

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Juliana Fernandes Souza

MODELAGEM DINÂMICA DO CRESCIMENTO URBANO AO LONGO DOS EIXOS
DE TRANSPORTES NA CIDADE DE APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Juliana Fernandes Souza



**MODELAGEM DINÂMICA DO CRESCIMENTO URBANO AO LONGO DOS
EIXOS DE TRANSPORTES NA CIDADE DE APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS**



Programa de Pós-Graduação stricto sensu em
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG
(PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia
de Sistemas de Produção Limpa. Linha de
Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Alex Mota dos Santos

Fonte da imagem: Google Earth Pro®

Goiânia - 2020

S729m Souza, Juliana Fernandes.

Modelagem dinâmica do crescimento urbano ao logo dos eixos de transportes na cidade de Aparecida de Goiânia - Goiás / Juliana Fernandes Souza. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2020.

86 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alex Mota dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Modelagem dinâmica – crescimento urbano – Aparecida de Goiânia - GO. 2. Transportes - Aparecida de Goiânia - GO. 3. Sensoriamento remoto. I. Santos, Alex Mota dos (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 621.367 8

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: | |

Nome Completo do(a) Autor(a): **JULIANA FERNANDES SOUZA**

Matrícula: **20182011140240**

Título do Trabalho: **MODELAGEM DINÂMICA DO CRESCIMENTO URBANO AO LONGO DOS EIXOS DE TRANSPORTES NA CIDADE DE APARECIDA DE GOIÂNIA**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial:

Não

Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 01/02/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

GOIÂNIA, 22 DE DEZEMBRO DE 2020

(Assinado eletronicamente)

JULIANA FERNANDES SOUZA

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Juliana Fernandes Souza**, JULIANA FERNANDES SOUZA - ESTUDANTE - INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CÂMPUS GOIÂNIA (10870883000225), em 25/01/2021 10:27:43.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/12/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 117626

Código de Autenticação: efab27efab



PARECER 5/2020 - GYN-CMTPS/GYN-DPPGE/CP-GOIANIA/IFG

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

Juliana Fernandes Souza

**MODELAGEM DINÂMICA DO CRESCIMENTO URBANO AO LONGO DOS EIXOS DE
TRANSPORTES NA CIDADE DE APARECIDA DE GOIÂNIA**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Prof(a). Dr(a). ALEX MOTA DOS SANTOS (presidente e orientador – PPGTPS IFG)

Prof(a). Dr(a). FABRIZIA GIOPPO NUNES (avaliadora externa - UFG)

Prof(a). Dr(a). REGINA CÉLIA BUENO DA FONSECA (avaliadora - PPGTPS IFG)

Prof(a). Me(a). RODRIGO LIMA SANTOS (avaliador externo – UFG)

Prof(a). Dr(a). RAPHAEL DE AQUINO GOMES (avaliador- PPGTPS IFG)

Aprovado em: 22/12/2020

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Lima Santos, RODRIGO LIMA SANTOS - OUTROS - IFG - CÂMPUS GOIÂNIA (10870883000225)**, em 09/02/2021 20:43:23.
- **Fabrizia Gioppo Nunes, FABRIZIA GIOPPO NUNES - 332105 - PROFESSOR ASSISTENTE DE REGÊNCIA DE CLASSE - UFG (01567601000143)**, em 04/02/2021 15:31:30.
- **Raphael de Aquino Gomes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/12/2020 09:17:06.
- **Regina Celia Bueno da Fonseca, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/12/2020 00:40:47.
- **Alex Mota dos Santos, ALEX MOTA DOS SANTOS - 332105 - PROFESSOR ASSISTENTE DE REGÊNCIA DE CLASSE - UFG (01567601000143)**, em 22/12/2020 20:28:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/12/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/autenticar_documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 117625

Código de Autenticação: b2e919676b



Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, o criador, aquele que permite todas as coisas e que esteve e está comigo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu amigo e irmão em Cristo, Helci Ferreira Ramos, obrigada por todas as palavras de motivação e todo o conhecimento me passado para que eu pudesse fazer parte desse programa de mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alex Mota dos Santos, sempre tão dedicado no que faz, um ótimo orientador e professor, obrigada pela paciência em tentar se adequar a minha carga horária, e mesmo assim sempre fazer o melhor para que tudo ocorresse da forma mais positiva possível.

Aos meus colegas de mestrado, tantas áreas diferentes em apenas uma sala, obrigada pelos momentos de aprendizado e por todo o companheirismo, seja em sala de aula ou na lanchonete do IFG ou da UFG, com certeza vocês fizeram diferença na conclusão de cada uma daquelas disciplinas cursadas. Em especial agradeço a Gabriela Portis que mesmo sendo de áreas distintas juntas realizamos e apresentamos trabalhos.

Agradeço a minha família que compreendeu a minha ausência durante toda essa fase e que sempre me motivou com palavras de fé e encorajamento.

Aos meus amigos do pequeno grupo da igreja Batista por sempre lembrarem de mim nos momentos de oração, é muito bom poder contar com vocês.

A equipe Geodata, por compreender e me permitir cumprir toda a carga horária do mestrado.

A todos, minha gratidão.

Embora os montes sejam sacudidos e as colinas
sejam removidas, ainda assim a minha fidelidade
para com você não se abalará.
Isaías 54:18

RESUMO

O crescimento das principais cidades brasileiras coloca em evidência a necessidade de se planejar, de forma organizada, os espaços urbanos, de tal modo que pessoas, produtos e serviços circulem de maneira eficiente. Isso se faz necessário visto que a população das cidades cresce em ritmo acelerado, resultando em impactos sociais, ambientais e econômicos de toda ordem. Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo avaliar o crescimento urbano em dois eixos de transportes implantados na cidade de Aparecida de Goiânia, estado de Goiás, e realizar simulações de cenários futuros. Para alcançar o objetivo aplicou-se o programa Dinamica EGO, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Parte dos dados de entrada foram obtidos a partir do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução espacial e outra parte dos dados foi obtida em portais como SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação) e Earth Data, todos manipulados num Sistema de Informação Geográfica (SIG). A partir de produtos de sensoriamento remoto juntamente a aplicação da modelagem Dinamica EGO foi possível simular cenários futuros para os eixos de transporte em estudo. Com os resultados obtidos observou-se o aumento de residências, comércios e infraestruturas municipais nas proximidades em que os sistemas viários foram implantados, estes permitem uma melhor circulação de serviços e mercadorias.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Dinâmica, Crescimento Urbano, Sistemas Ambientais, Geotecnologias.

ABSTRACT

The growth of the main Brazilian cities highlights the need to plan urban spaces in an organized way, in such a way that people, products and services circulate efficiently. This is necessary since the population of cities grows at an accelerated pace, resulting in social, environmental and economic impacts of all kinds. In this context, the research aims to evaluate urban growth in two transport axes implemented in the city of Aparecida de Goiânia, state of Goiás, and perform simulations of future scenarios. To achieve the objective, the application of the computer program Dinamica EGO, developed by the Remote Sensing Center of the Federal University of Minas Gerais (UFMG), is proposed. Input data was obtained from digital processing of high spatial resolution remote sensing images and another part of the data was obtained from portals such as SIEG (State Geoinformation System) and Earth Data, all manipulated in a Geographic Information System (GIS). From remote sensing products together with the application of the Dynamic EGO modeling it was possible to simulate future scenarios for the transport axes under study. With the results obtained there was an increase in residences, shops and municipal infrastructures in the vicinity in which the road systems were implemented, these allow a better circulation of services and goods.

KEYWORDS: Dynamic Modeling, Urban Growth, Environmental Systems, Geotechnologies.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
Capítulo I: Modelagem de Sistemas Ambientais	13
1.1 - Modelagem Ambiental	15
1.2 – A cobertura do solo e as influências das redes de transportes.....	16
1.3 - Fontes de dados e de informações para modelagem ambiental com foco em áreas urbanas	19
1.4 – Aquisição de dados e informações geográficas	22
1.5 – Processamento de dados e informações geográficas	23
1.6 – Modelagem com Dinamica EGO, aplicações	26
Capítulo II: Materiais e Métodos.....	29
2.1 Área de Estudo	30
2.1.1 Os eixos estruturantes de transportes em Aparecida de Goiânia.....	31
2.2 Obtenção de dados de entrada	34
2.2.1 Cobertura do Solo.....	35
2.2.2 Processamento.....	42
2.2.3 Variáveis Explicativas.....	46
2.2.4 Densidade Demográfica.....	48
2.3. O modelo de Autômato Celular do Dinamica EGO.....	50
Capítulo III: Resultados	56
3.1 Análise da distribuição da população nos setores censitários para os anos de 2000 e 2010.	57
3.2 – Análises de uso e ocupação do solo para os 2 eixos.....	59
3.3 Cenários futuros.....	66
3.3.1 Cobertura do solo em cenários futuros.....	69
4 Considerações finais	74
5. Conclusões	75
6 Referências.....	77

INTRODUÇÃO

O crescimento e a concentração da população em cidades colocam em evidência a necessidade de se planejar os espaços urbanos, de tal modo que pessoas, produtos e serviços circulem de forma segura e eficiente. Isso certamente resulta na melhoria da qualidade de vida das pessoas, o que é um parâmetro ambiental necessário para o desenvolvimento sustentável.

As pesquisas em áreas urbanas são relevantes e urgentes no Brasil, já que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) estima-se que mais da metade da população brasileira (57,0% ou 118,9 milhões de habitantes) vive em apenas 5,7% dos municípios (317), que são aqueles com mais de 100 mil habitantes. A cidade de Aparecida de Goiânia, localizada no estado de Goiás, estudada nesta pesquisa, ocupa a 17^o posição do *ranking* dos municípios com mais de 500 mil habitantes, exceto as capitais. Este município passou por profundas transformações na sua estrutura intraurbana, a partir da formação de novas centralidades (PINTO, 2009). Além disso, segundo Santos et al. (2018), observam-se transformações significativas na estrutura da cidade, especialmente com a implantação do Polo Industrial do Estado de Goiás e de inúmeras instituições de ensino superior tanto públicas como privadas, que são caracterizadas como polos geradores de viagens.

Desse modo, infraestruturas de transportes, especialmente os eixos estruturantes, têm sido implantados na cidade de Aparecida de Goiânia. Com efeito, se torna relevante avaliar a dinâmica de crescimento urbano ao longo dos eixos de transportes, dos quais foram escolhidos dois eixos sendo eles totalmente urbanos: o eixo - 03, à margem esquerda da BR-153 e o eixo - 05, responsável por conectar cinco grandes avenidas da região oeste da cidade.

Análises dessa natureza são recorrentes em diversas partes do mundo, porém não comuns nos municípios goianos. Das abordagens para outros países destaca-se a pesquisa de Waddell (2007), que utilizou modelagem com foco no desenvolvimento urbano e cobertura do solo para a cidade de Springfield - Estados Unidos, visto que havia uma preocupação relacionada à expansão, quantidade de congestionamento e perda de vazios urbanos por conta do crescimento de áreas metropolitanas próximas à cidade. Rajchandar et al. (2017) também usaram da modelagem para a avaliação do crescimento urbano. Para isso os autores utilizaram a plataforma de modelagem TerraME que possui interface de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A área de estudo foi a favela de Dharavi, considerada uma das maiores do mundo situada no meio de Mumbai, na Índia. Segundo os referidos autores, a comercialização da indústria agrícola e o aumento de diversos setores influenciam no desordenado e rápido crescimento urbano resultando no aumento da diferença do nível socioeconômico na cidade. Com os resultados obtidos, os

autores concluíram que o projeto proporcionou uma maior compreensão das razões para criação de favelas urbanas, e que as ferramentas de SIG foram amplamente necessárias para a preparação e obtenção dos resultados.

Van Kooten (1993), já discutia na década de noventa a respeito dos lucros provenientes da valorização de certas áreas após a melhoria na acessibilidade viária, para o autor os lucros são provenientes da multiplicação do valor das terras adjacentes a uma nova estrutura viária. Já no século XXI Santos Junior (2015) segue a mesma ideia de Van Kooten em relação a infraestrutura e valorização, para o autor o estado desempenha um papel importante na determinação do valor do solo, visto que vem dele parte do provimento de serviços relacionados a infraestrutura.

Assim, algumas perguntas a nível do município de Aparecida de Goiânia também surgem, das quais: as grandes obras de infraestrutura viária contribuem para o adensamento populacional e favorecem a mobilidade urbana da população, ou serve apenas à especulação imobiliária? De fato, a população está usufruindo dessa rede de transportes?

Essas reflexões em Aparecida de Goiânia são importantes, pois segundo Santos et al. (2018), percebe-se que o desenvolvimento da cidade é no máximo um crescimento, pois os bairros residenciais ocupados por pessoas na linha da pobreza, pouco se transformam em benfeitorias a sociedade. Também afirma Nunes (2017), que o conjunto de benfeitorias públicas se condensa em torno das obras do Complexo Logístico Industrial e Alfandegário, atendendo principalmente a um grupo de empresários. Além disso, estes recebem incentivos fiscais para implantação destes tipos de empreendimentos no município.

A partir de tais constatações, o objetivo da pesquisa é avaliar o crescimento urbano em dois eixos de transportes implantados na cidade de Aparecida de Goiânia e realizar simulações de cenários futuros por meio da modelagem dinâmica.

A pesquisa se justifica pelo fato de que os estudos que têm como área de estudo o município de Aparecida de Goiânia, são insuficientes em número e em variedade de análise. Ao se comparar com a capital identificou-se que Aparecida de Goiânia vive à margem das discussões sobre a influência dos usos de transportes. Portanto, investir numa pesquisa nesse recorte espacial é a primeira justificativa desse estudo ao nível do mestrado;

Além disso, observou-se quantidade insuficiente de pesquisas tanto em número quanto em variedade de análise em que se relacionam os temas de uso do solo e de transportes no Estado de Goiás. Por fim, a cidade de Aparecida de Goiânia apresentou alto crescimento populacional nos últimos anos.

A fim de facilitar o entendimento desta dissertação, a mesma foi dividida em três capítulos. O Capítulo I apresenta a fundamentação teórica e o suporte da pesquisa que se apoiou

em alguns autores, que foram essenciais para as análises. O Capítulo II apresenta e contextualiza a área de estudo e descreve os materiais e métodos utilizados na pesquisa. No Capítulo III e último capítulo são apresentados os resultados da pesquisa que foram divididos em: análise da distribuição da população por setores censitários; análise de uso e ocupações do solo e; modelagem de cenário futuro. Por fim, a partir dos resultados são apresentadas as principais conclusões da pesquisa.

Capítulo I: Modelagem de Sistemas Ambientais



De forma geral, os sistemas ambientais são arranjos complexos de matéria e de energia que se caracterizam por múltiplas interações, que revelam relacionamentos e fluxos dos organismos. O palco para o desenvolvimento dessa complexa interação é o ambiente geográfico. Assim, a modelagem de sistemas ambientais é uma ‘tentativa’ da ciência de compreender como as tais relações complexas ocorrem.

Apesar das inúmeras tentativas da ciência para apreender as dinâmicas dos sistemas ambientais, (e.g. FORD, 1999; KILIC, 200; LIMA, 2010) a modelagem desses sistemas é uma utopia reducionista. Contudo, há outra solução para compreender como os processos ocorrem na terra? Parece razoável que a resposta seja não, portanto, a modelagem de sistemas ambientais é uma possibilidade de análise amplamente aceita.

Desse modo, são reconhecidas as limitações da representação da dinâmica ambiental. Sua aplicação é necessária, já que segundo a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, na Suécia (1972), as atividades humanas provocam alterações que potencializam e colocam em risco a estabilidade dos sistemas ambientais. Nesse sentido, conforme dados disponibilizados pelas Nações Unidas (2019), a população global no ano de 2019 chegou a 7,7 bilhões, com múltiplas demandas no que se refere aos recursos naturais do planeta. Além disso, a maioria das pessoas que habitam a Terra vive em áreas urbanizadas.

Soma-se a isso as constantes crises criadas e alimentadas por um modelo econômico especulativo que não se sustenta. Desse modo, especialmente nas cidades, a distribuição irregular de recursos naturais, especialmente o espaço geográfico, favorece desigualdades que matam pessoas e degradam o ambiente físico. A desigualdade se apresenta de diferentes formas, mas os problemas ocorrem em contextos territoriais, nacionais e internacionais e distintos (PENA e FERREIRA, 2014). E assim, “caracteriza-se pela concentração da precariedade (ou falta) de serviços coletivos e de investimentos públicos em infraestruturas (os ativos e as estruturas de oportunidades), que desse modo provocam a desproteção social das comunidades mais carentes” (PENA e FERREIRA, 2014, p. 26).

Esse cenário é observado e percebido pelas territorialidades que podem ser mapeadas. Essa possibilidade de análise se materializa a partir da apreensão das atividades humanas que marcam e demarcam o espaço. A modelagem ambiental, portanto, apreende esses “sinais”, destaca-se o que é possível de ser apreendido por um conjunto de técnicas e tecnologias, que disponibilizam dados e informações para modelos que têm como objetivo representar um sistema natural.

Neste sentido, um modelo revela uma visão específica, que pode ser dada por um recorte da parte de um sistema maior. No caso desta pesquisa, o recorte é a cidade e dela uma porção que “gentrifica” em decorrência dos investimentos desiguais na infraestrutura de transportes. O transporte é, na perspectiva de Pender e Baum (2000), um importante indicador de estudos em áreas urbanas, sendo descrito com maior detalhe nos próximos tópicos.

