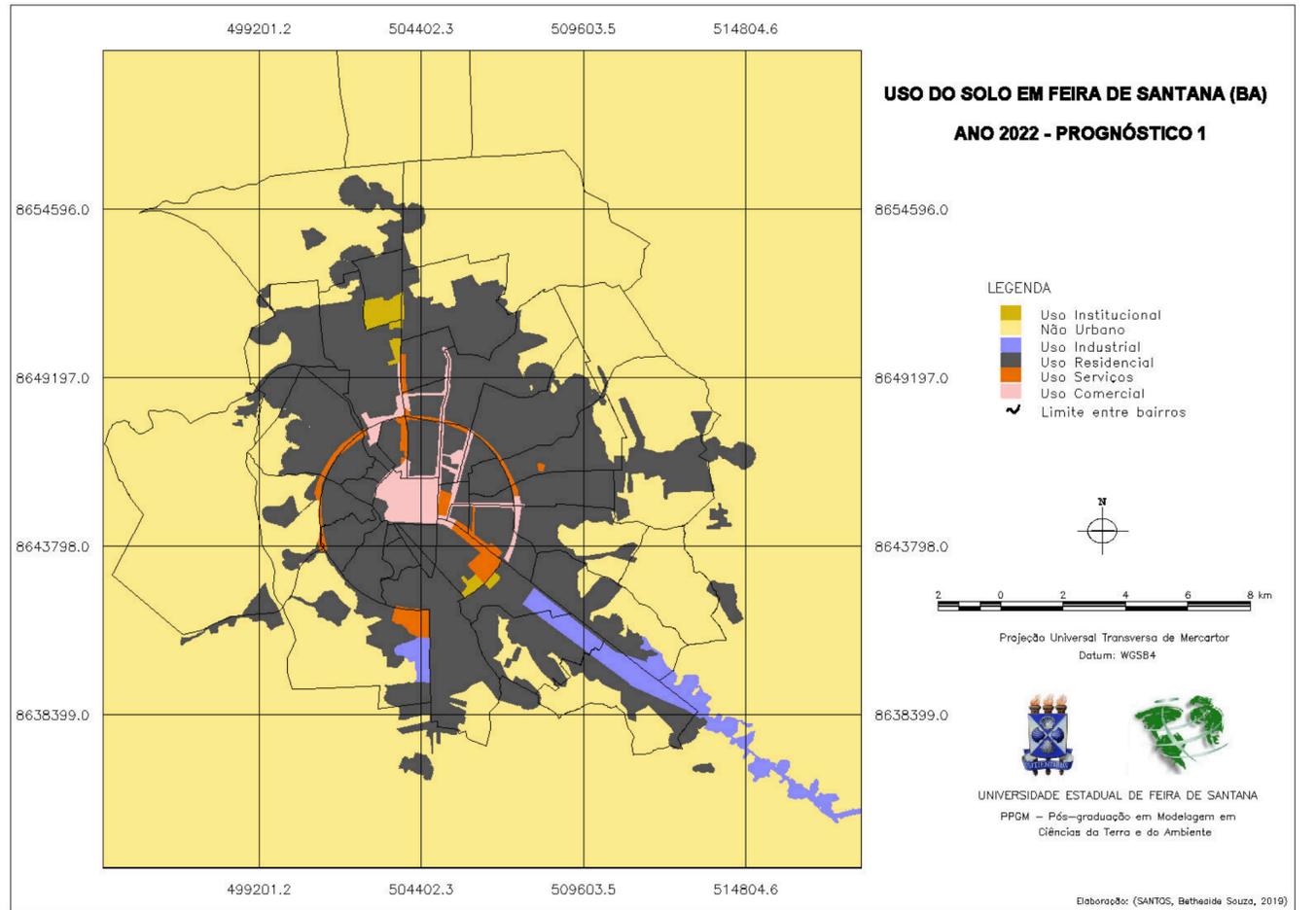
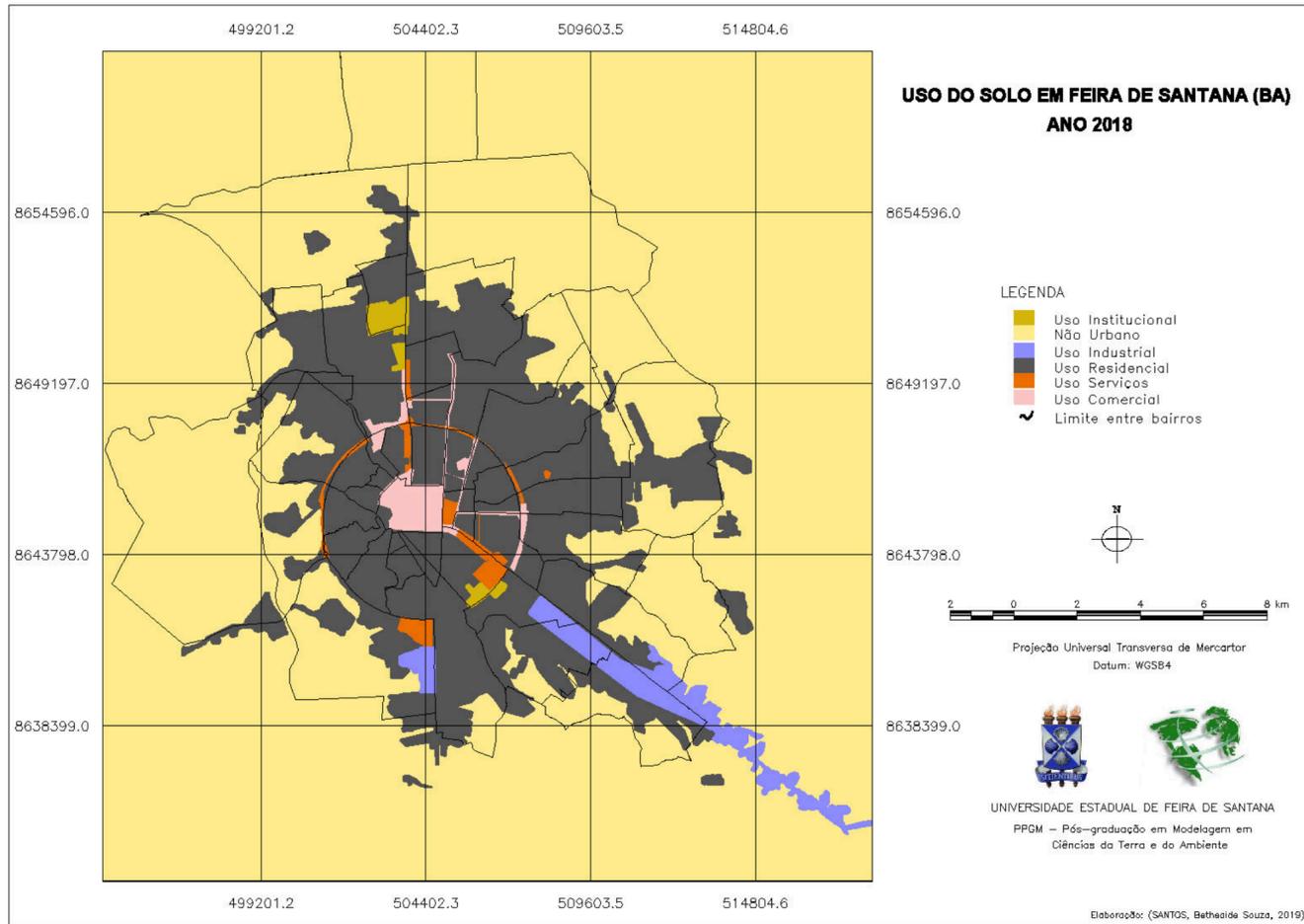
Partindo do mesmo método do prognóstico citado na seção anterior, foi possível estabelecer previsões de tendências no médio prazo, daqui a 4 anos. As transições consideradas foram também aquelas ocorridas entre 2010 e 2018: Residencial – Comercial, Não-Urbano –Industrial e Não-Urbano – Residencial.