Isso ocorre, pois segundo Lefebvre (2004), a prodigiosa expansão das trocas, da economia monetária, da produção mercantil, do “mundo da mercadoria” que vai resultar da industrialização, implica uma mudança radical na formação de cidades e redes de transporte. Nesse sentido, ainda na perspectiva de Lefebvre (2004, p. 46), as cidades “são centros de vida social e política onde se acumulam não apenas as riquezas como também os conhecimentos, as técnicas e as obras”. Desta forma os modelos ambientais são procedimentos técnicos e científicos que contribuem no estudo das cidades, sendo assim, o foco da abordagem do Tópico 1.1.

1.1 - Modelagem Ambiental

Da revisão de literatura observa-se que existem vários tipos de modelos ambientais: hidrológico (MAIDMENT, 1993), perda de solos (Wischmeier e Smith, 1978), crescimento urbano (AGUIAR et al., 2011), de poluição (MATĚJČEK et al., 2002), entre outros. Nessa pesquisa foca-se sobre modelagem ambiental de crescimento urbano. Na sequência, a modelagem consiste em uma série de procedimentos que visam representar a realidade de forma simplificada, com o objetivo de estudar um aspecto ou um conjunto de aspectos.

A modelagem ambiental é utilizada para um fim específico, com objetivo de descrever satisfatoriamente a realidade, um modelo, passível de ser generalizado, estendido. Porém, os modelos também são passíveis de erros, com isso é importante ter o conhecimento de suas incertezas e complexidades. Desse modo, se torna importante a validação do modelo e os seus testes em relação a retratação do ambiente real.

A modelagem reflete um procedimento intuitivo da mente humana, na tentativa de compreender os diversos fenômenos presentes no mundo por meio de sua representação. Ao longo do tempo, a modelagem foi adquirindo “traços” específicos que a tornaram um método, uma ferramenta específica, para aprimorar o conhecimento de sistemas. Christofolletti (1999), afirma que a modelagem pode ser considerada como um instrumento entre os procedimentos metodológicos da pesquisa científica.

Os modelos, como referido, são atribuídos a um fim específico que podem descrever satisfatoriamente a realidade dando simplicidade a solução de problemas e tomada de decisão. Assim, a modelagem ambiental, no contexto deste trabalho, consiste na aplicação de um modelo de cobertura e uso da terra, que revela demandas e potenciais de alocações com o intuito de gerar cenários futuros que podem ajudar em tomada de decisão.

Os modelos de cenários de crescimento urbano só têm êxito e só respondem adequadamente às questões, colocadas pela pesquisa, se estiverem disponíveis dados e informações confiáveis que revelam a cobertura e uso da terra, descritos no Tópico 1.2.

1.2 – A cobertura do solo ¹e as influências das redes de transportes

A abordagem sobre a cobertura e uso da terra, termo adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é recorrente nas mais diversas pesquisas. Contudo, é preciso esclarecer do que se fala, quando se trata de sua definição.

O IBGE (2013) afirma que o uso da terra, dentre as várias definições existentes, geralmente está associado às atividades conduzidas pelo homem e relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema. Ainda segundo o IBGE (2013), “os instrumentos de coleta como o sensor remoto não registram as atividades diretamente, mas antes as características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo”. Desse modo, “as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura, precisam ser interpretadas a partir de tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e de sua localização no terreno” (IBGE, 2013, p. 44).

Adicionalmente, o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) do Departamento de Comércio dos Estados Unidos revela que há diferenças entre cobertura e uso da terra. Para o NOAA (2015) a cobertura do solo documenta o quanto de uma região é coberta por florestas, áreas úmidas, superfícies impermeáveis, e outros tipos de terra e água. Já o uso da terra mostra como as pessoas usam a paisagem, seja para desenvolvimento, conservação ou uso misto (NOAA, 2015).

Apesar disso, segundo o IBGE (2013), os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação entre si e costumam ser aplicados alternativamente. Desse modo, foi adotado nesta pesquisa o termo cobertura do solo.

Apesar disso, destaca-se que nos ambientes urbanos predominam os ‘usos’ em detrimento

¹ Neste trabalho foi adotado o termo cobertura do solo, porém nesse tópico foi exibido termos utilizados por outros autores.

das ‘coberturas’, pois cidades são ambientes alterados pela dinâmica de intensa ocupação. Desse modo, ocorrem a sub variação que decorrem das infraestruturas de transportes, foco dessa análise. Com efeito, de forma geral, os transportes, a parte de infraestrutura, os fluxos e as redes condicionam os usos de uma área geográfica ou seria o contrário?

Segundo Campos (2013), historicamente o transporte tem se mostrado como um elemento indutor do crescimento de uma região. A autora utiliza como exemplo, as cidades que cresceram em torno de portos, ao longo de estradas de ferro, dentre outros. Essas obras, em função das atividades desenvolvidas, atraem viagens e criam toda uma dinâmica de usos múltiplos da terra, que a autora refere como usos do solo. Por outro lado, categorias diferentes de uso do solo geram diferentes padrões de viagens (CAMPOS, 2013). Portanto, há uma interdependência ou interações elementares que resultam de diversas forças políticas e econômicas que atuam na configuração e reconfiguração dos espaços urbanos. Com efeito, transporte e uso do solo são indissociáveis (ROCHA, 2014).

Assim, no processo de planejamento deve-se observar a instalação dos espaços de circulação nos seus diversos modos de transportes. Contudo, o que se observa é que o planejamento do território brasileiro, favorece ainda hoje, por diversas questões que não foram alvo de análise nesta pesquisa, o modo individual do uso do automóvel.

Nesse sentido, segundo ANTP (2012), quanto mais espaço se dá ao automóvel mais automóveis são atraídos em um ciclo irracional. Ou seja, apesar dos planejamentos e infraestruturas, o resultado sempre será o uso de mais automóveis. Uma das ações que também provoca o maior uso de automóveis e logo, maior adensamento e intensidade de algumas atividades em relação ao uso do solo é o espraiamento das cidades, que faz com que a população percorra um maior caminho para chegar ao destino final.

Além disso, segundo Moraes (1988), a vinculação de cada terreno urbano ao ordenamento territorial se dá pelo princípio da função social da propriedade. Esta é definida pelo plano diretor, documento que estabelece os parâmetros de uso de cada região da cidade. Todavia as ações, públicas ou privadas, que impactam em modificação do ambiente construído estão submetidas ao plano diretor, inclusive a implantação de infraestrutura, como sistema viário, linhas de metrô e redes de distribuição de energia elétrica e água.

Nesse sentido, para direcionar a infraestrutura de transportes das cidades no Brasil existe a política urbana que está em tratamento constitucional desde 1988. A Constituição Federal de 1988 elenca como um de seus objetivos “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade” (art. 182). Seu instrumento básico, como referido, é o plano diretor, que deve conter “exigências fundamentais de ordenação da cidade” (§ 2º). O Ente Federativo competente para

executá-la é o município, a quem compete “promover adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (art. 30, VIII).

Desse modo, segundo a administração pública local, o planejamento na cidade de Aparecida de Goiânia seguiu as políticas de transportes e uso do solo adotadas nas últimas quatro décadas, que se caracterizaram por procurar atender predominantemente as necessidades das viagens por automóveis (NZTA, 2013).

Além da priorização do transporte individual por automóvel, observa na cidade de Aparecida de Goiânia, o fenômeno da especulação imobiliária e fundiária (SANTOS et al., 2018). Esse fenômeno, segundo Soares (2016, p.41), resulta dos modelos de urbanização segregado e espraiado em que as cidades, “sobretudo as grandes, ocupam, de um modo geral, vastas superfícies, entremeadas de vazios”.

A especulação imobiliária ocorre quando os proprietários ou grupos econômicos adquirem ou retém deliberadamente a posse da terra para futura negociação (RESENDE, 2013), não há o uso imediato. Além disso, “a especulação é responsável pelo encarecimento da moradia urbana, pelos vazios urbanos, pela subutilização da infraestrutura urbana e pelo encarecimento dos transportes” (GONÇALVES, 2002, p. 1). Para Macedo (2010), o fato de o solo ser reconhecido para propiciar renda foi exposto desde o século XVIII e pelo que se observa no município de Aparecida de Goiânia, mesmo com a legislação vigente, o poder público não conseguiu contornar o uso da terra para especulação imobiliária.

Deste modo, a valorização de áreas, sendo elas por acessibilidade, utilidade ou localização provocam o surgimento de novas centralidades, que nem sempre atendem ao planejamento que favorece a sociedade em geral. Ao contrário, a centralidade planejada aos interesses da comunidade em geral deve possibilitar deslocamentos a pé, por bicicleta ou transporte público, de modo a evitar longos deslocamentos diários, dos tipos bairro/centro e centro/bairro. Esse fato é observado na maioria das grandes cidades e não é diferente em Aparecida de Goiânia. Segundo Kneib (2014), cada escala da estrutura espacial urbana (rede de centralidades) deve ser relacionada a determinados modos de transporte, o que possibilita a formação de uma rede com integração entre os diversos modos, potencializando a relação entre transporte e uso do solo.

A título de exemplo, explorou-se a pesquisa de Santos (2015). Segundo o autor apesar de haver um documento legal que orienta o planejamento e ordenamento do solo, as centralidades estão geralmente associadas à existência de um sistema de transporte. Tal questão pode ser confirmada historicamente, com a expansão das fronteiras urbanas e a localização das atividades,

sejam elas econômicas ou de habitação. Essa dinâmica influencia na acessibilidade, que segundo o autor, está fortemente vinculada ao processo de expansão e desenvolvimento territorial, seja em nível urbano, regional ou nacional (SANTOS, 2015).

Desse modo, ao analisar a relação entre o uso do solo e a acessibilidade nas cidades de Londres, Nova Iorque, Toronto, Buenos Aires, Hong Kong, Curitiba e São Paulo, o referido autor observou uma forte relação entre os locais de concentração de empregos com os locais atendidos pelo transporte estrutural (SANTOS, 2015).

Ainda segundo o autor supracitado, nem sempre há uma relação de demanda pelo uso das vias com locais que possuem infraestrutura. Isso ocorre, pois, os planos urbanísticos de desenvolvimento das cidades, com destaque para as brasileiras, não raramente se tornam “reféns” do planejamento e expansão da infraestrutura de transportes, muitas vezes elaboradas desconsiderando diretrizes de planos mais abrangentes (SANTOS, 2015).

Por fim, superadas as análises das inter-relações do uso do solo e as influências das redes de transportes é importante refletir que tais análises só são possíveis a partir de dados e informações geográficas. Dessa maneira, o Tópico 1.3 explora as possibilidades de fontes de dados e de informações, no caso dessa pesquisa, para modelagem ambiental.

1.3 - Fontes de dados e de informações para modelagem ambiental com foco em áreas urbanas

Segundo Santos et al. (2018, p. 250) “a informação espacial deriva de dados adequadamente adquiridos e manipulados que são importantes nas análises geográficas, pois sustentam ou refutam hipóteses acerca de pesquisas nas áreas ambientais, sociais e econômicas”. Ainda segundo os autores, as fontes são diversas, dentre as quais, destacaram os vários órgãos municipais, estaduais e federais, além de empresas privadas, organizações não governamentais e universidades.

Entretanto, a produção e disponibilização de dados espaciais georreferenciados são desiguais no território brasileiro. No contexto global, observa-se que países mais desenvolvidos apresentam vultosos recursos para produção de dados e informações geográficas. Ao contrário, nos países em desenvolvimento, caso do Brasil, observa-se que a disponibilidade deste tipo de dado é heterogênea em quantidade, variedade e qualidade.

Nesse contexto, de acordo com Drozdynski et al. (2007), o planejamento da mobilidade urbana depende em grande parte da presença de bons dados de navegação, porém infelizmente, alguns dados nem sempre estão disponíveis. Entretanto, para ressaltar a importância desses dados, Jannuzzi (2018), afirma que o Brasil seria diferente do que é hoje se não fossem as

informações produzidas pelo IBGE, pois mesmo essas informações não sendo distribuídas de forma homogênea, ocorrendo a falta delas poderia resultar em um quadro seguramente pior. Neste contexto de necessidades de informações, destaca - se os censos realizados pelo IBGE, que permite revelar os bolsões de pobreza e outras iniquidades sociais no território nacional, nos municípios e seus bairros.

O IBGE é um dos principais canais de distribuição de informações georreferenciadas do Brasil. Desse modo, muitas das vezes seus dados são tratados e rerepresentados por outros portais não oficiais, como aqueles criados por alunos, professores ou simpatizantes da área de sistema de informação geográfica. Normalmente essas bases que oferecem dados rerepresentados fazem um apanhado de dados disponíveis em portais governamentais como por exemplo, IBGE, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Como exemplo de bases não oficiais, pode de se citar o portal do Observatório das Metrópoles (<https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/>), que é um grupo que funciona em rede, reunindo instituições e pesquisadores dos campos: universitário, governamental e não-governamental. Além desse, destaca-se o Forest – GIS (<http://forest-gis.com/>), um portal exclusivo sobre dados e informações da área das geotecnologias.

O Brasil conta com alguns portais, em sua maioria desenvolvidos por esforços governamentais ou por parcerias público-privadas. Esses portais fornecem e promovem a disponibilização de dados e informações georreferenciadas em diferente formatos e escalas, na sua maioria obtida por *softwares* livres de geoprocessamento e publicações científicas.

No estado de Goiás, destaque é dado para o Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), de responsabilidade do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), que tem entre suas competências a produção, a sistematização e a disponibilização de bases cartográficas, mapas temáticos e estudos geográficos. Além disso, é responsável pela cartografia da Divisão Administrativa e Territorial de Goiás.

O portal do SIEG é uma conquista para o estado, contudo o SIEG fornece dados em uma escala regional e não local. Outra base disponível, que também merece destaque, é o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), vinculado ao Instituto de Estudo Sócio-Ambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). De acordo com Parente et al. (2013), esta base existe desde 1995 e conta hoje com um grande acervo de dados e informações sobre o meio socioeconômico e físico do Bioma Cerrado. Todos esses dados de conhecimento científico e tecnológico são oriundos de monografias, dissertações, teses e de diversos projetos científicos.

Além de bases de alcance nacional e estadual há também bases que disponibilizam dados

e informações à escala do município no nível regional e social, neste contexto destaca-se o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEADATA. Esse instituto é fonte de dados e informações para modelagem ambiental com foco em áreas urbanas e permite a reprodução e utilização de seus dados em formas de tabelas, mapas, gráficos e textos. Apesar de sua importância, observa-se que muitos dados estão desatualizados, quando a análise tem como foco os municípios.

Essas bases são importantes, pois as prefeituras, especialmente de pequenas e médias cidades, não dispõem de departamentos próprios de aquisição, manipulação e disponibilização de dados e informações geográficas. O estado de Goiás é um exemplo, pois possui uma companhia de processamento de dados geográficos à escala do município. Contudo, a disponibilização ainda é deficitária, só ocorre sob demanda, apesar da estruturação do SIG-Região Metropolitana de Goiânia no *site* do SIEG.

No município de Aparecida de Goiânia a situação também não se difere, a cidade dispõe de uma equipe que auxilia a prefeitura na produção de dados para tomada de decisão. A equipe compõe a secretaria de planejamento e regulação urbana, contudo, apesar de uma das premissas do planejamento ser “elaborar e atualizar a cartografia municipal” esses dados não se encontram disponíveis em nenhum portal. Entretanto, refere-se que não foi identificado nenhum trabalho que falasse da ausência de dados regionais para o estado de Goiás.

Assim, diante dessas dificuldades, destacam-se os dados de bases colaborativas, que segundo Griffin et al. (2017), é um novo contexto de uso dos mapas que demanda atenção dos pesquisadores em Cartografia. Estas bases podem ser uma solução para a falta de bases mais específicas e mais detalhadas. Dentre os mapeamentos colaborativos destaca-se o *OpenStreetMap*®, que segundo Perkins (2011), é uma das plataformas de mapeamento colaborativas mais difundida no cenário global.

A ferramenta *OpenStreetMap*® foi desenvolvida por Steve Coast, na época que ainda era estudante de computação, da *University College London*. A princípio a ideia do estudante era realizar o mapeamento apenas da região do Reino Unido, mas logo despertou o interesse de outros pesquisadores do mundo. Griffin e Fabrikant (2012), afirmam que a facilidade e a existência dessa participação no mapeamento colaborativo, se deu pelo desenvolvimento dos sistemas de posicionamento instalados nos dispositivos móveis, com valores financeiros cada vez mais acessíveis a todas as camadas da população.

À primeira vista esta facilidade de participação nos mapeamentos se mostra bastante positiva, porém de acordo com Bravo et al. (2015), a confiabilidade e qualidade em relação a questões geográficas desses dados tem causado preocupação nos usuários. Essas incertezas, em

relação a confiabilidade de dados, são devido a entrada de usuários de diversas características, que resulta na falta de padronização, incompatibilidade na geração ou postagens de dados, que podem corromper a cadeia de comunicação.

A ferramenta *OpenStreetMap*® possui o módulo *Josm*, que é um SIG com o objetivo de baixar e editar dados do *OpenStreetMap*®. A partir desse módulo o usuário pode produzir dados e os remeter para a comunidade global de usuários.

Assim, apesar do cenário atual, que favoreceu a disponibilização de dados e informações, ainda é necessário investir na sua produção, especialmente quando o objetivo é realizar uma pesquisa acadêmica que necessita de dados de melhor detalhe da escala cartográfica. Contudo, para que essas informações sejam obtidas faz-se necessário o uso de técnicas e tecnologias específicas que estão descritas no Tópico 1.4.

1.4 – Aquisição de dados e informações geográficas

A aquisição de dados e informações espaciais pode ocorrer de forma indireta, através das geotecnologias. Por geotecnologias, compreende-se o conjunto de técnicas e tecnologias empregadas na aquisição, processamento e disponibilização de informações geográficas, dentre as quais, a tecnologia de Sensoriamento Remoto, Geodésia e Sistema de Informação Geográfica (SILVA, 2009). O Sensoriamento Remoto configura a principal tecnologia de aquisição de dados e o SIG, a ferramenta de processamento e manipulação, que oferece recursos classificados no âmbito do Geoprocessamento, Tópico 1.5.

De forma geral, a aquisição de dados por Sensoriamento Remoto (SR) dispensa o contato entre o alvo imageado e o instrumento imageador (ROSA, 2001). Esta técnica consiste na aquisição de dados por meio de sensores colocados a bordo de aeronaves ou satélites artificiais. Um dos pontos positivos em imagens de SR é a sua periodicidade, que permite a geração de mapas de qualquer parte da superfície terrestre sempre atualizados, tanto no que se refere a dados quantitativos quanto qualitativos. Segundo Albuquerque (2009), o potencial de aplicação do Sensoriamento Remoto para a cobertura e uso do solo é inegável, especialmente em levantamentos de uso da terra.

Forster (1994) afirma que o Sensoriamento Remoto surge como uma técnica alternativa e bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano. Esta técnica, aliada a outras tecnologias, fornece a possibilidade de monitorar, além do crescimento urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana. Com o Sensoriamento Remoto é possível identificar as características de diferentes materiais

superficiais. Isto porque estes materiais possuem comportamentos diversos nos vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético.

Os dados obtidos por meio de Sensoriamento Remoto podem variar de acordo com o sensor utilizado. Os dados fornecidos por diferentes plataformas podem ser refinados, por meio de técnicas de processamento de imagens, a exemplo da fusão que consiste em combinar resolução espacial de bandas pancromáticas com informações multiespectrais. Entretanto, mesmo utilizando técnicas para o refinamento de dados, alguns resultados não fornecem riqueza de detalhes que possibilite a melhor visualização dos alvos. Deste modo, para Souza (2012), o potencial de uso dos dados de Sensoriamento Remoto para estudos urbanos depende, principalmente, da resolução espacial.

Segundo Chuvieco (2002), o uso de imagens de baixa resolução, tanto na análise analógica (interpretação visual) quanto na análise automática dificulta o mapeamento da cobertura urbana e não-urbana, pois, não permitem definir com precisão os limites entre ambas. Além disso, como já apontava Foster (1983), os estudos das áreas urbanas são mais complexos do ponto de vista espectral, visto que o menor elemento numa imagem orbital (o *pixel*) pode representar várias coberturas, que para o autor, quanto mais homogênea a superfície, maior é a pureza do *pixel* na representação do objeto.

Segundo Rosa (2001), a qualidade dos dados coletados (precisão e exatidão) vai determinar a qualidade do resultado final do trabalho. Então, em função dos problemas de misturas espectrais provocadas pelo tamanho do *pixel* e logo a resolução espacial, optou-se neste trabalho pelo uso de imagens do Google Earth Pro®, que será melhor descrito na metodologia. O Google Earth® adquire e disponibiliza imagens de alta resolução espacial e modelos tridimensionais, visíveis para todos os usuários da internet.

Além disso, o bom entendimento da informação facilita a análise da mesma e como esta deve ser inserida dentro de um SIG, que como referido, é a ferramenta de processamento de dados e informações geográficas, descrita no Tópico 1.5.

1.5 – Processamento de dados e informações geográficas

O processamento de dados e informações geográficas é realizado através de ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas em ambientes de SIG. Um fator imprescindível nas análises que utilizam geoprocessamento é a padronização do Sistema de Referência de

Coordenadas (SRC) para que ocorra a correta sobreposição entre as camadas. Os SRC são usados para definir a localização espacial dos objetos.

Segundo Vergara et al. (2001), um objeto somente tem sua localização geográfica estabelecida quando se pode descrevê-lo em relação a outro objeto cuja posição seja previamente conhecida ou quando se determina sua localização em relação a um certo sistema de coordenadas ou SRC.

Os elementos utilizados para armazenar dados geoespaciais podem compreender dois formatos, o formato vetorial e o formato matricial. O dado vetorial pode ser representado na forma de ponto, linha e ou polígono, já o dado matricial é representado por meio de uma matriz em que o valor de cada célula pode variar entre 0 e 2⁸.

Segundo Queiroz e Ferreira (2006), o arquivo vetorial do tipo ponto pode ser utilizado para identificar ocorrências e localização no espaço, já a linha é utilizada para guardar feições unidimensionais e o polígono para representar unidades de dados geográficos espaciais como setores censitários, zonas e quadras. Os autores também afirmam que a representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. Por final é necessário ressaltar que esses elementos necessitam de técnicas de geoprocessamento para serem manipulados, algumas das técnicas utilizadas para a realização desta dissertação serão apresentadas adiante.

O geoprocessamento, segundo Silva (2009, p.42) pode ser compreendido por,

“Um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, atuando sobre bases de dados georreferenciadas, por computação eletrônica, propicia a geração de análises e sínteses que consideram, conjugadamente, as propriedades intrínsecas e geotopológicas dos eventos e entidades identificados, criando informação relevante para apoio à decisão quanto aos recursos ambientais”.

Logo, atuando sobre bases georreferenciadas pode-se implementar modelos para cruzamento de dados espaciais, configurando análises e sínteses. Além disso, levando em consideração que o geoprocessamento é um conjunto de técnicas e ferramentas, está exposto no Quadro 01 alguns exemplos de procedimentos utilizados nesta pesquisa.

Quadro 01: Ferramentas de Geoprocessamento.

Ferramenta	Descrição
Buffer/ Área de Influência	Esta ferramenta cria uma nova camada vetorial de polígonos, gerados como zonas de influência em torno das

	geometrias dos elementos vetoriais de uma camada de entrada.
Junção Espacial / Join	Esta ferramenta faz a junção entre tabelas alfanuméricas, permite transferir os atributos de uma camada para outra com base em uma característica comum.
Recortar/ Clip	Esta ferramenta permite limitar a região ou área de interesse do trabalho de uma camada vetorial, extraíndo desta uma zona de interesse.
Junção/ Merge	Esta ferramenta atua sobre mais de uma camada, gerando uma nova camada que une todas as camadas de entrada.

Fonte: Adaptado de CIH, 2012.

As ferramentas de geoprocessamento, que foram apresentadas, podem ser utilizadas para diferentes análises, dentre as quais, aquelas utilizadas por Cordovez (2012), que aplicou o geoprocessamento como ferramenta para gestão urbana e por Conceição e Santos (2017), que realizaram o mapeamento do uso do solo e sua relação com o transporte público.

Tais ferramentas e técnicas de geoprocessamento foram utilizadas também por Peng et al. (2007), para monitorar a expansão urbana no município de Shenzhen, China. Segundo os autores o município de Shenzhen passou por uma rápida urbanização desde a década de 80, e a compreensão dessas mudanças se tornam essenciais para a gestão sustentável dos recursos terrestres. Em suas análises os autores utilizaram imagens Enhanced Thematic Mapper (ETM) de quatro datas distintas e chegaram à conclusão que a área urbana em Shenzhen aumentou 48,08% entre 1979 e 2005.

Todas as atividades e análises que utilizam ferramentas e técnicas de geoprocessamento estão disponíveis em programas específicos, que são chamados de Sistema de Informação Geográfica (SIG), como referido. O SIG permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (TEIXEIRA et al., 1992). Assim, o SIG se apresenta como uma ferramenta para fornecer informações e solucionar problemas de organização e processamento de dados em modelos espaciais, dos quais aqueles aplicados à análise de cenários futuros.

Nesse sentido, para modelar cenários futuros os dados de cobertura e uso do solo podem ser analisados juntamente com outros conjuntos de dados (população, dados vetoriais de infraestrutura de transportes e polos geradores de viagens, entre outros). Além disso, as

informações podem ser armazenadas e manipuladas de maneira flexível e os resultados podem ser documentados em formato mais adequado para tomadores de decisão, especialmente o poder público (ROCHA et al., 1998).

Além do exposto, os SIG podem ser utilizados para sintetizar os modelos naturais a partir de uma estrutura de representações computacionais do espaço, que passa pela discriminação das entidades da realidade. A representação dos dados é normalmente realizada por meio de estrutura matricial e ou vetorial; e do universo de implementação, que envolve o uso de modelos (algoritmos) no tratamento da informação geográfica (CÂMARA e MONTEIRO, 2001).

Para Demeritt e Wainwright (2005, p. 207), na perspectiva do SIG, um modelo pode ser definido como uma representação simplificada ou "abstração da realidade". Assim, aliada às técnicas de SIG, a modelagem dinâmica de cobertura do solo vem sendo utilizada, pois possibilita a representação das mudanças da cobertura do solo de uma região em resposta a um conjunto de circunstâncias impostas ou previstas, auxiliando no planejamento territorial e dos recursos naturais (DIAS e WALDE, 2013).

Clark e Gaydos (1998) apresentam exemplos de técnicas de sistemas de informação direcionadas à modelagem. Os autores utilizaram mapas históricos, fotografias aéreas, mapas analógicos e digitais para diversos períodos e obtiveram produtos como modelos digitais de elevação, áreas urbanas, camadas históricas de transportes, parques nacionais, áreas úmidas protegidas, corpos d'água, áreas agrícolas, florestas e usos da terra. Paula Neto (2019), também utilizou técnicas de geoprocessamento e SIG juntamente com células automatadas. O autor obteve dados de crescimento populacional e padrão de expansão para modelar a avaliação do crescimento urbano no entorno do Parque Macambira/ Anicuns, no município de Goiânia.

Além do exposto, os SIG podem ser associados aos outros modelos, como exemplos, LuccME e Dinamica EGO, sendo o Dinamica Ego foco da análise dessa pesquisa. Dessa maneira, o Tópico 1.6 apresenta as características do Dinamica EGO para modelagem de cenários futuros.

1.6 – Modelagem com Dinamica EGO, aplicações

Como referido, o Dinamica EGO será o modelo adotado na pesquisa. Nesse tópico, se limitou a apresentar o modelo e alguns exemplos de pesquisas consultadas e que aplicaram o Dinamica EGO, já que sua descrição em detalhe, ocorre na metodologia de pesquisa.

Dessa maneira, o Dinamica EGO expõe de forma intuitiva a construção de seus modelos baseados em fluxo de dados e possui capacidade de processamento para um grande volume de informações. O Dinamica EGO foi desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da

Universidade Federal de Minas Gerais (www.csr.ufmg.br/dinamica) e, é baseado em autômatos celulares que consistem em um arranjo n - dimensional de células onde cada célula representa a possibilidade de mudança de estado, partindo de um determinado tempo X para um determinado tempo Y , de acordo com a sua condição espacial que leva em consideração as células vizinhas.

No que se refere às aplicações em áreas urbanas, o Dinamica EGO foi amplamente utilizado como suporte para modelagens em diversas pesquisas (TRENTIN, 2008; TRENTIN e FREITAS, 2010; SANTOS, 2013; CAIXETA, 2014; DELANEZE et al., 2014; KAWASHIMA et al., 2016; RIMAL et al., 2018; RIEGEL et al., 2019).

Desse modo, Trentin e Freitas (2010), revelam que os modelos urbanos surgiram com caráter exclusivamente quantitativo, sendo desvinculados de recursos que viabilizassem a representação espacial dos resultados. Consequentemente “consideravam o crescimento urbano como um todo, ou seja, integravam diversos fatores de análise os aspectos de uso da terra, planejamento e transportes, loteamentos, mercado de trabalho, entre outros” (TRENTIN e FREITAS, 2010, p. 293).

Santos (2013), aplicou o Dinamica EGO para avaliar a dinâmica de expansão das manchas urbanas no eixo de desenvolvimento Goiânia-Brasília, sob influência da Rodovia Federal 060, através da observação de vetores de crescimento e simulação de cenários futuros. Os resultados de sua pesquisa revelaram que os vetores de crescimento urbano obtidos no estudo apontam as tendências de expansão da mancha urbana neste importante eixo de desenvolvimento. Entre estas tendências, destaca-se o adensamento da Região Metropolitana de Goiânia - RMG, Distrito Federal (e seu entorno) (SANTOS, 2013). Rimal et al. (2018) utilizaram o Dinamica EGO para analisar as mudanças passadas e presentes na cobertura do solo e o padrão de expansão urbana para as cidades do vale de Katmandu e arredores, no Nepal. Os autores utilizaram como dados de entrada imagens do LANDSAT dos anos de 1988 a 2016, com intervalo de 4 anos entre elas, para simular a expansão urbana futura existente em 2024 e 2032.

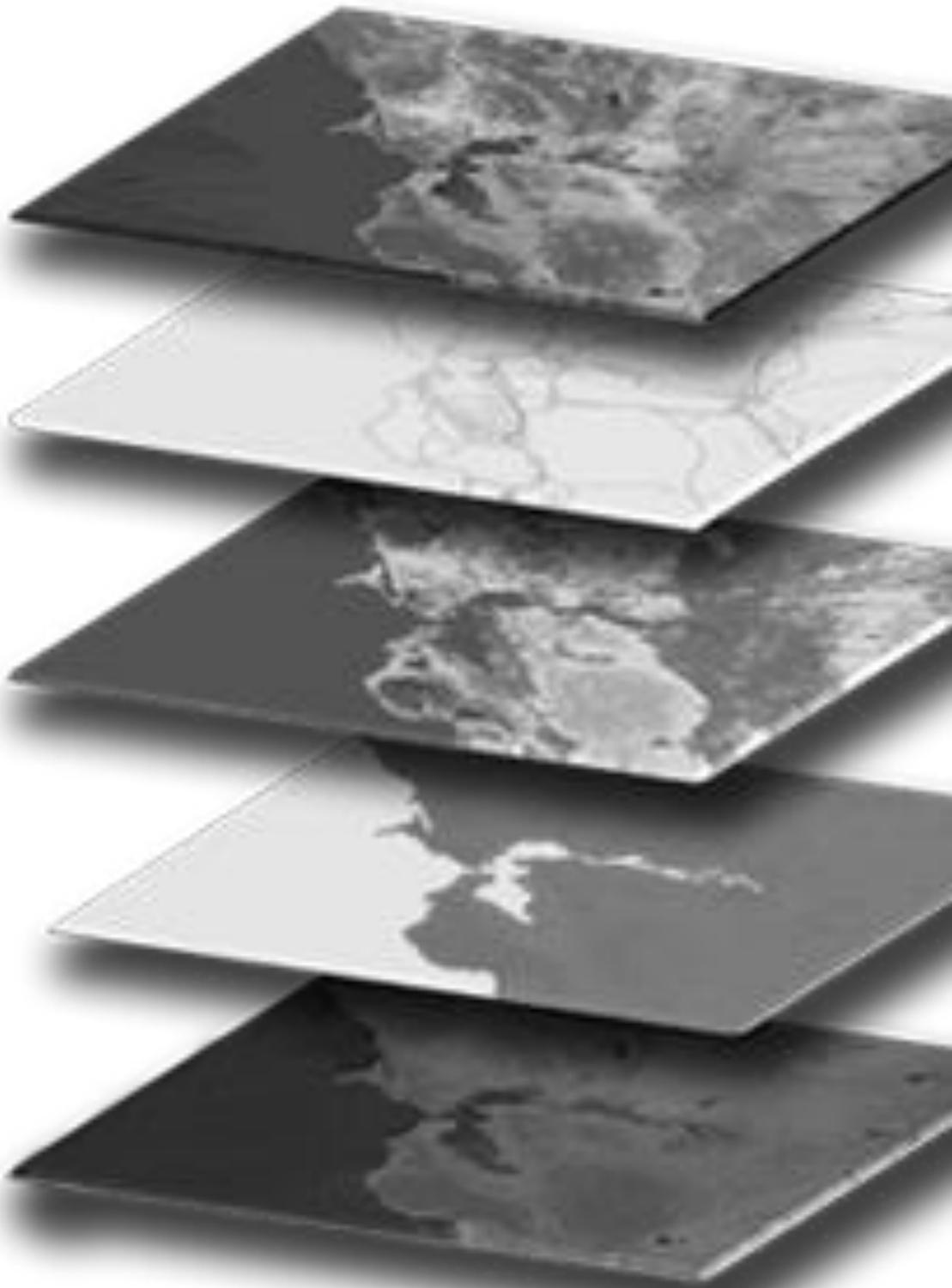
O que há de comum em ambas as pesquisas é o fato de que o Dinamica EGO se vale de um aprendizado de máquina, em que dados de entrada do período passado e presente são utilizados para estimar cenários futuros. Além disso, mesmo que indiretamente as pesquisas revelam as dinâmicas de crescimento nos vetores de expansão, dentre os quais, os das infraestruturas de transportes. Desse modo, destaca-se também que neste tipo de modelo as mudanças não são investigadas e descritas levando-se em consideração um único fator, mas um conjunto de fatores que interagem em determinado período no espaço (AGUIAR, 2006).