A matriz de transição foi calculada com base na simulação para o ano 2014 e as taxas são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22: Matriz de probabilidades globais de transição: 2018-2022

		USO DO SOLO EM 2022					
		Comercial	Serviços	Residencial	Industrial	Institucional	Não urbano
USO DO SOLO EM 2018	Uso do Solo						
	Comercial	100,00%	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	0%	100,00%	0%	0%	0%	0%
	Residencial	0,35%	0%	99,65%	0%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	100,00%	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	0%	100,00%	0%
	Não urbano	0%	0%	3,81%	0,44%	0%	94,50%

Com essas informações e com o mesmo conjunto de variáveis e pesos de evidências usados para o período de 2010 a 2018, chegou-se às simulações apresentadas na Figura 32, referente ao prognóstico de médio prazo para o ano 2022.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta modelagem, percebeu-se algumas tendências históricas de vetor de expansão do município de Feira de Santana. Até o momento em que a mancha urbana esteve circunscrita ao Anel de Contorno, essa expansão se deu de forma mais omnidirecional e sem direção preferencial. A partir do momento em que a mancha extrapolou os limites do Anel, percebe-se nitidamente uma tendência de expansão a norte e sul. A partir da década de 2000, verificou-se uma significativa expansão a leste e a sul, promovida, principalmente pelo aquecimento do mercado imobiliário, acirrando a especulação, através da intensa onda de lançamento de empreendimentos residenciais.

Os fixos modeladores da paisagem são bastante relevantes e são eles: a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), as Faculdades, as vias, o Centro Industrial, os condomínios, e atrelado a estes, o poder de especulação dos empreendedores imobiliários. Ao contrário do que parece ser mais coerente, o Planejamento Urbano pelo Poder Público tem sido pouco definidor nas últimas décadas.

No período entre os anos 2000 e 2010, verificou-se uma forte movimentação na dinâmica do uso do solo, com várias transições entre classes. As mudanças de áreas residenciais fazem refletir sobre a mudança cultural impulsionada pela especulação imobiliária, que tem relação com a criação de um desejo de morar em condomínios fechados, o que faz com que residências próximas ao centro da cidade cedam lugar a estabelecimentos comerciais ou de serviços.

A mais relevante transição, de áreas não-urbanas para residenciais, tem grande relação com áreas previamente consolidadas como residenciais e proximidade ao Anel de Contorno. Isso é justificável, pois é mais provável que surjam áreas residenciais onde já existe infraestrutura básica implantada e acesso facilitado por vias (ALMEIDA, 2004).

No período entre os anos de 2010 e 2018, a dinâmica de uso do solo é mais amena, com apenas três transições, segundo observado neste modelo. Apesar disso, em valores absolutos de área, a expansão é também relevante, dada a grande expressividade da transição de áreas não urbanas para residenciais. Essa transição apresenta altos pesos de evidência para a variável ‘condomínios fechados’, tem mais baixa relação com o Anel de Contorno do que o período anterior e alta relação com as vias externas a ele. É válido

pensar que isso se dá, pois as novas áreas ocupadas pelo uso residencial já estão bem distantes do Anel de Contorno, tendo este, portanto, menor influência nessa transição. A grande relevância dos condomínios fechados dá sinais da forte atuação da especulação imobiliária por construtoras, incorporadoras e até grandes urbanizadoras em Feira de Santana na última década.

Os prognósticos de curto e médio prazo mostram um vetor preferencial de expansão a norte e a leste, situação já observada na prática informalmente pelos feirenses e flagrada em vários momentos por pesquisadores e estudiosos do fenômeno da urbanização em Feira de Santana. Diante disso, pode-se afirmar que o modelo representa bem as tendências de expansão de Feira de Santana, demonstrando ser útil na identificação de vetores de crescimento, de forma a trazer bases para o direcionamento de investimentos e identificação de zonas prioritárias de planos de ações e tomadas de decisões.