Entretanto, segundo Lana (2009), os modelos precisam ser sempre pautados nas leis que governam a dinâmica observada, visto que os modelos já são desafiados a representarem de

forma dinâmica sistemas estáticos utilizando ferramentas que transmitam informações de forma real. Além disso, é importante ressaltar a importância da calibração e validação do modelo utilizado, que é realizada a partir de um conjunto de dados conhecidos, a exemplo os mapeamentos do tempo presente e passado (CAIXETA, 2014).

Como referido, o modelo Dinamica EGO e suas etapas serão descritas no Capítulo 2, em que é apresentada a área de estudo, assim como, as ferramentas e materiais utilizado para a modelagem e também a etapa de modelagem propriamente dita.

Capítulo II: Materiais e Métodos



2.1 Área de Estudo

O município de Aparecida de Goiânia (Figura 01) foi criado a partir da Lei Estadual nº. 4.927, de 14 de novembro de 1963, numa área que já existia como vilarejo desde 1922. Nas décadas de 1970 e 1980 a população da cidade cresceu acima da média nacional, refletindo no crescimento urbano. Esse crescimento foi marginal e dependente da cidade de Goiânia. Assim, ganhou *status* de cidade dormitório (PINTO, 2009), conurbando-se com Goiânia e desempenhando arranjos funcionais intimamente ligados à capital. Atualmente, tem uma articulação econômica dinâmica, com estrutura intraurbana fragmentada, múltipla e desigual, caracterizada pelas novas centralidades.

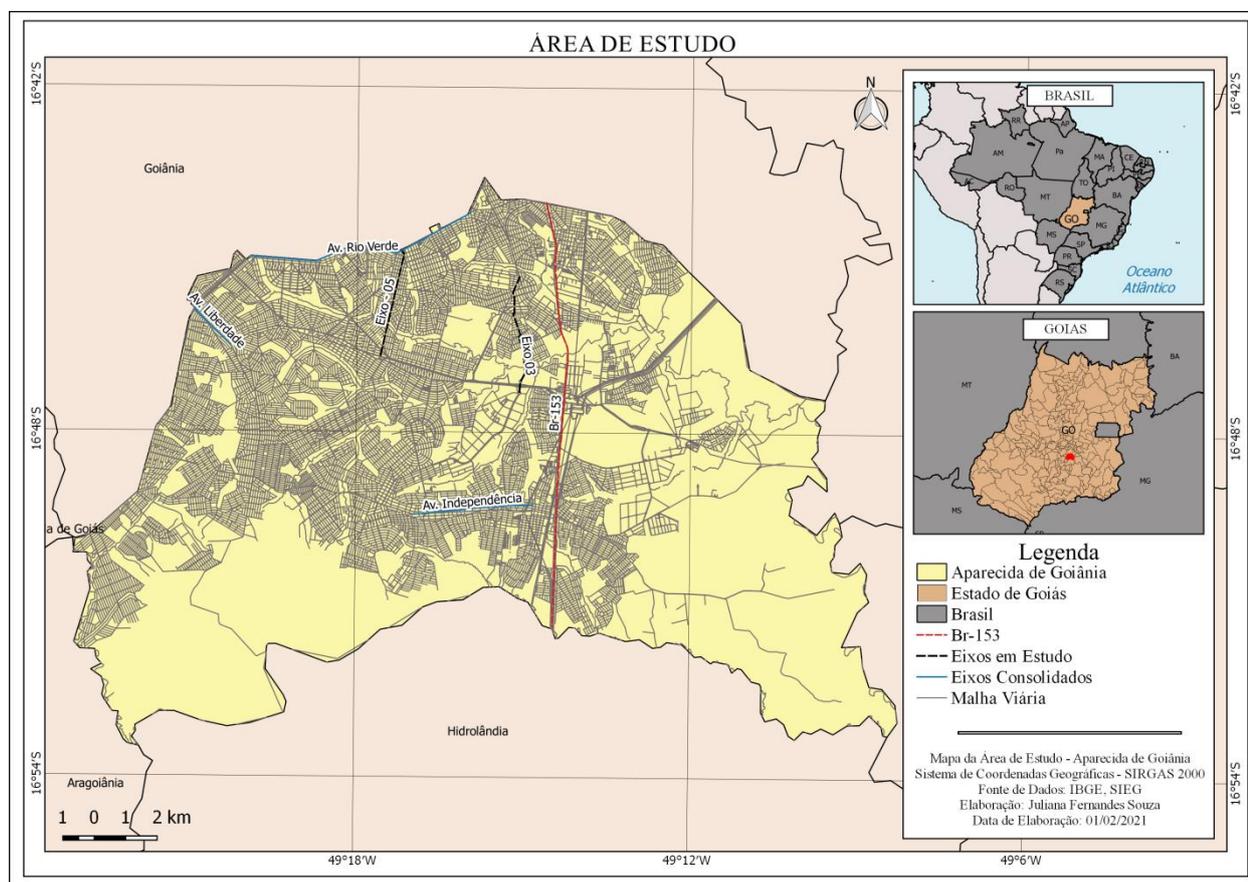


Figura 01: Mapa da área de estudo. Fonte: A autora, 2020.

Um dos fatores que colaboram para o desenvolvimento do município é a geração de empregos que atrai muitos trabalhadores de outros estados. Entretanto, esta migração também é uma das responsáveis pelo crescimento desordenado de suas zonas urbanas, o que por sua vez pode causar um crescimento e adensamento a mercê de um planejamento que atende primeiramente o capital imobiliário especulativo. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município contava no ano de 2018, com 521.910 habitantes

(7,9% da população do estado de Goiás). Esta estimativa apresenta taxa de crescimento de aproximadamente 14,54% em relação à contagem do censo de 2010, quase o dobro da taxa de crescimento do país (SANTOS et al., 2018).

O município ocupa 288,209 km² e se localiza na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), no limite sul da capital, no centro do estado de Goiás. A área dos bairros soma 162,1 km², ou seja, 56,2% da área do município encontra-se loteada (SANTOS et al., 2028). Conforme observação via *Google Earth*® e da pesquisa de Santos et al. (2018), a área sudeste e sudoeste encontram-se ruralizadas, enquanto a porção norte toda urbanizada, especialmente no limite com o município de Goiânia. Além disso, identificou-se que alguns lotes se encontraram ausentes de uso urbano, num processo de reserva de mercado típico do fenômeno de especulação imobiliária denominado terra de engorda (MORAES, 2003). Segundo Ramos e Nunes (2018), o objetivo dessas áreas de ‘pousios’ é serem mais tarde, comercializadas por elevados valores especulativos.

Desse modo, com a intervenção do Estado, a reestruturação urbana da cidade de Aparecida de Goiânia sustentou um processo de gentrificação, “que é a consequência de mudanças, não apenas na qualidade, composição e distribuição da força de trabalho, mas principalmente, na reorganização do espaço para produção, circulação e consumo de mercadorias” (FURTADO, 2014, p. 341). No presente, Aparecida de Goiânia tem protagonismo na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), especialmente pela implantação da infraestrutura, que deveria melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, mas que de fato, contribui para valorização dos espaços urbanos expulsando a população de baixa renda para áreas mais distantes.

Além do exposto, o município é cortado pela Rodovia Federal BR -153, no sentido, norte/sul. Esse eixo impulsiona o Polo Empresarial de Aparecida de Goiânia aos outros estados do país.

2.1.1 Os eixos estruturantes de transportes em Aparecida de Goiânia

A princípio é indispensável referir que o conceito de eixos de transportes utilizado nessa pesquisa foi adaptado de Sant’Anna (1998). Desse modo, ao adaptar esse conceito revela-se que os eixos de transportes representam a ligação entre dois ou mais polos ou mesmo áreas economicamente mais relevantes, e que inclui não apenas a infraestrutura viária, mas um conjunto que revela a dinâmica e os demais elementos do sistema, que deveriam vir acompanhados de novas linhas de ônibus do transporte coletivo de passageiros.

Segundo Breunig e Mello (2010) as rodovias do Brasil tem historicamente se mostrado forte impulsionadoras de mudanças no uso e cobertura do solo. Os autores também afirmam que normalmente as áreas urbanas surgem nas proximidades destas rodovias e usufruem de facilidades logísticas como portos, aeroportos e rodovias.

Assim, os eixos de transportes em estudo (eixos 03 e 05) foram selecionados por serem locais próximos as atividades comerciais e/ou caminhos até essas. É importante esclarecer, que os nomes dos eixos viários não foram escolhidos aleatoriamente, e sim, foram importados das denominações adotadas de Aparecida de Goiânia. O Eixo - 03 liga o Polo Empresarial de Aparecida de Goiânia a Avenida São Paulo e o Eixo - 05 (Porção esquerda, da Figura 01) liga a Avenida Rio Verde ao Anel Viário.

No Plano Diretor do município de Aparecida de Goiânia, a mobilidade é tratada primeiramente pela dimensão do direito à cidade (garantia de ir e vir). Observa-se um planejamento integrado no respectivo documento, uma vez que este aborda a problemática da mobilidade variando desde a escala do bairro à perspectiva da integração regional (deslocamentos de pessoas e cargas e escoamento da produção tanto rural como industrial), além de apresentar a relevância da diversidade de modais de transportes (APARECIDA DE GOIÂNIA, 2002).

No Quadro 02 é possível observar os setores abrangidos por cada Eixo de Transporte e sua área de extensão, mostrando a integração regional norte, sul, e leste da cidade de Aparecida de Goiânia. A localização detalhada dos eixos em análise está apresentada na Figura 02.

Quadro 02: Setores e Distritos abrangidos pelas Eixos de Transportes.

Eixos	Setores e Distritos	Extensão / Característica
Eixo – 03	Av. Independência, Polo Industrial, Vila Maria, Jardim Bonança, Parque Santa Cecília, Parque Primavera e Vila Brasília	4 km de extensão com pista simples
Eixo – 05	Bairro Hilda, Jardim Helvécia e Cidade Vera Cruz.	3,5 km de extensão com bueiro duplo e duas pontes

Fonte: Adaptado da Prefeitura de Aparecida (2014).

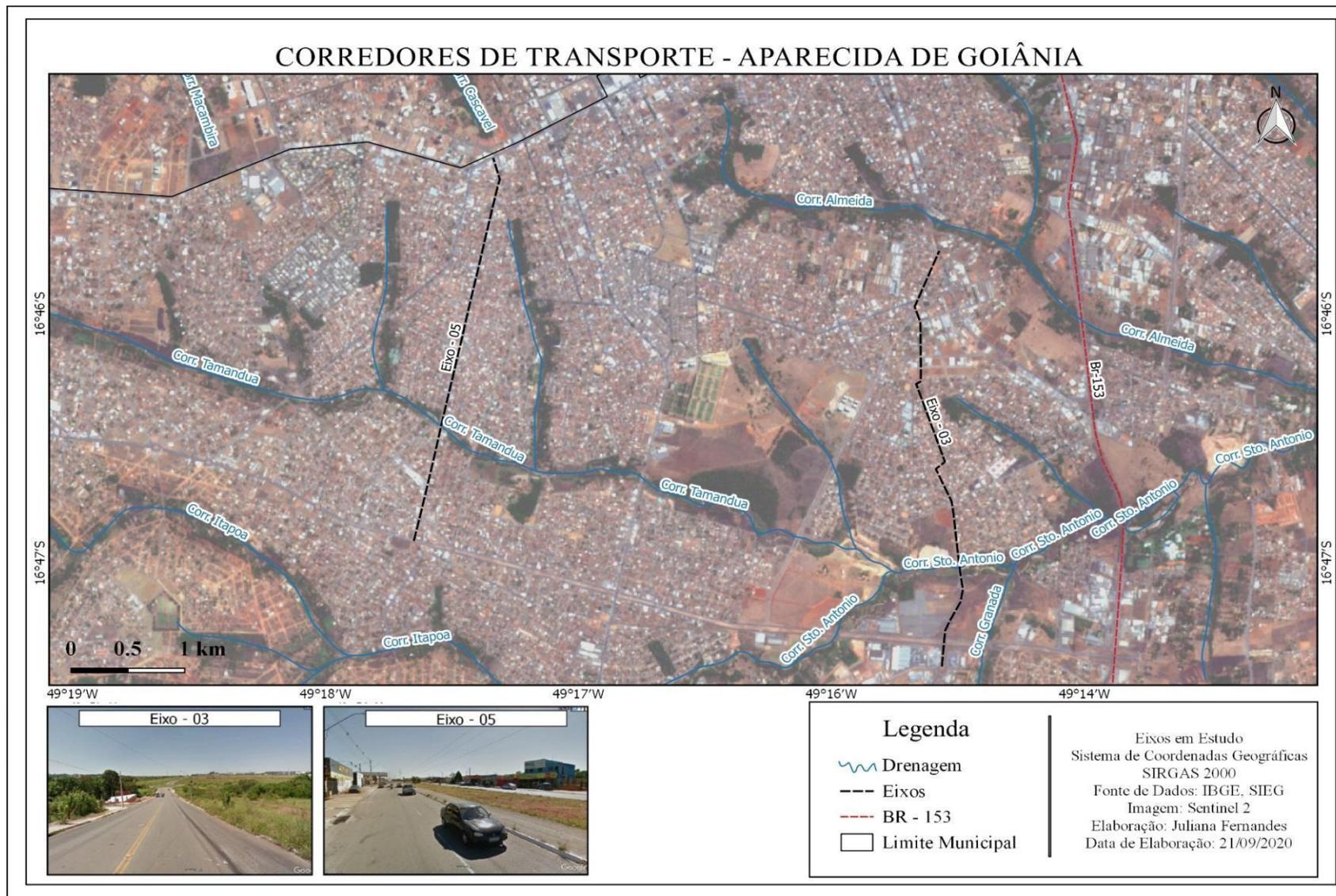


Figura 02: Eixos de Transportes. Fonte: A autora, 2020.

Desse modo, a digitalização para obtenção dos eixos de transportes foi realizada diretamente sobre a imagem do Google Earth Pro®. Tal plataforma foi utilizada devida a possibilidade de se adquirir informações com resolução espacial adequada para análises urbanas e forma gratuita. Para a escolha das datas das imagens a serem analisadas foram utilizados os critérios expostos no Quadro 03.

Quadro 03: Escolha das Imagens

Crítérios	Detalhes
Disponibilidade	Verificar a disponibilidade das imagens para os dois eixos, sendo que todas respeitem o mesmo intervalo temporal
Época	Verificar a disponibilidade de imagens para a mesma época climática, levando em consideração dados do SIMEHGO (2019). Neste caso foram utilizadas imagens de junho e julho, épocas com menor índice pluviométrico.
Interferência de Nuvens	Verificar a disponibilidade de imagens sem taxas de nebulosidade.

Fonte: A autora, 2020.

Após levantados os pontos relevantes para escolha das datas das imagens a serem trabalhadas, foram adquiridas quatro cenas para cada eixo, em um intervalo temporal de quatro anos, resultando em: 2007, 2011, 2015 e 2019.

2.2 Obtenção de dados de entrada

Os sistemas aplicados à modelagem da dinâmica da paisagem, de modo geral, necessitam inicialmente de dados de entrada, sendo um mapa inicial (2007) e final (2019) da paisagem e dados de mapas determinantes (evidências) (LIMA et al., 2013). Desse modo, foram considerados como dados de entrada os arquivos de cobertura do solo, elevação, malha viária e drenagem. A obtenção dos dados de entrada está exposta no tópico 2.2.1 ao tópico 2.2.4.

2.2.1 Cobertura do Solo

As imagens do Google Earth Pro®, quando salvas, não possuem informações geográficas, por isso se fez necessário o seu georreferenciamento. Uma outra alternativa seria as imagens do SASPlanet, que já veem georreferenciadas, porém este satélite não dispõe de imagens multitemporais. Assim, foi realizado o georreferenciamento das imagens do Google Earth Pro®.

De modo geral, o georreferenciamento tem como objetivo tornar conhecidas as coordenadas de uma imagem num dado sistema de referência. Para o georreferenciamento das imagens foi utilizado o programa QGIS, versão 2.18 e o Manual de Georreferenciamento do laboratório de Geotecnologias da UPM – Manckenzie, elaborado em 2013.

Segundo Pamboukian (2013), existem duas formas de se realizar o georreferenciamento de uma imagem no QGIS, uma forma é selecionando pontos de controle de coordenadas (x, y) conhecidas e a outra forma é selecionar pontos de controle de outra imagem já georreferenciada. Neste trabalho foi utilizado o método de coordenadas conhecidas, utilizando como base o Google Earth Pro®, no segundo método seria utilizável extração de coordenadas diretamente de cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), do Exército, em escala 1:50.000, porém, segundo padrão de exatidão Cartográfica, Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984 a precisão desse dado é de 25 metros, o que não seria adequado para uma análise urbana.

Neste sentido Tinoco et al. (2018) realizaram uma comparação entre dois métodos utilizados para obtenção de coordenadas, sendo eles *Global Positioning System* (GPS) de celular e o programa Google Earth Pro®. Como base para comparação os autores adotaram coordenadas obtidas por meio de levantamento com estação total e chegaram à conclusão de que a partir dos dados levantados as coordenadas obtidas por meio do Google Earth Pro® foram mais precisas em relação as do GPS de celular. Entretanto, os autores afirmam que era esperado o menor erro para as coordenadas obtidas pelo Google Earth Pro® visto que esse é uma ferramenta cuja sua especialidade é a geolocalização.

Após definir o modo utilizado para o georreferenciamento o próximo passo foi a inserção dos pontos de controle. Para implantação dos pontos de controle existem alguns critérios como: Escolha da localização e quantidade de pontos. Conforme Santos (2010), a escolha do local dos pontos deve ser de fácil identificação, como cantos, quinas e intersecção de vias. Já a quantidade de pontos a serem implantados de acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) precisa ser de no mínimo seis pontos. Desta forma foi utilizado um total de 10 pontos de controle para cada imagem a ser georreferenciada a fim de se obter uma

melhor distribuição dos mesmos na imagem. Na Figura 03 é possível identificar a quantidade e a localização dos pontos utilizados para as duas áreas em análise, Eixo – 03 e Eixo – 05 respectivamente.

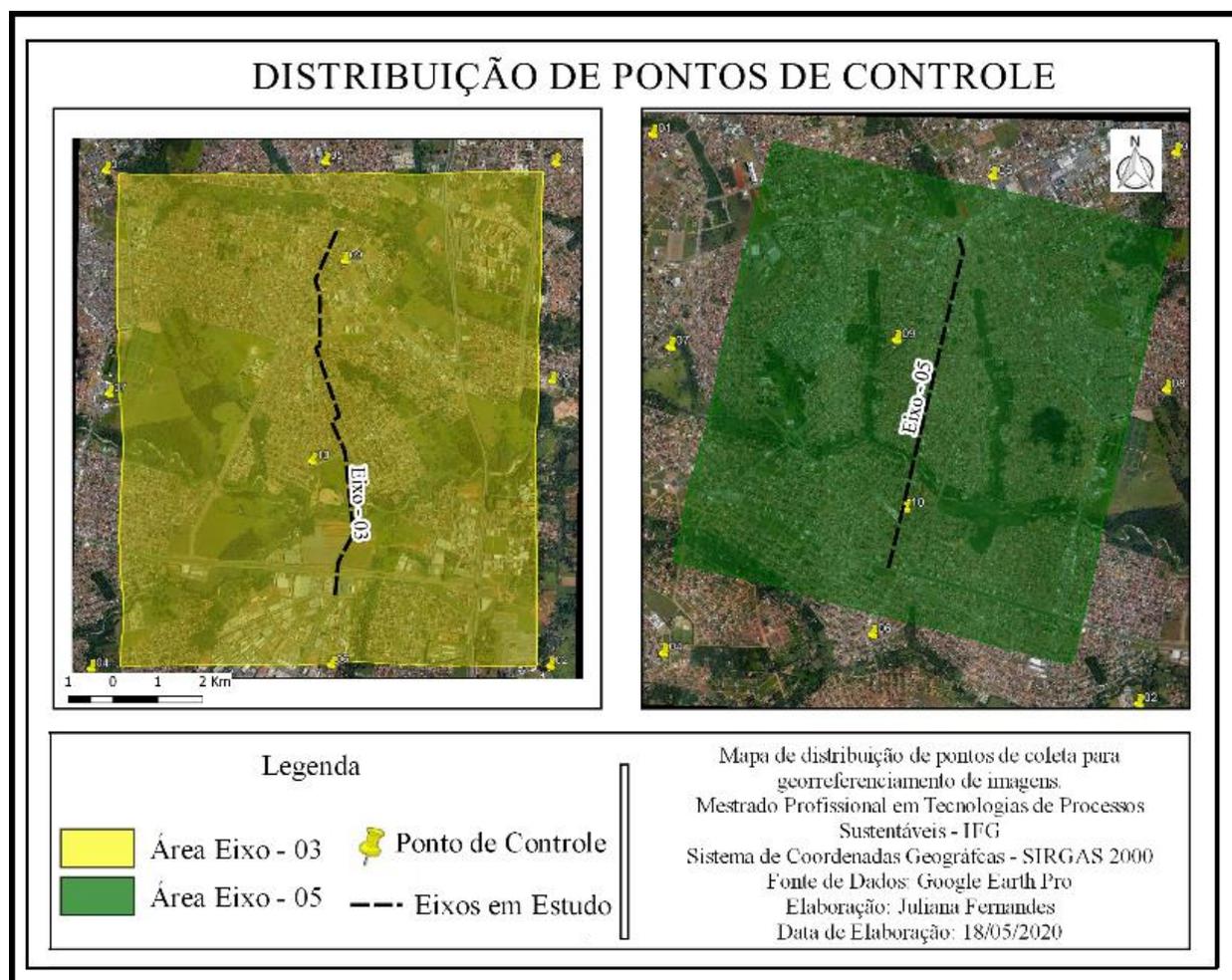


Figura 03: Pontos de controle utilizados para o georreferenciamento das imagens. Fonte: A autora, 2020.

Durante a inserção dos pontos é importante verificar o erro dos pontos de controle, visto que o residual do *pixel* interfere diretamente na precisão desejada. Segundo o manual de Georreferenciamento da USP (2017), o erro considerável aceitável pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$Ea = \frac{\left(\frac{1}{a}\right) * Escala * 0,0254}{1.64}$$

Em que:

Ea = Erro aceitável

a = pode assumir dois valores. Em escalas de 1:20.000 a 1:50.000 a=60 e em escalas maiores que 1:20.000 a=50

Escala = escala do mapa²

Na Figura 04 é apresentado um exemplo do georreferenciamento realizado, o seguinte padrão foi adotado para as demais imagens que foram georreferenciadas.

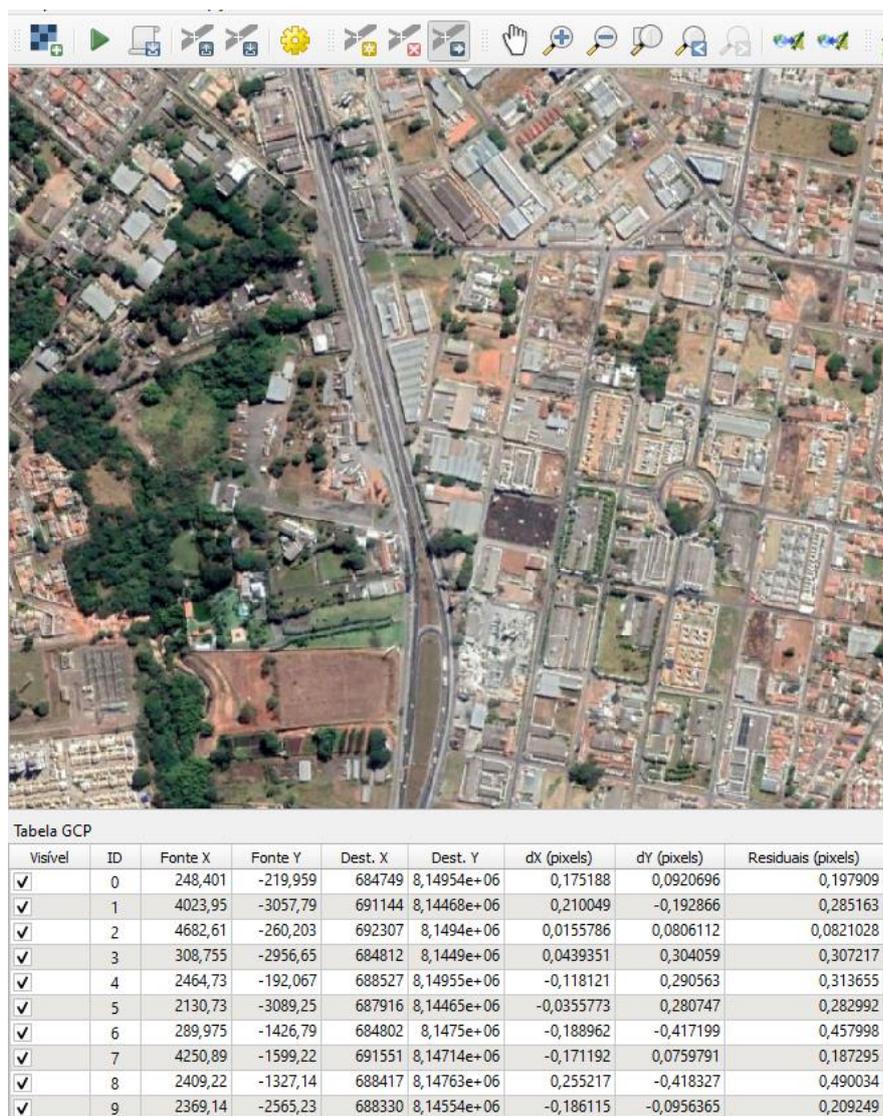


Figura 04: Análise de resíduos do georreferenciamento. Fonte: A autora, 2020.

Após a verificação dos pontos o próximo passo é a determinação da transformação geométrica. Segundo afirmação de Vergara et al. (2012), para o georreferenciamento é mais utilizado os modelos polinomiais, sendo aconselhável aplicar o polinômio de menor ordem, pois, este permite corrigir as distorções geométricas da imagem. O grau de polinômio escolhido

² A escala do mapa pode ser definida segundo Boggione et al., (2009) como: Escala = (1/ (2*IFOV*100)).

foi o grau polinomial de número 1. Outra questão imprescindível é o Sistema de Referência a ser utilizado, segundo Google Inc. (2013), a plataforma *Google Earth Pro*® utiliza informações espaciais que são armazenadas como WGS84, sendo assim as imagens foram salvas no mesmo SRC disponibilizado pela plataforma.

Após o armazenamento das imagens georreferenciadas, as mesmas foram reprojatadas para o mesmo sistema utilizado nas demais camadas do banco de dados. Para manter a padronização em todo o projeto, foi utilizado o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, Zona 22 Sul. O SIRGAS 2000 ficou estabelecido como o novo sistema de referência geodésico e novo Sistema Cartográfico Nacional por meio da Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005, disponível no link: geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf.

Precedente as imagens serem adequadamente reprojatadas, foi realizada a delimitação das áreas de influência. Assim, para a delimitação das áreas influenciadas pelos eixos foi realizado um *buffer* de 2 km (Figura 05) em torno de cada corredor de transportes (Eixos 03 e 05). O valor da área de influência foi determinado a partir do reconhecimento de que 2 km é uma distância razoável para o deslocamento das pessoas que acessam esses eixos, pois aí se localizam as linhas do transporte público.



Figura 05: Recorte de Imagem para Classificação. Fonte: A autora, 2020.

Além disso, foi reconhecido que não há consenso na literatura sobre qual o valor de influência de um corredor de transportes e não foi objetivo da pesquisa discutir esse valor. Depois de delimitadas as áreas de influência, foi utilizado a ferramenta *clip* para recortar as imagens referentes ao Eixo - 03 e Eixo - 05 (Figura 06 e Figura 07 respectivamente). O limite de recorte, contorno representado na Figura 05, foi utilizado para definir o tamanho da área em análise, tanto para o Eixo - 03 quanto para o Eixo - 05.

Eixo - 03

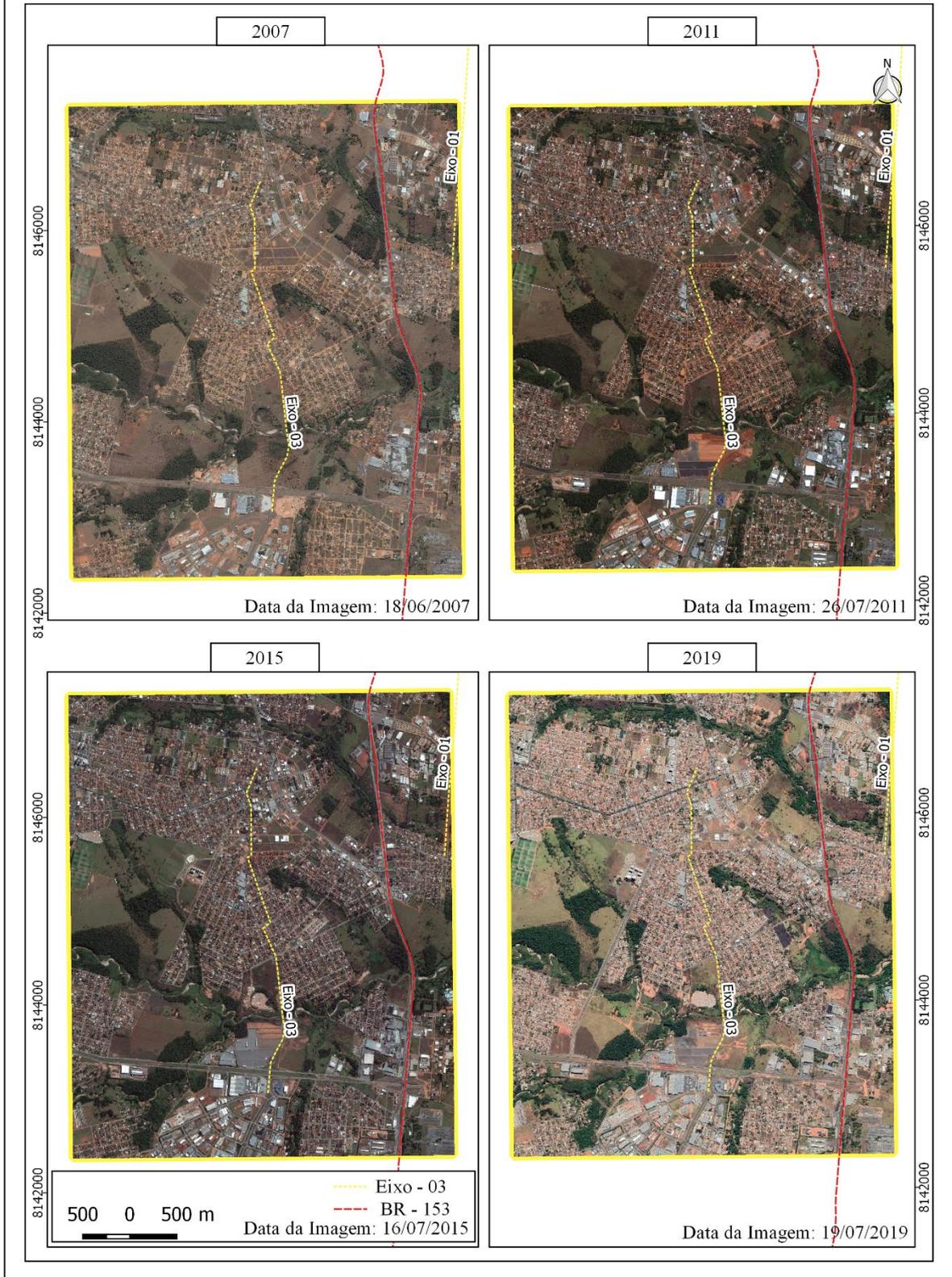


Figura 06: Delimitação da área de estudo para o Eixo - 03. Fonte: A autora, 2020.

Eixo - 05

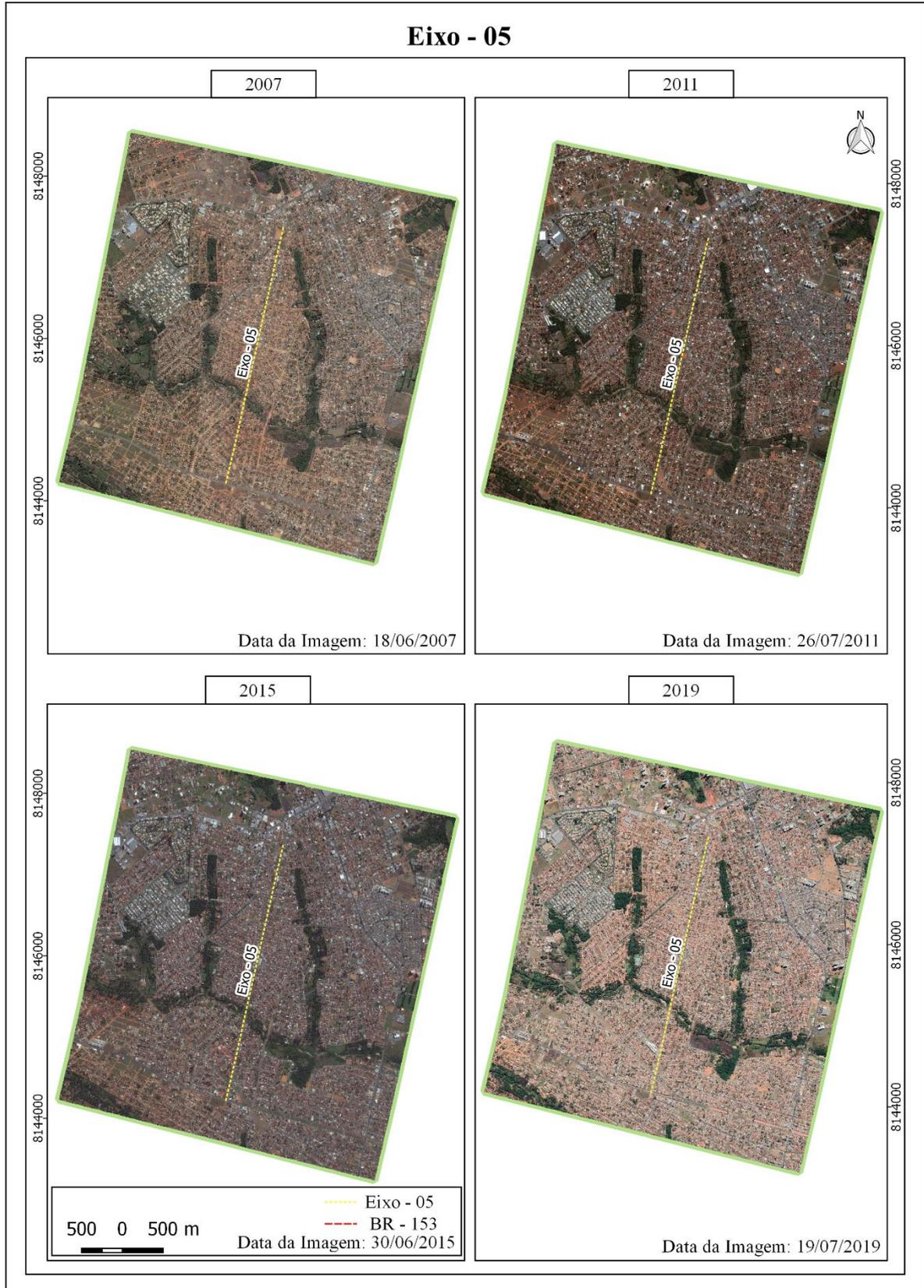


Figura 07: Delimitação da área de estudo para o Eixo - 05. Fonte: A autora, 2020.