E para citar Csaba (2015), “o maior proveito em modelagem é o conhecimento ganho sobre o objeto modelado”.

Ainda cabe nota aqui, sobre as limitações dos resultados do modelo, inerente à própria natureza da modelagem. Para otimização do mapa simulado, é necessário que seja considerada a forma das manchas formadas na realidade. Para isso, novas parametrizações devem ser consideradas. Dados socioeconômicos podem ser incorporados ao modelo, inclusive na geração dos prognósticos, principalmente pela incerteza do futuro. Os erros de comissão e omissão também devem ser considerados como fonte de refinamento para o modelo, de forma iterativa.

Com a implementação deste modelo, se nota a importância da sensibilidade do modelador, que deve se posicionar como conhecedor do objeto a ser modelado, sendo possível transformar os resultados em informações aplicáveis e verossímeis.

Essa pesquisa pode ter grande aplicação prática para os tomadores de decisão, uma vez que identifica vetores de crescimento e tendências de uso do solo. Os prognósticos são instrumento de estudo para secretarias municipais e gestões locais para planejamento de equipamentos básicos de infraestrutura urbana, mobilidade e acessibilidade, extensão de redes, entre outros.

Além disso, este modelo é um incremento à pesquisa científica, que se propõe a refletir sobre o fenômeno da urbanização em Feira de Santana. Que este estudo seja fonte de inspiração para o progresso científico em Feira de Santana, assim como um indicador aos processo de gestão urbano pelo governo municipal.

## 7 BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, Caio Macieira de Almeida. **Os impactos da expansão urbana na impermeabilização do solo de Feira de Santana**. TCC. UEFS. 2016.

ALMEIDA, Claudia Maria; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antonio Miguel. **GEOINFORMAÇÃO em Urbanismo cidade real X cidade virtual**. Editora Oficina de Textos. 2007

ALMEIDA, Claudia Maria;. **Curso de Modelagem Dinâmica Espacial**. INPE. São Paulo. 2018. Notas de aula.

BATTY, Michael. **Modeling cities as dynamics systems**. Nature, 1971.

BATTY, Michael. **Urban modelling: algorithms, calibrations, predictions**. Cambridge, UK Cambridge University Press, 1976. 381 p.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 305 p.

CALDEIRA, Teresa Pires do Rio. **Cidade de muros. Crime, segregação e cidadania em São Paulo**. São Paulo. Editora 34/ Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

CÂMARA, Gilberto. ALMEIDA, Claudia Maria. MONTEIRO, Antonio Miguel V., **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2000.

CARLOS, Ana Fani Alessandri; SOUZA, Marcelo Lopes de; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **A produção do espaço urbano**. Editora Contexto. 2011.

CHORLEY, R. J. HAGGET, P. **Modelos físicos e de informação em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975. 260p.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

COSTANZA, R. **Model goodness of fit: a multiple resolution procedure.** Ecological Modelling, v. 47, p. 199-215, 1989.

CZAMANSKI, S. **A method of forecasting metropolitan growth by means of distributed lags analysis.** Journal of Regional Science, v. 6, p. 35-49, 1965.

DELANEZE, M. E et al. **Modelagem dinâmica espacial para o monitoramento do crescimento urbano no entorno do duto Orbel.** UNESP. Rio Claro. 2013

**DINÂMICA EGO.** <http://csr.ufmg.br/dinamica/about-dinamica-ego/>. Acessado em fevereiro de 2018. CSR. UFMG.

FEIRA DE SANTANA. **Leis municipais (Planos Diretores).** Disponível em <https://leismunicipais.com.br/legislacao-municipal/328/leis-de-feira-de-santana>, Acessado em fevereiro de 2018.

FERREIRA, Danilo Silva. **Uso do solo urbano de Feira de Santana: uma análise comparativa sobre a aplicação da lei 1615/92 e o uso real da cidade de Feira de Santana.** UEFS. 2011.

GONCALVES, D.A. JÚNIOR, W.C.de S. ALMEIDA, C.M. **Modelagem de alteração de uso e cobertura da terra em uma porção do município de Mineiros\_GO utilizando o método de pesos de evidência.** SBGFA. INPE. 2008.

IBGE. **Censo Demográfico do Brasil de 2010.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acessado em julho de 2018. IBGE. 2010.

IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas do Brasil.** Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99700.pdf>. Acessado em março de 2019. IBGE. 2016

IBGE Cidades. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-de-santana/>. Acessado em março de 2019. IBGE. 2019

JAPIASSÚ, Luana Andressa Teixeira. **Expansão urbana de Maceió, Alagoas: caracterização do processo de crescimento territorial urbano em face do plano de desenvolvimento – de 1980 a 2000.** Dissertação. Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2015.

Jornal Grande Bahia. <https://cdn.jornalgrandebahia.com.br/2018/01/Vista-a%C3%A9rea-de-Feira-de-Santana2.jpg>. Acessado em março de 2019. Jornal Grande Bahia, 2018.

LEFEBVRE, Henri. La production de l'espace. Prefácio. Paris: Economica, 1985.

Lei Complementar nº. 41, de 2009. **Código do Meio Ambiente.** Dispõe sobre ampliação e dá nova redação ao Código do Meio Ambiente de Feira de Santana. Lei 1612, conforme especifica. Feira de Santana: PMFS, 2009.

Lei Complementar nº. 75 de 20 de junho de 2013. Fixa os limites interdistritais, amplia o perímetro urbano e delimita 06 (seis) novos bairros do distrito sede do município de Feira de Santana e dá outras providências. Feira de Santana: PMFS, 2013.

Lei Complementar nº. 1.612 de 11 de novembro de 1992. **Código do Meio Ambiente.** Dispõe sobre o Código do Meio Ambiente de Feira de Santana e dá outras providências. Feira de Santana: PMFS, 1992.