2.2.2 Processamento

Após a etapa de pré-processamento procede a etapa de processamento, que foi realizada a fim de extrair informações quantificadas das imagens. Para extrair as informações a serem inseridas no modelo foi utilizado o método de classificação supervisionada. A classificação de imagem consiste em uma rotulação do pixel conforme a ocupação do solo. Isso se dá por meio do reconhecimento de padrões homogêneos que possibilita a extração de informações de uma imagem.

O método de classificação supervisionada opera diretamente sobre o *pixel*, e para a coleta de informações se faz necessário a coleta de amostras representativas. Relevantes trabalhos já foram realizados a partir da temática de Cobertura e Uso do Solo por meio de classificação supervisionada, dentre eles: Tommasini et al. (2019), que utilizaram a classificação *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)* – Classificação Semi-Automática do QGIS para identificar a presença de edifícios com cobertura de amianto no entorno da região metropolitana de Prato, Itália. A necessidade desta análise foi imprescindível visto que o amianto, quando utilizado a longo prazo, resulta em risco para a saúde humana. Segundo resultados obtidos pelos autores a classificação mostrou desempenho adequado para identificação de coberturas de amianto.

O SCP é um *plugin* gratuito e de código aberto que permite a implementação da classificação semi-automática com base em uma variedade de imagens. O manual do usuário e tutorias dedicados ao *plugin* estão disponíveis no seguinte endereço: <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>.

Os passos para a classificação supervisionada foram baseados na 3ª Edição do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) em que estão apresentados os procedimentos técnicos e metodológicos para a classificação da cobertura do solo. De acordo com IBGE (2013), a fase de classificação de imagens é importante para facilitar a identificação e extração de informações contidas nas imagens de Sensoriamento Remoto, e para esse trabalho os resultados dessa fase se aplicam como variável para aplicação do modelo e para interpretação e Já com os dados para a classificação de quantificação de uso do solo.

Com as imagens pré-processados o próximo passo consistiu em reconhecer a quantidade de classes presentes nas imagens e definir suas nomenclaturas. Visto que a imagem Google Earth Pro® possui resolução espacial adequada para análise urbana e já se tem um conhecimento prévio da área de estudo, se torna trivial o reconhecimento de feições.

A definição de classes foi modificada da proposta do Sistema de Classificação para Cobertura e Uso da Terra (SCUT) do IBGE. Algumas cores, como as classes Vegetação Arbórea, Cerrado e Água foram escolhidas conforme o tópico de Edição Cartográfica e Legenda de Cor e Simbologias da 3ª Edição do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013). Para as classes mais específicas foi utilizado como base o trabalho de Santos et al. (2018), em que os autores fizeram uso de Sensoriamento Remoto para uso do solo em transportes. No Quadro 04 é possível visualizar a quantidade e a nomenclatura das classes utilizadas para a classificação

Quadro 04: Classes utilizadas para classificação de imagens.

	Vegetação Arbórea	Árvores de médio e grande porte
	Cerrado	Gramma e ou pequenos arbustos
	Telhado Cinza	Telhados comerciais de amianto ou zinco, telhas residenciais de cerâmica de material claro
	Telhado Marrom	Telha de barro ou telha térmica na cor marrom
	Água	Piscinas, lagos, rios e córregos
	Pavimentação	Asfalto, calçadas e pátios de manobras
	Sombra	Sombras de árvores, prédios e residências
	Solo Exposto	Solo sem cobertura vegetal, áreas de terraplanagem

Fonte: A autora, 2020.

Após determinar o tipo e a quantidade de classes a serem representadas foi realizado a coleta das amostras ou também denominada regiões de interesse. Segundo Leroux et al. (2018), as amostras permitem criar um banco de dados com treinamento no qual o algoritmo de classificação será treinado para determinar regras de discriminação entre diferentes classes de cobertura do solo. Esta etapa consiste no desenho de polígonos na imagem representativos de cada classe de cobertura do solo. Na fase de treinamento é imprescindível levar em conta a variabilidade de cada classe, por exemplo: copas de árvores mais densas e menos densas, com vigor baixo, médio e alto.

As amostras devem ser coletadas em um tamanho considerado suficiente para julgar as classes específicas. Desta forma, é importante garantir a diversidade de propriedades espectrais de cada classe, assim, como no exemplo do parágrafo anterior. Sobretudo, é relevante que a amostra seja mais homogênea possível para que não tenha confusão de alvos. Nesta etapa é necessário que se despenda um pouco mais de tempo, visto que a qualidade do resultado das amostras influencia diretamente na modelagem dos dados. Na Figura 08 é possível observar na porção esquerda a quantidade de amostras coletadas para a classes de vegetação arbórea, o que

resulta em uma quantidade de 100 amostras visto que essa é uma das classes mais dominantes no recorte da área em estudo.

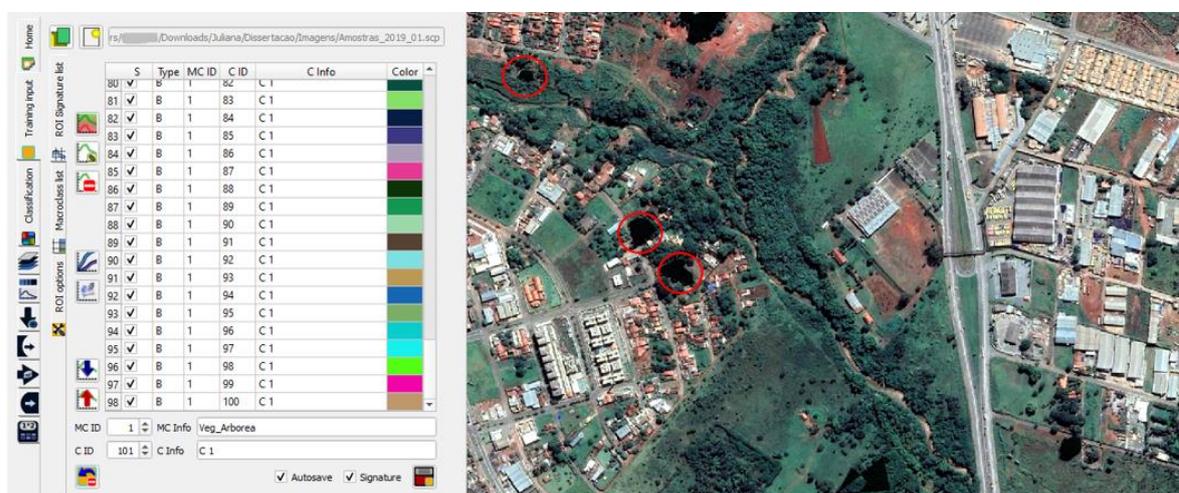


Figura 08: Coleta de amostras, 2020. Fonte: A autora, 2020.

Após a etapa de treinamento, procede a etapa de classificação propriamente dita. Para a classificação foi utilizado o plugin SPC do Qgis versão 3.4. Esta ferramenta fornece três algoritmos como métodos de clusterização: Distância Mínima Euclidiana, Máxima Verossimilhança e *Spectral Angle Mapper*.

Nesse sentido, aplicou-se o algoritmo de Máxima Verossimilhança. A escolha do algoritmo partiu-se de três primícias, a primeira foi os algoritmos disponíveis; a segunda a quantidade e os resultados dos referencias teóricos tomados como apoio e a terceira e mais importante foi o teste realizado em uma imagem do Eixo 03. Nesse teste percebeu-se que o método por Máxima Verossimilhança apresentou desempenho mais favorável para a área de estudo.

A classificação de imagens foi realizada para as quatro imagens de cada eixo, o resultado da classificação está disponível no Capítulo 3. Após a classificação das imagens as mesmas foram transformadas em vetor utilizando a ferramenta *Raster to vector* do QGIS. Com as imagens vetorizadas foi possível realizar a quantificação de cada classe, bem como avaliar a expansão e a redução de suas respectivas áreas.

Após a classificação das imagens é preciso avaliar a qualidade dos dados produzidos, através da avaliação de exatidão. Segundo Novo (2010), a avaliação da exatidão é uma etapa necessária a ser realizada após a classificação para verificar se o resultado obtido se aproxima da realidade. Para a verificação da exatidão foi utilizado o *plugin AcATaMa* do QGIS com base no tutorial próprio do AcAtaMa. Com este *plugin* é possível confirmar ou não se cada amostra

corresponde com a classe classificada, a partir da observação visual detalhada feita pelo operador, somado aos conhecimentos locais das classes identificadas na área de estudo.

Brinkmann et al. (2020), realizaram classificação de imagens utilizando o plugin SCP para analisar a dinâmica espacial e temporal de zonas úmidas e urbanas da cidade de Bengaluru – Índia. Após a classificação de imagens os autores avaliaram a precisão dos resultados empregando o plugin AcAtaMa do Qgis versão 2.18. Para a distribuição dos pontos de verificação os mesmos utilizaram alocação aleatória de 10 pontos para as classes de menor proporção, resultando em um total de 123 de amostras para uma classificação que utilizou 5 classes.

Assim, a distribuição e a quantidade de pontos foram realizadas utilizando a proposta de Brinkman et al. (2020). Desse modo, a quantidade foi determinada quanto à proporção em que cada classe ocupa em relação ao recorte espacial. Para as categorias com baixa proporção como água e sombra foi utilizado 15 amostras, já para as classes mais representativas foram alocadas aleatoriamente em média 30 amostras. A distribuição dos pontos de validação pode ser observada na Figura 09.

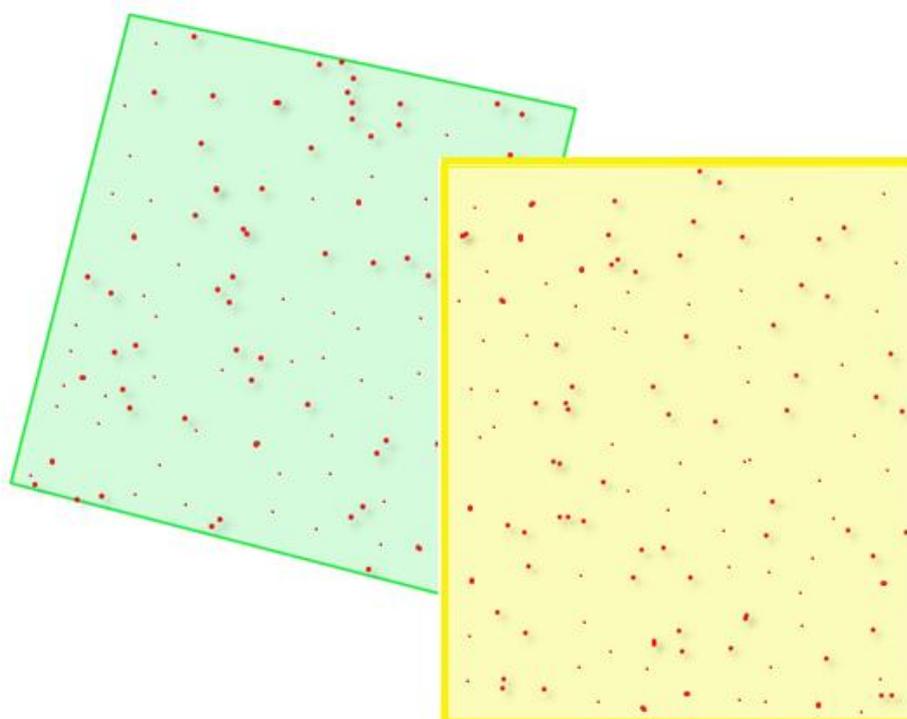


Figura 09: Distribuição das amostras para o Eixo 03 e 05. Fonte: A autora, 2020.

2.2.3 Variáveis Explicativas

Além das variáveis produzidas (cobertura do solo), também foi utilizado no processo de modelagem variáveis explicativas, do tipo dinâmicas e estáticas. Segundo Santos (2013) as variáveis estáticas são retratadas por eventos que não sofrem alterações por meio de processos de iterações propostos na modelagem de dados já as variáveis dinâmicas são aquelas que sofrem mudanças a cada processamento de dados na modelagem.

Nesse sentido, autores como Andrade et al. (2016) e Souza (2017) utilizam mais de três tipos de variáveis estáticas, dentre elas: tipos de solo, geomorfologia, mapas das unidades de conservação e terras indígenas e mapas de manchas urbanas, todavia esses autores fazem análise de áreas a nível estadual. Neste trabalho foi utilizado três tipos de variáveis estáticas, isso se justifica devido ao tamanho da área em análise e quando se considera dados macros esses não possuem variâncias dentro das áreas em estudo no Eixo – 03 e Eixo – 05, que não áreas que necessitam de dados locais.

Sendo assim para a modelagem no Dinamica EGO foram utilizados dados de elevação do terreno, malha viária e hidrografia. Com exceção da declividade os outros dados foram obtidos no portal do SIEG e posteriormente foram recortados utilizando o arquivo vetorial de áreas de influência. O arquivo de declividade foi obtido no portal *Earth Data* e o sensor utilizado foi *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR)* que fornece um dado de resolução espacial de 12 metros. Segundo Macêdo e Surya (2018) o sensor PALSAR apresenta seis vezes mais pixel que o do sensor *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*.

Desse modo, Valeriano (2004) afirma que devido aos processos de resolução presente nos dados SRTM, em determinados momentos, quando se exige um maior detalhamento de informações, ocorre uma perda na capacidade informativa dos resultados gerados por sensores que tenham menor resolução, mais especificamente com relação relevos de alta frequência. Na Figura 10,011 e 12 estão representadas as informações utilizadas como variável estática, na ordem, declividade, malha viária e hidrografia respectivamente.

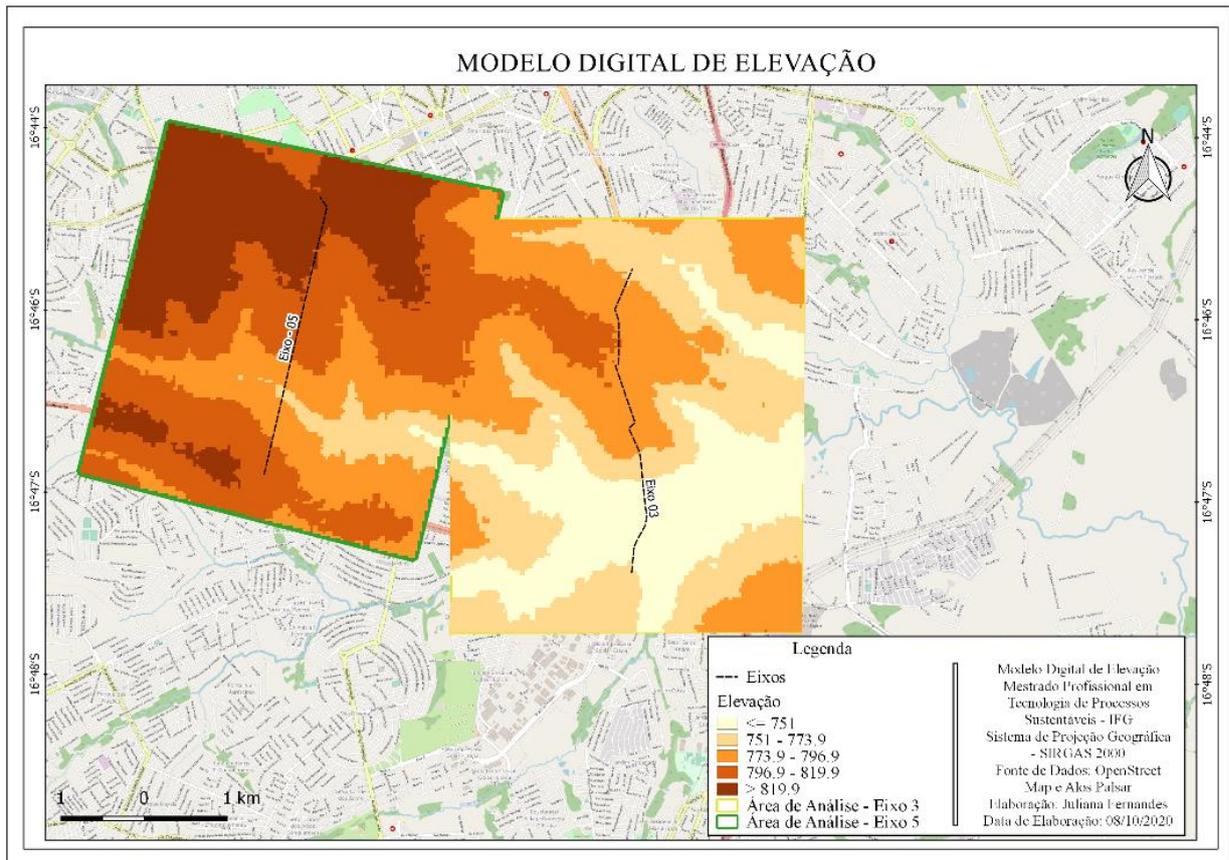


Figura 10: Modelo Digital de Elevação. Fonte: A autora (2020).

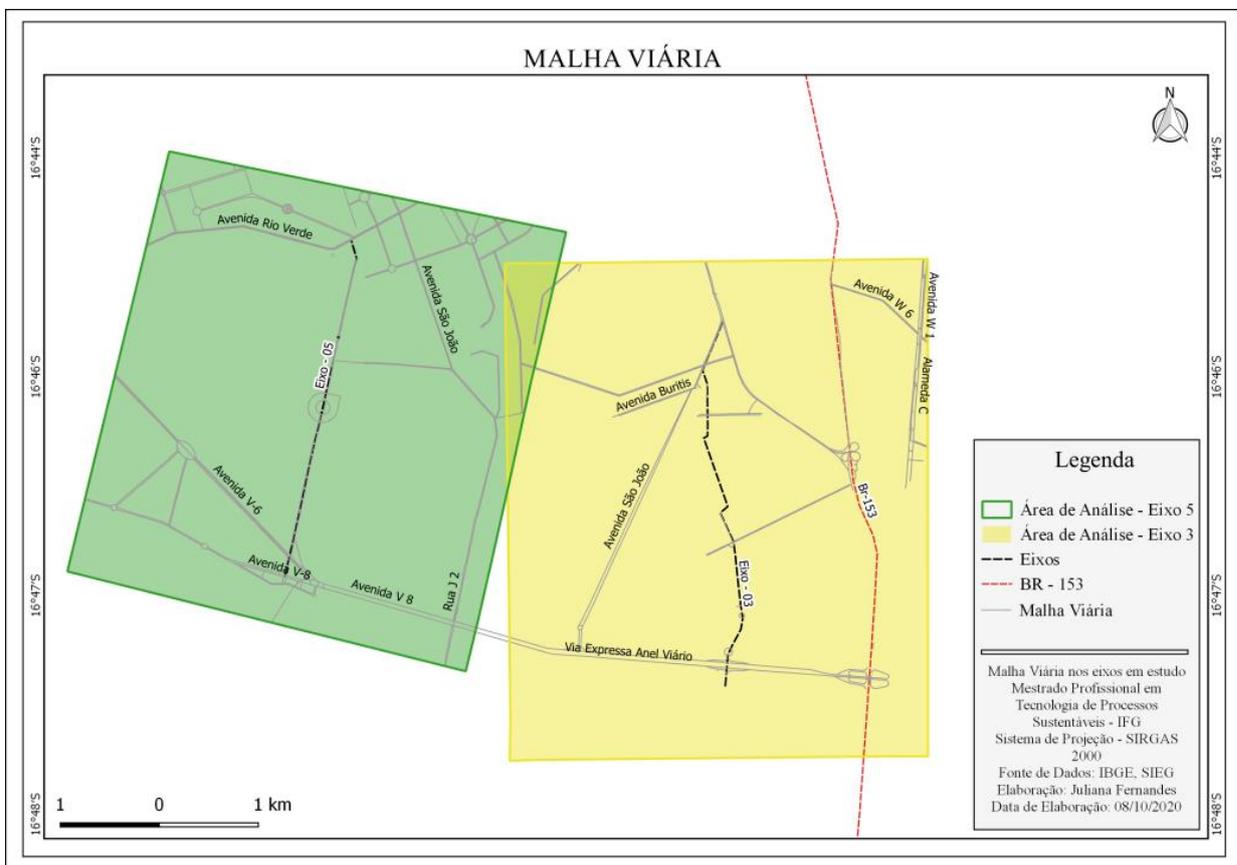


Figura 11: Mapa de rodovias. Fonte: A autora (2020).

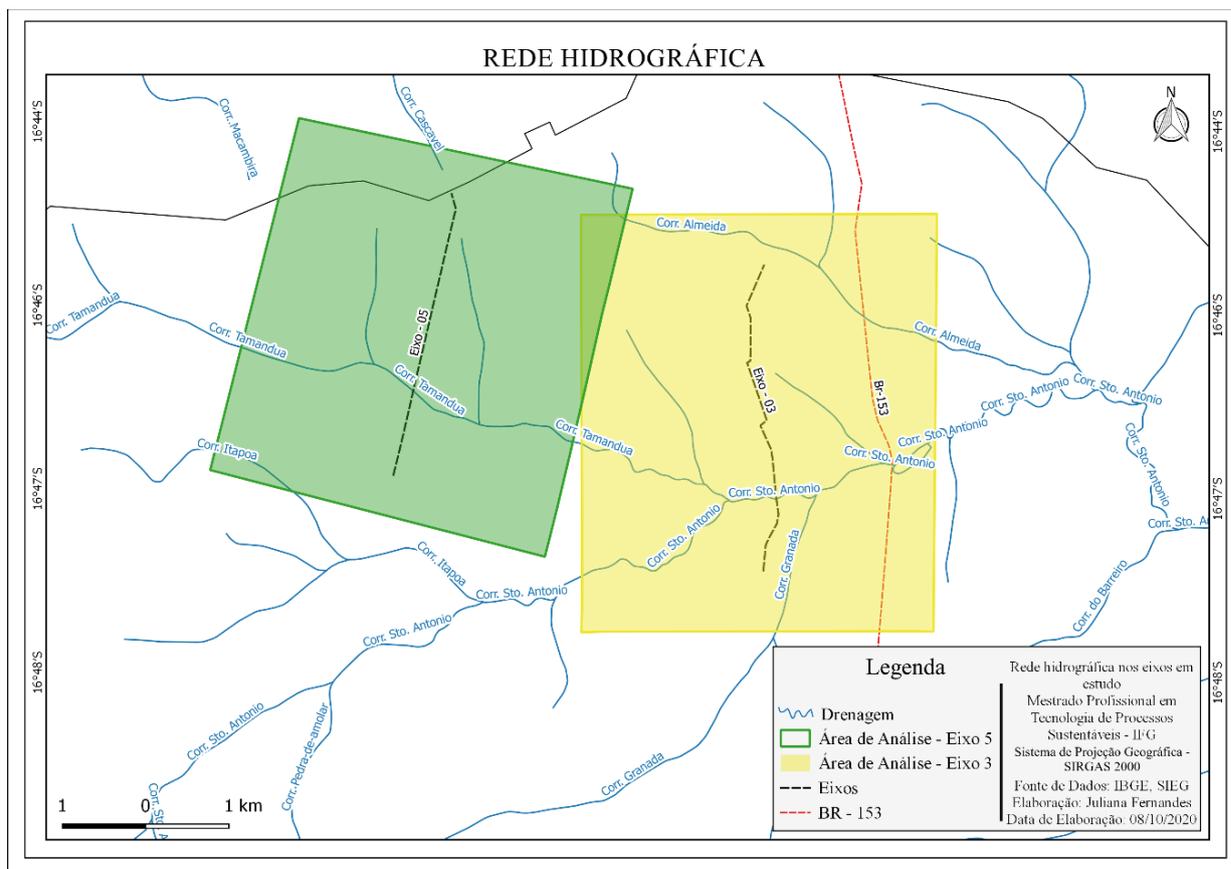


Figura 12: Mapa rede hidrográfica. Fonte: A autora (2020).

2.2.4 Densidade Demográfica

Desse modo, empregou-se o método coroplético para espacialização da densidade demográfica no município de Aparecida de Goiânia. Segundo Martinelli (2010), o método coroplético encontrou firme aplicação na Geografia sendo recomendado para valores relativos, com ampla difusão na representação da densidade demográfica, tema central da Geografia da População.

Nos mapas coropléticos considera-se que o valor da variável representativa do fenômeno está uniformemente distribuído dentro dos limites de cada área, no caso desta pesquisa, setores censitários. Por isso, quando um fenômeno geográfico é representado por mapas coropléticos assume-se que a sua variação espacial ocorre como um histograma estatístico tridimensional. Para a elaboração do mapa foi preciso obter o limite de setores censitários no portal do IBGE, assim como mostra a Figura 13.

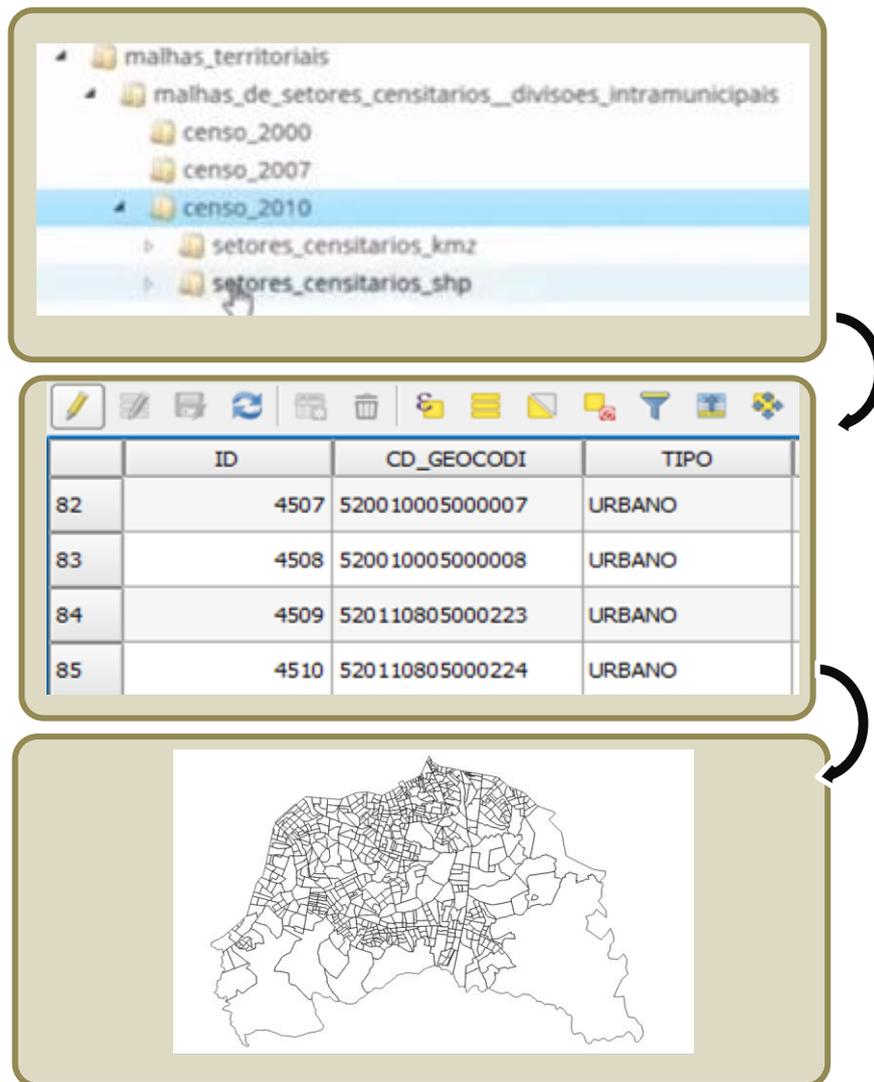


Figura 13: Obtenção de setores censitários.

Além do limite de setores censitários, foi utilizada uma tabela com a quantidade de população fornecida também pelo IBGE. Para entender como funciona as informações dispostas na tabela obtida no *site* do IBGE foi utilizada a Base de Informação do Censo Demográfico, tanto para o ano de 2000 quanto para o ano de 2010. De posse do limite dos setores e dos dados de população as duas tabelas foram unidas utilizando um campo em comum para a junção de dados através da ferramenta *join*, apresentada no Tópico 1.4.

Após a junção, o dado foi projetado para o Sistema de Coordenadas UTM – Universal Transversa de Mercator, SIRGAS 2000, Fuso 22 Sul. Adicionou se no arquivo vetorial um novo campo do tipo *Double* para se calcular a área. Após o cálculo de área de cada setor censitário foi adicionado outra coluna com o nome “Densidade” em que a quantidade de população foi dividida pelo valor da área de cada setor em quilômetros quadrados, o resultado foi a quantidade de pessoas por km².

Para se obter a visualização do mapa de densidade em cores o dado vetorial foi classificado pelo estilo graduado utilizando o método de intervalo quantil, nesse método cada classe contém o mesmo número de feições. O estilo de cor utilizado foi o degradê, pois, de acordo com as regras gerais da Cartografia Temática as cores mais claras são destinadas para as classes de valores menores, baixa densidade, e as classes mais escuras para valores maiores, alta densidade.

É importante ressaltar que os mapas de densidade populacional obtidos neste trabalho não foram adicionados ao processo de modelagem, os dados foram utilizados somente como suporte para entender a dinâmica do uso do solo, e o aumento populacional em áreas específicas da cidade.

2.3. O modelo de Autômato Celular do Dinamica EGO

Conforme descrito pelos autores, Filho et al. (2002), o Dinamica EGO utiliza um conjunto de mapas como entrada, que corresponde a um mapa da paisagem inicial, por exemplo, um mapa de uso e cobertura da terra, um mapa do tempo de permanência de cada célula no seu estado atual e um conjunto de variáveis cartográficas, subdivididas em estáticas e dinâmicas.

O tempo de permanência de cada célula pode ser explicado por Câmara (1996) da seguinte forma: cada célula possui dos tipos de estados possíveis, preto e branco, e sua vizinhança é formada por duas células. Deste modo, o estado de uma célula no instante $x+1$ será igual ao estado da sua vizinhança no instante x , caso contrário a célula permanecerá no mesmo estado. Na Figura 14 é possível observar um exemplo elaborado por Câmara (1996).

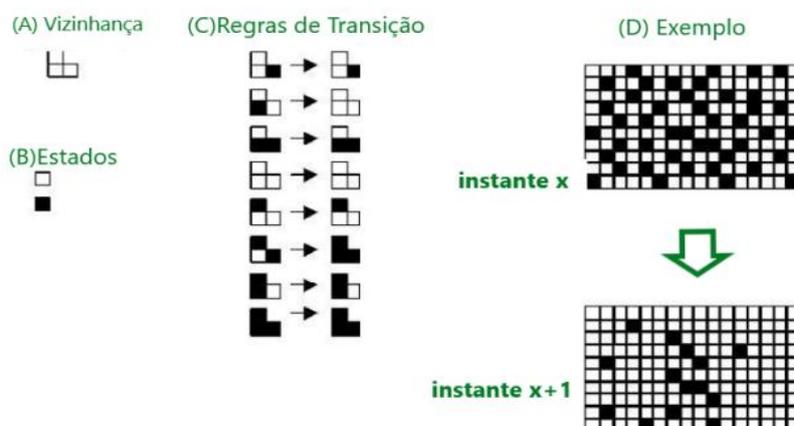


Figura 14: Exemplo de autômato celular. Fonte: Câmara, 1996.

A aplicação do modelo, na perspectiva de Souza (2017), ocorre em oito etapas, que estão citadas na Figura 15 e detalhadas posteriormente. Para a realização de tarefas presentes nas etapas são utilizados operadores chamados de *functores*. Para Tomlim (1990) cada *functor* é responsável pela realização de uma tarefa específica que leva como base todo um conjunto de operadores de álgebra cartográfica.