Lei 1.615 de 11 de novembro de 1992. **Lei de Uso e Ocupação do Solo.** Feira de Santana: PMFS, 1992.

Lei 10.257, de julho de 2001. **Estatuto da Cidade.** Disponível em [http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm), acessado em fevereiro de 2018. PMFS, 2001.

Merlin, P. **Méthodes quantitatives et espace urbain.** Paris: Masson et Cie Éditeurs, 1973. 190 p.

PASCOAL, F. S. A. **Sociedade artificial *fight4life*: Autômato celular modelando vida artificial**. Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica-PIBIC/CNPq/INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

ROLNIK, Raquel. **O que é a cidade**. (coleção primeiros passos). São Paulo: Brasiliense, 1995.

SANTO, Sandra Medeiros. **A expansão urbana, o Estado e as águas em Feira de Santana – Bahia (1940 – 2010)**. Salvador. UFBA, 2012.

SANTO, Sandra Medeiros. **Planejamento Urbano de Feira de Santana (BA): Comparação entre os Planos Diretores de 1968 e 2000**. Revista Geográfica de América Central. Costa Rica, 2011.

SANTOS, Bethsaide Souza. **Análise espacial da distribuição dos condomínios fechados na zona urbana de Feira de Santana entre 1995 e 2010**. Feira de Santana. UEFS. 2012.

SANTOS, Fabio Deraldo dos; Silva, Carine Fonseca Menezes; Alves, Aryane Sinval. **A cidade de Feira de Santana-BA: uma nova (re)configuração espacial proporcionada a partir da expansão comercial**. Tempos Espaços e Representações: Abordagens geográficas e históricas. UESB. 2013.

SANTOS, Milton. **Técnica, espaço, tempo**. EDUSP. 1990

SANTOS, Milton. **O espaço do cidadão**. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 2000

SANTOS, R. L. **Evolução das vertentes e pedogênese nos bordos dos tabuleiros de Cruz das Almas (Ba)**. Dissertação de mestrado em Geociências. Salvador: UFBA, 1993.

SOARES-FILHO, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. **DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier**. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235, 2002.

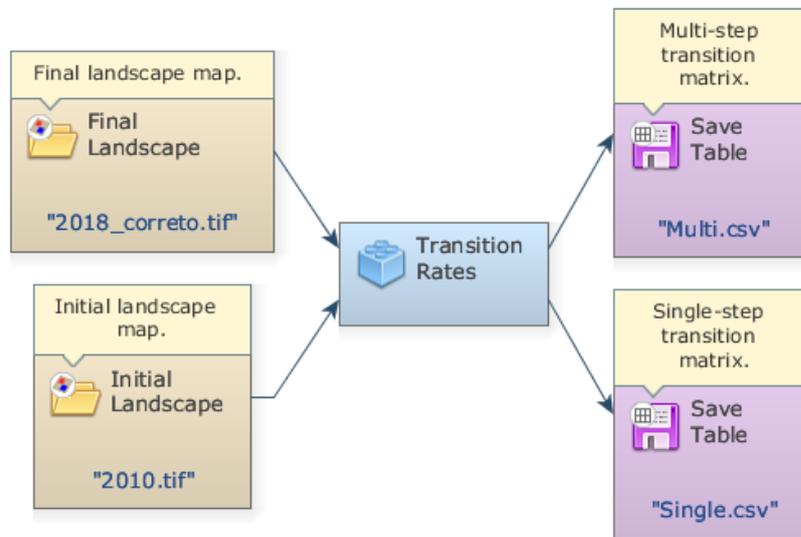
SOUZA, Marcelo Lopes de. **ABC do Desenvolvimento Urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

TREVISAN, Tais. **Um porto vazio no centro da Capital Gaúcha, Vazios Urbanos na cidade contemporânea: situação atual e propostas para sua utilização**. UFBA. Salvador. 2004

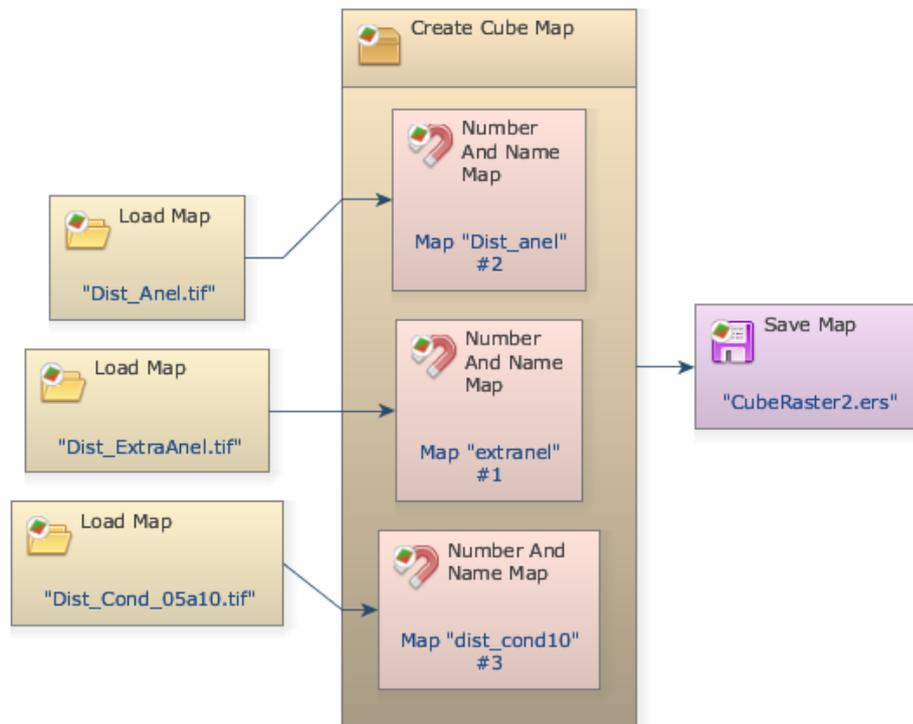
## APÊNDICES

As Figuras apresentadas nesta seção são capturas de tela das interfaces relativas aos procedimentos de modelagem no Dinamica EGO (CSR/UFMG).

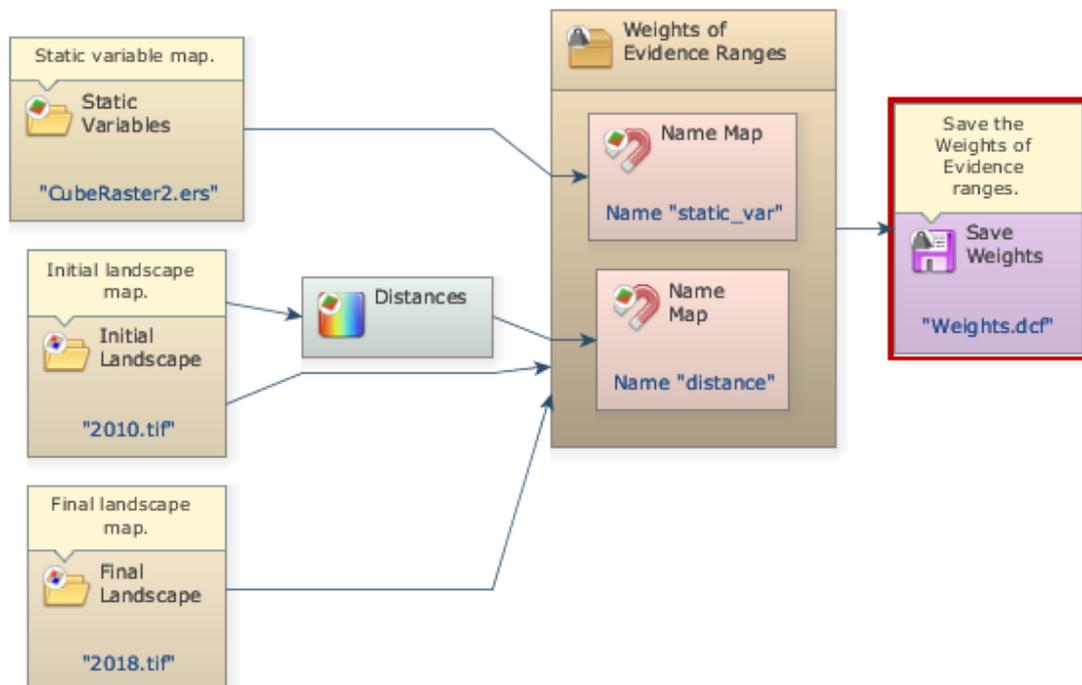
### Apêndice A – Criação de matrizes de transição



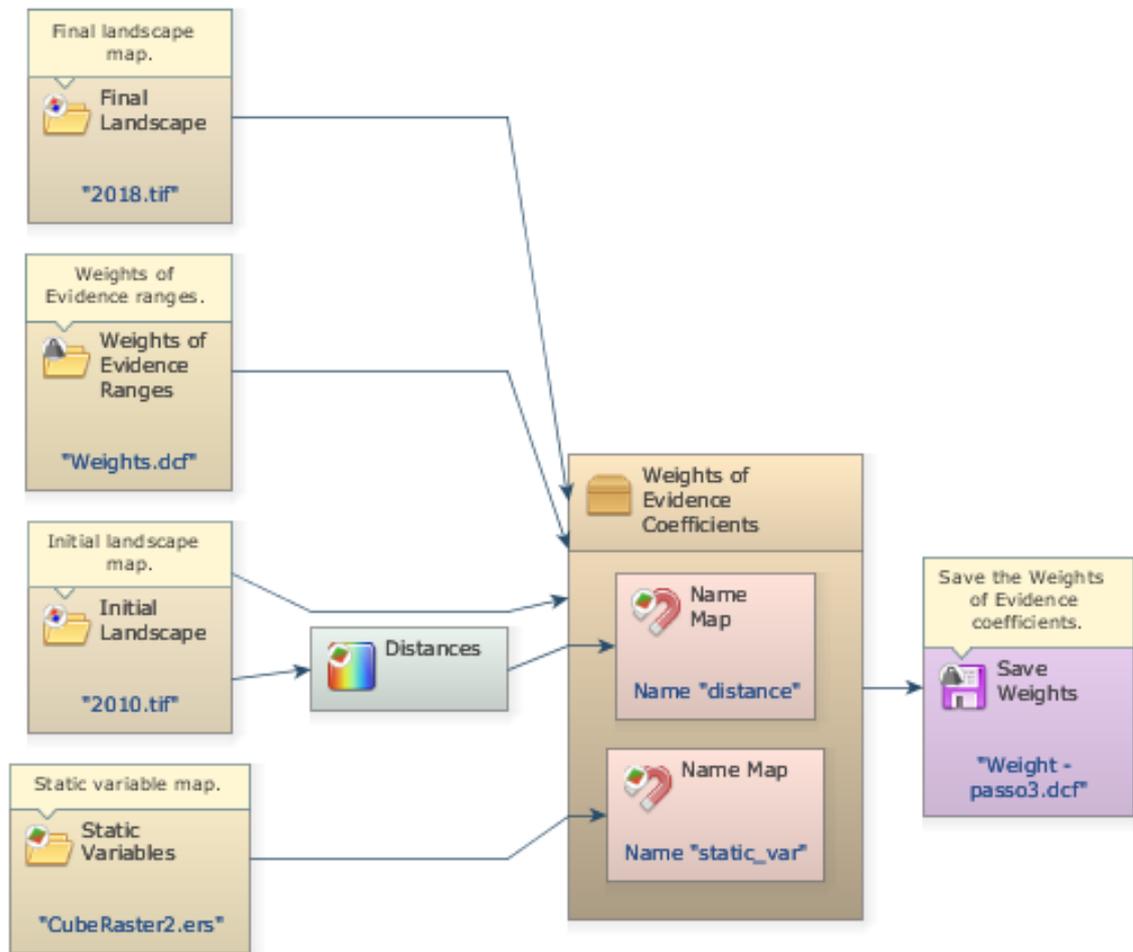
## Apêndice B – Geração de cubo de mapas



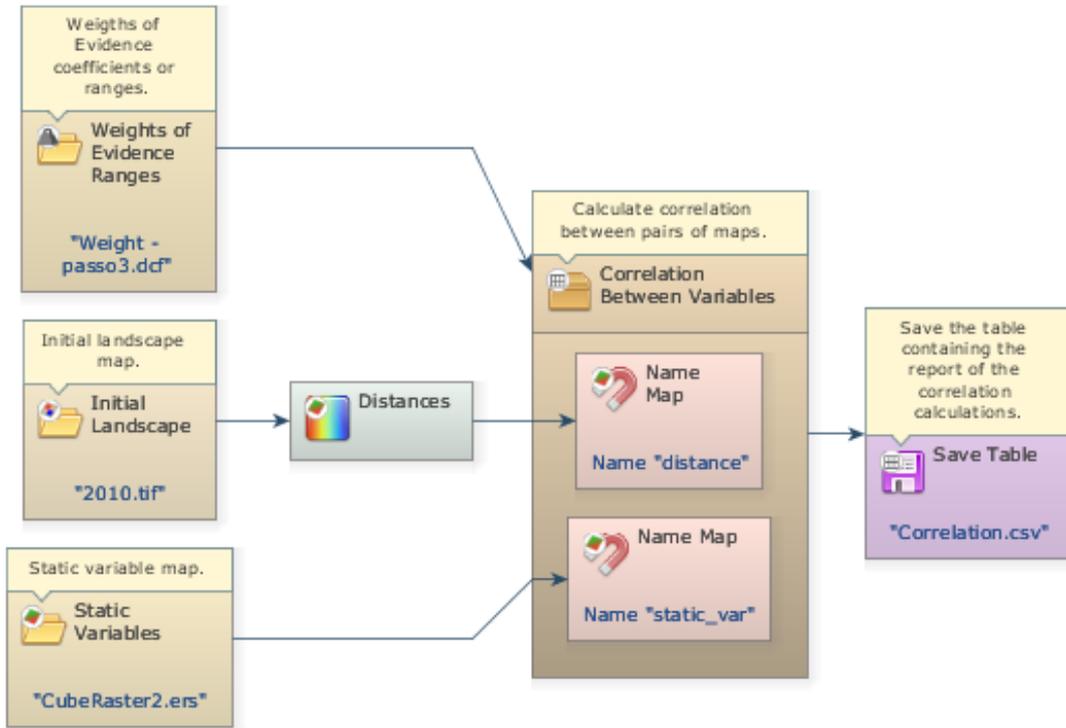
## Apêndice C – Discretização de mapas de variáveis contínuas para o cálculo de pesos de evidência



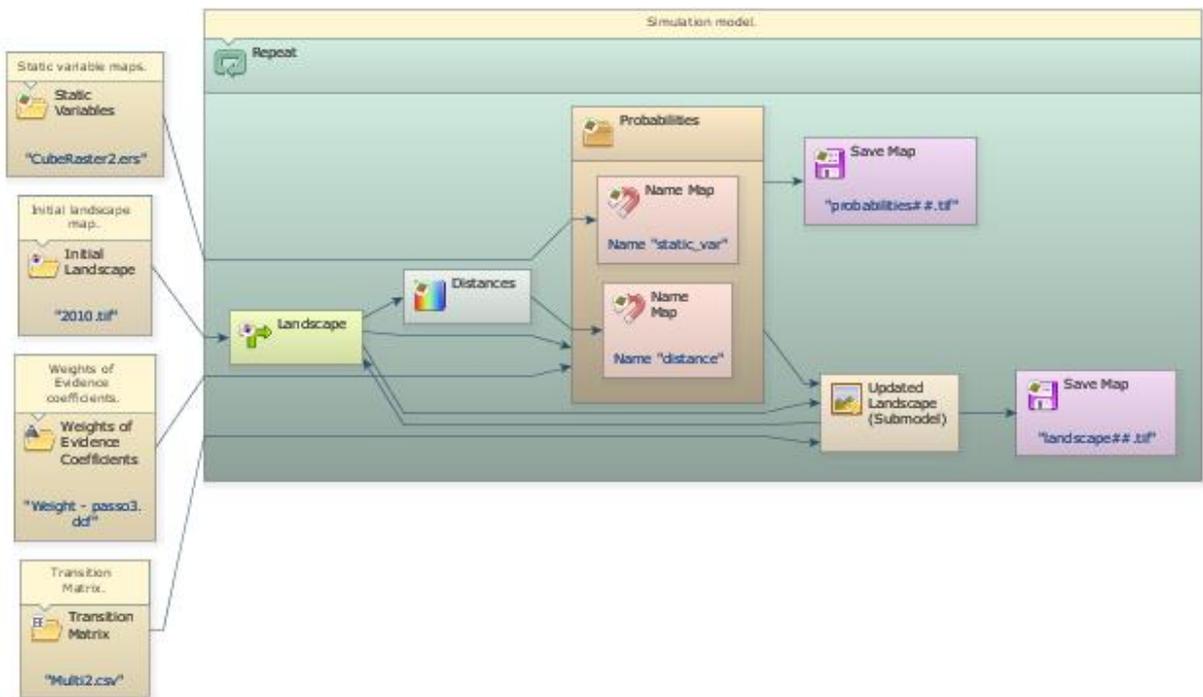
## Apêndice D – Cálculo de pesos de evidência



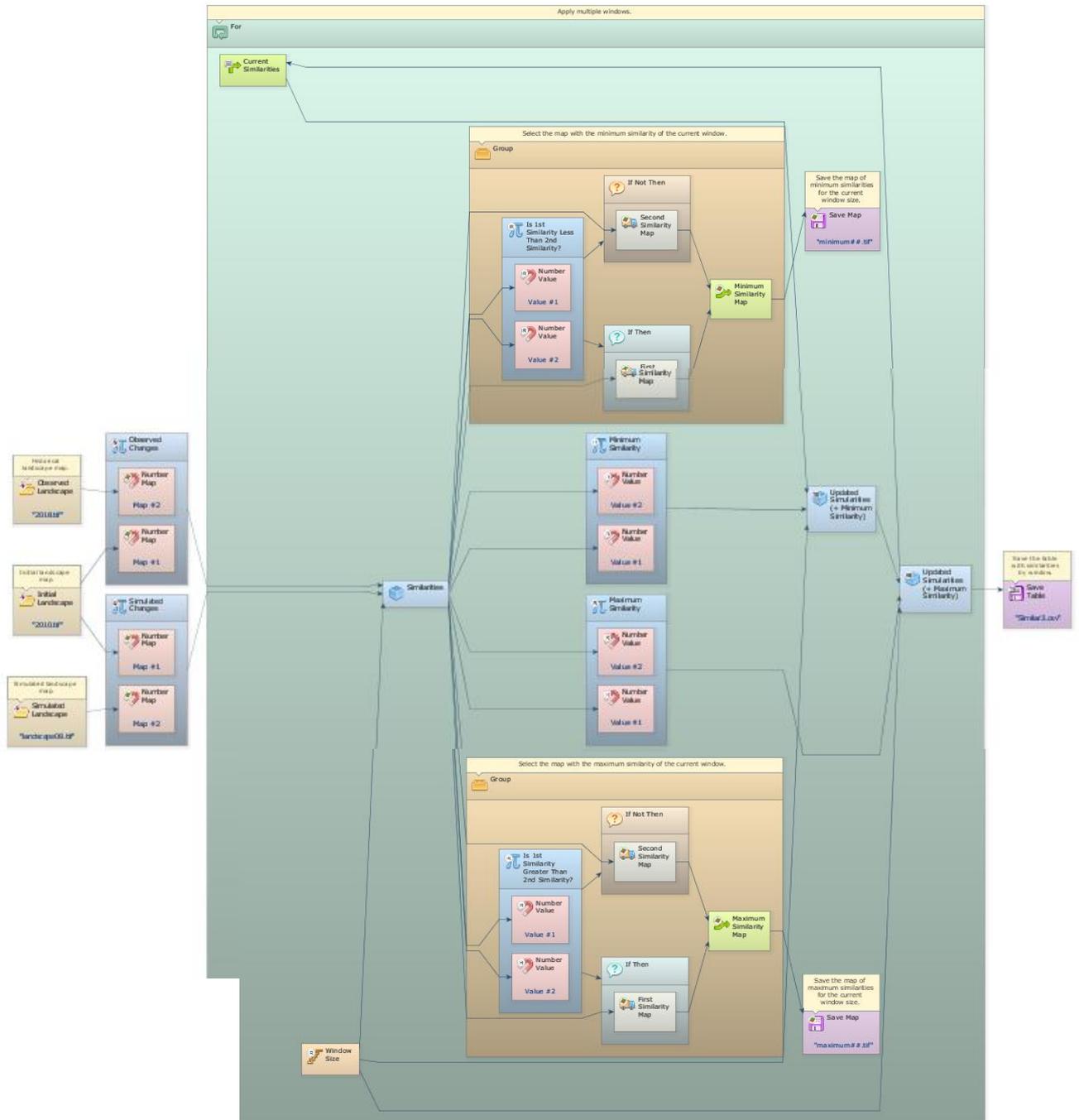
Apêndice E – Cálculo de índices de associação ou dependência espacial entre variáveis



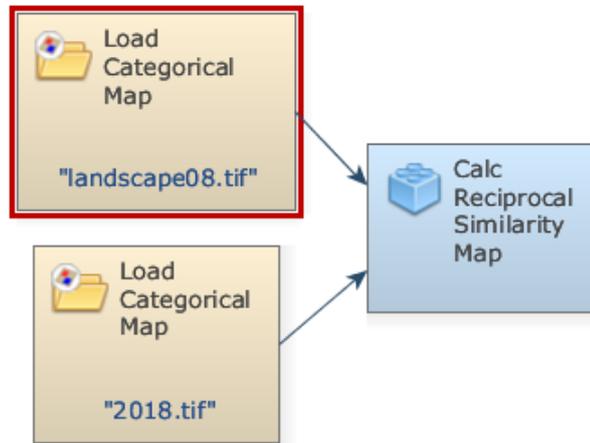
Apêndice F – Geração de mapas de probabilidades e mapas de uso do solo simulados



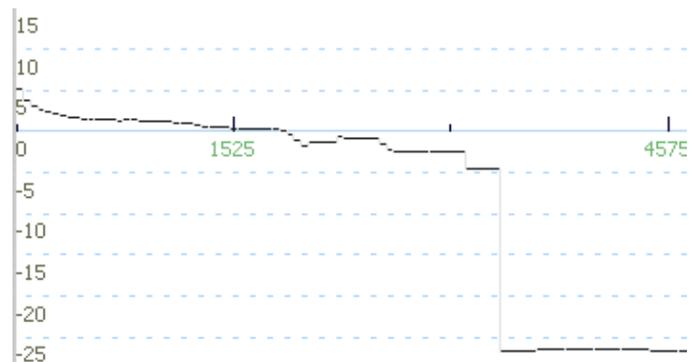
Apêndice G – Cálculo do índice de similaridade *fuzzy* adaptado



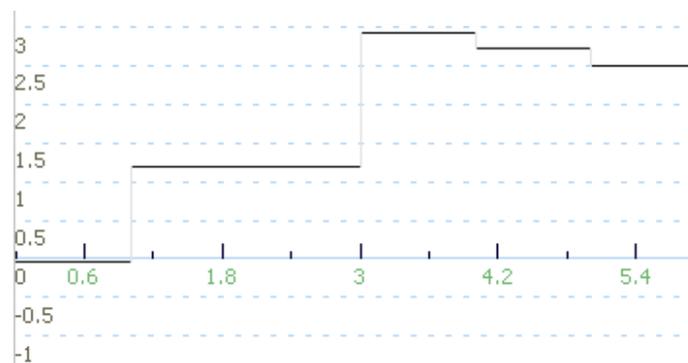
Apêndice H – Cálculo do “*Goodness of fit*” por meio de Múltiplas Resoluções



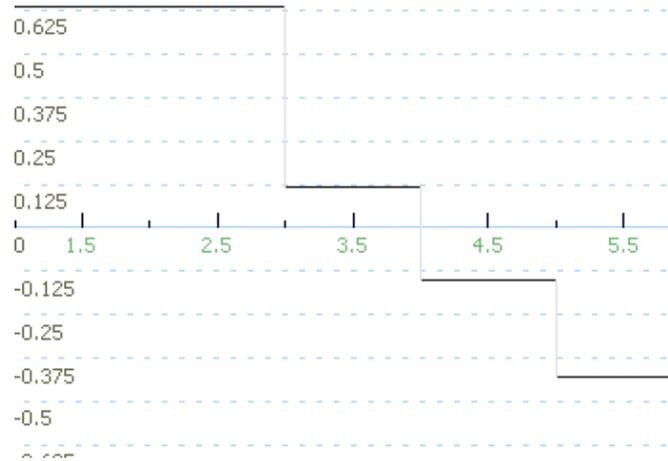
Apêndice I – Peso de evidência da variável ‘distância a uso residencial’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2000 a 2010.



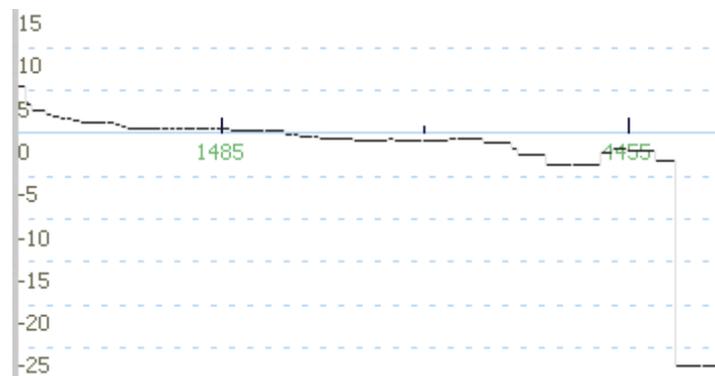
Apêndice J – Peso de evidência da variável ‘faixas de distância ao anel de contorno’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2000 a 2010.



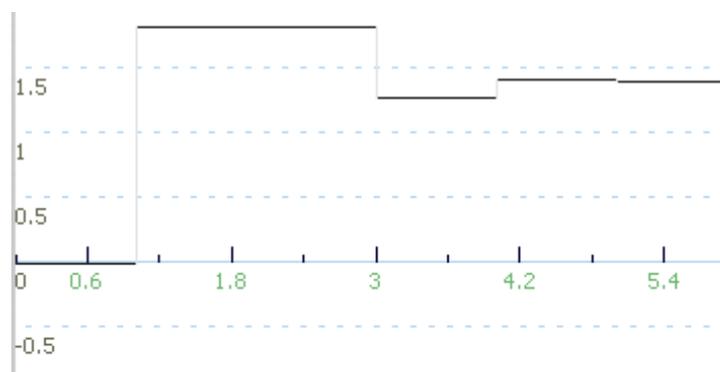
Apêndice K – Peso de evidência da variável ‘faixas de distância a vias externas ao anel de contorno’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2000 a 2010.



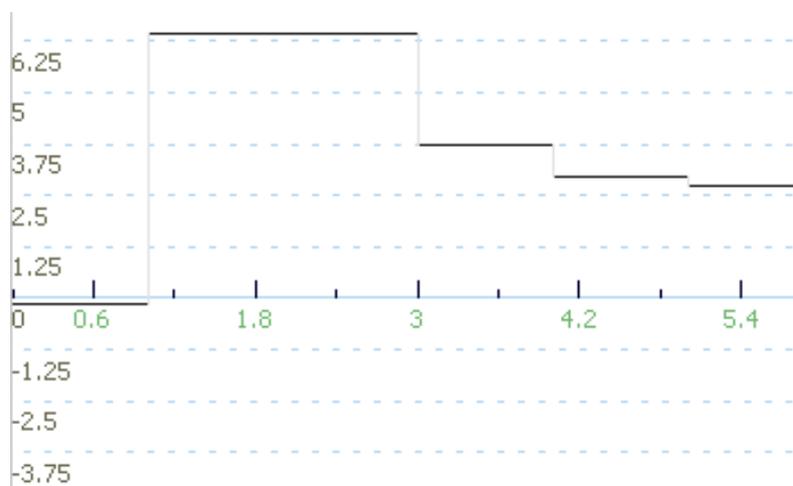
Apêndice L – Peso de evidência da variável ‘distância a uso residencial’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2010 a 2018.



Apêndice M – Peso de evidência da variável ‘faixas de distância ao anel de contorno’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2010 a 2018



Apêndice N – Peso de evidência da variável ‘faixas de distância a condomínios fechados construídos entre 2005 e 2010’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2010 a 2018



Apêndice O – Peso de evidência da variável ‘faixas de distância a vias externas ao anel’ na transição ‘Não Urbano a Residencial’ no período de 2010 a 2018