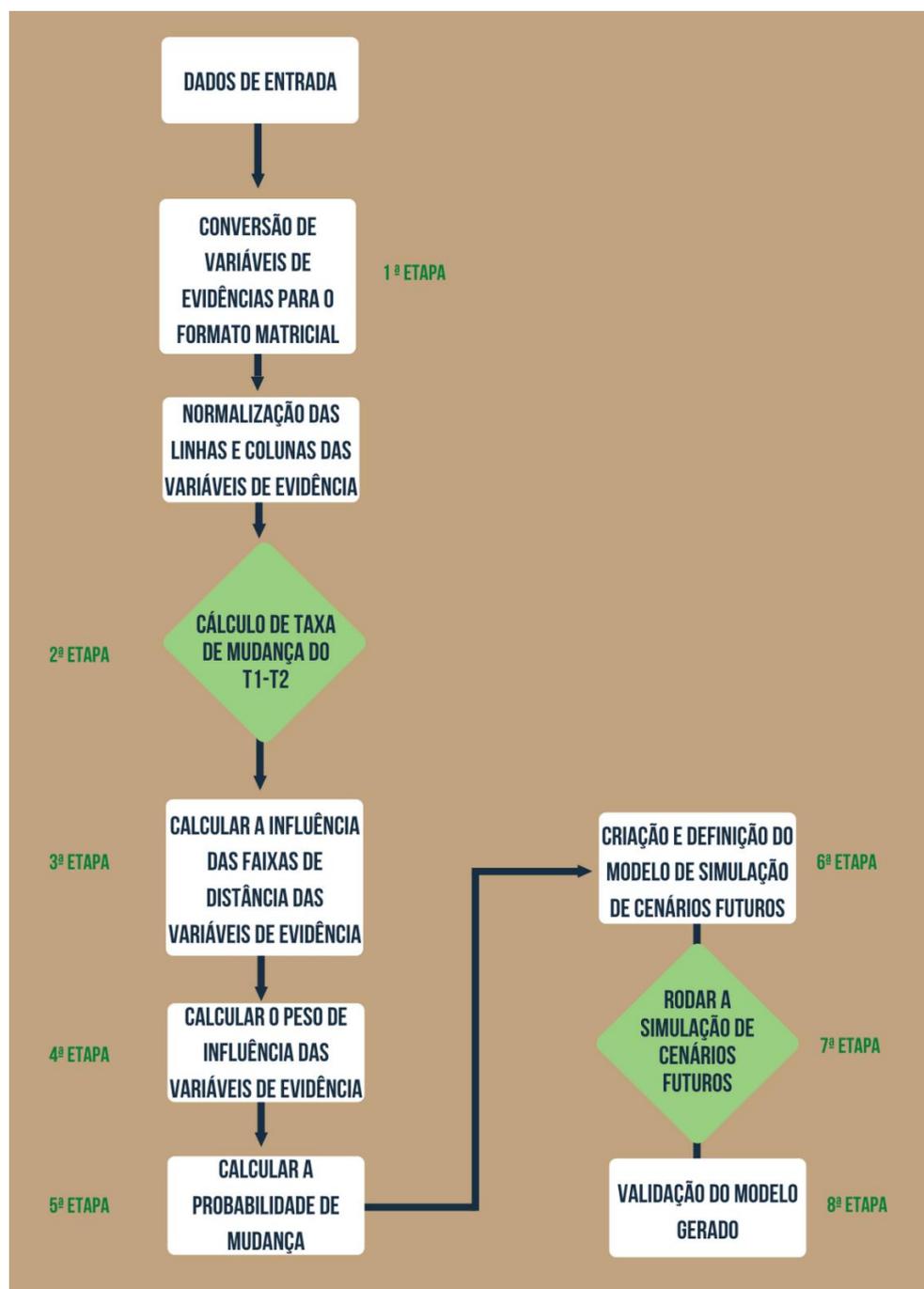


Figura 15 – Síntese das etapas de modelagem dinâmica espacial no software de simulação DINAMICA EGO. Adaptado de Souza (2017).

1ª Etapa

O primeiro passo para o início da modelagem são os dados de entrada. Entretanto, para que esses possam ser inseridos no programa, é necessário que eles estejam adequados a parâmetros como: sistema de referência, formato matricial e extensão de arquivo. Em relação ao sistema de referência foi apontado e explicado no Tópico 2.2.1 que para a base de dados foi utilizado o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000, fuso 22 sul. Ressalta-se que apenas para as apresentações dos mapas utilizados em materiais e métodos foi utilizado o Sistema de Projeção Geográfica, visto que foi utilizado o vetor de malha municipal que ocupa mais de dois fusos.

A transformação das imagens em arquivos raster acontece logo após a edição e produção dos vetores, tanto os utilizados como variáveis dinâmicas quanto para variáveis estáticas. Nesse processo foi utilizada a ferramenta rasterizar e o tamanho do pixel foi convertido em resolução espacial de 2x2, compatível com a resolução da imagem Google Earth Pró®. A extensão do arquivo de saída foi um arquivo do tipo Geotiff, que é uma das opções aceitas pelo Dinamica EGO, ambas as etapas foram realizadas no programa Qgis versão 2.18.

2ª Etapa

A segunda etapa visa o cálculo da taxa de mudança, para isso é utilizado a *Determine Transition Matrix*. A partir dessa ferramenta, foram geradas duas matrizes, a matriz de transição anual e a matriz de transição global. A matriz de transição anual retrata o processo de mudança entre as classes ocorridas a cada passo de tempo (ano) relativos aos quatro anos em análise, resultando na simulação de modelagem: 2007 a 2011; 2011 a 2015 e; 2015 a 2019.

A matriz de transição global informa a mudança entre as classes durante todo o período de análise os quais foram utilizados dados de 2007 e 2019. Segundo Santos (2013) a calibração do modelo ocorre a partir da entrada de dados para o cálculo da matriz de transição e vai até os cálculos de coeficientes dos pesos de evidências das variáveis de transição, que no caso deste trabalho faz parte da 4ª etapa.

3ª Etapa

O objetivo da terceira etapa da metodologia foi calcular as faixas das distâncias das variáveis de evidências e os seus pesos na influência da cobertura do solo. As faixas e os pesos são calculados internamente pelo DINAMICA-EGO. O método adotado, que calcula as faixas de distância, foi adaptado de Agterberg et al. (1990). Para o cálculo de distância foi utilizado o

Calc Distance to Feature Map, um *functor* que gera faixa de distâncias de variáveis dinâmicas e foi utilizado para cálculo de distância a distância à hidrografia e distância à malha viária.

4ª Etapa

Para calcular o peso de influência das variáveis em evidência é utilizado o *functor Determine of Weights of Evidence Coefficients*. Segundo Santos (2013) os coeficientes dos pesos de evidências contemplam a soma das porcentagens de todas variáveis para a geração de mapas de probabilidade com formação de áreas favoráveis a mudanças.

O cálculo dos coeficientes de pesos em evidência resulta em um arquivo de formato .doc denominado como “pesos”, nesse arquivo estão disponíveis informações como: faixas de transição, transição e coeficientes dos pesos de evidências.

5ª Etapa

Na quinta etapa foi realizado o cálculo das probabilidades de transição de cada classe. De acordo com Delaneze et al. (2014, p. 477), “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”. Para esse cálculo foi utilizado o *functor Calc Weights of Evidence Probability*.

As probabilidades de transição de estado das classes de cobertura do solo são realizadas usando como base os cálculos de pesos de evidências e coeficientes das variáveis modeladas. Nesta fase a opção “weights” presente nesse *functor*, recebe os resultados dos pesos em evidência calculados na 4ª etapa.

6ª Etapa

Após obter as informações de probabilidade de mudança (5ª etapa) foi definido as funções necessárias para execução do modelo da dinâmica da cobertura do solo para as áreas em estudo. As funções utilizadas foram *Expander* e *Patcher* com o objetivo de alocar as mudanças entre as classes. Para alocar as mudanças que ocorreram entre as classes foi preciso apontar para Dinamica EGO qual classe está susceptível a mudança. Na Figura 16 está

apresentado do lado esquerdo a classe de entrada, e do lado direito a classe para qual será analisado sua mudança.



Figura 16: Parâmetros utilizados par locação de mudanças. Fonte: A autora, 2020.

Desse modo, torna-se importante ressaltar que, para a análise de mudanças de classes, foi utilizado o conhecimento de que não se pode construir em áreas de Área de Preservação Permanente (APP). Isso porque, o Código Florestal na Alínea "b", inciso II do artigo 4º estabelece como APP em zonas urbanas as áreas entorno dos lagos e lagoas naturais uma faixa mínima de trinta metros. Assim, levando em consideração a legislação não se espera que uma classe de vegetação arbórea, por exemplo, transite para a classe de pavimentação. Logo as mudanças ocorridas dentro dessa área mínima de APPs não foram consideradas.

A função *Expander* é responsável por realizar as mudanças da classe de saída para a classe resultante, e a função *Patcher* é responsável por criar as manchas de transição entre as classes (Rodrigues et al., 2007). Essa função foi executada 15 vezes para obter os períodos de simulação.

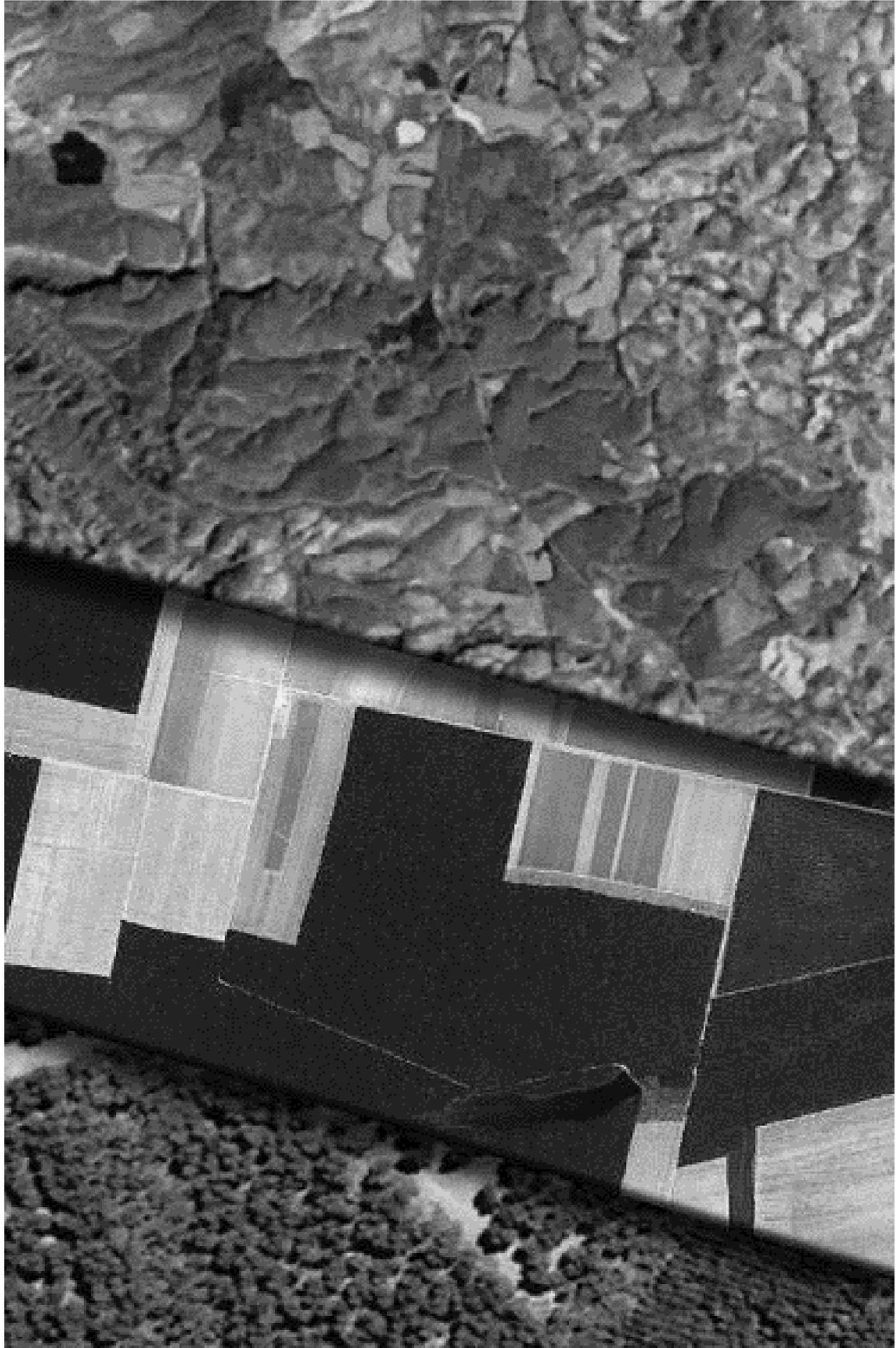
7ª Etapa

Como Referido Na Sexta Etapa, a simulação foi realizada 15 vezes e os períodos de simulação utilizados foram 2025, 2030 e 2035.

8ª Etapas

Por fim, foi realizada a simulação das mudanças de locação de variáveis, essa que foi realizada em duas etapas: A primeira etapa que consistiu em verificar o modelo simulado com o mapa de referência (cobertura do solo em 2019) por meio do método de decaimento constante que incide um contexto de similaridade da vizinhança local do pixel analisado (HAGEN, 2003). A segunda parte da validação limitou-se em gerar uma análise de concordância com base no índice kappa que consiste em verificar o quanto a classificação ou simulação está de acordo com o dado de referência.

Capítulo III: Resultados



Os resultados deste estudo são descritos da seguinte forma: Inicialmente é apresentada a caracterização dos dados de entrada e em seguida os resultados da aplicação do modelo de simulações de cenários futuros na perspectiva de Trentin (2008).

3.1 Análise da distribuição da população nos setores censitários para os anos de 2000 e 2010.

A figura 17 revela a densidade demográfica nos setores censitários do município de Aparecida de Goiânia. Observou-se, portanto, que a população não se distribuía homogeneamente e que foi no Eixo 05 identificada a maior densidade demográfica, ainda no ano de 2000. Por outro lado, o Eixo 03 está localizado numa área praticamente desabitada, com densidade baixíssima, de especulação imobiliária, numa área de terra de engorda na perspectiva de Moraes (2003). É possível verificar valores altos de densidade demográfica no entorno de alguns eixos consolidados. Tem se como exemplo a Avenida Rio Verde que faz limite dos municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia.

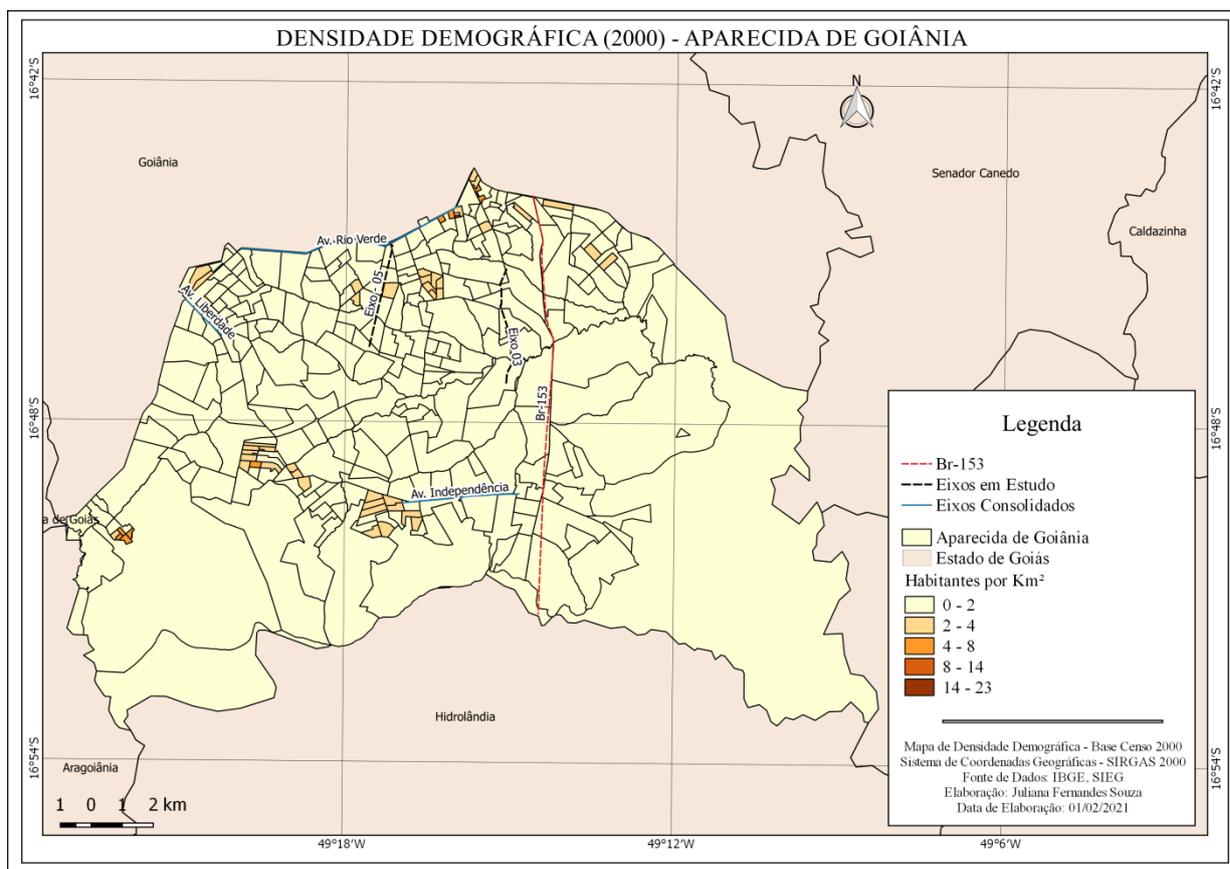


Figura 17: Mapa de Densidade Demográfica de acordo com o censo de 2000.

Segundo Kneib (2016), o município de Aparecida de Goiânia sofreu grandes transformações, não somente no que diz respeito ao aumento da infraestrutura, da oferta de serviços, do estabelecimento de polos industriais, comerciais e de prestação de serviços, mas todos esses fatores tiveram como consequência uma reestruturação urbana, com a formação de novas centralidades e a valorização do solo urbano. A autora aponta como caso específico a Avenida Rio Verde, que é uma das principais vias de acesso ao Buriti Shopping e aos principais supermercados e hipermercados da região.

Na análise realizada em campo por Santos e Conceição (2017), foi observado que os locais de maiores atividades comerciais estão presentes na Avenida Rio Verde e também nos 4 polos industriais (Cidade Empresarial, Parque Industrial de Aparecida de Goiânia, Distrito Industrial do Município de Aparecida de Goiânia - DIMAG e Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia - DAIAG) todos ligados ou próximos aos eixos em estudo.

De acordo com Kneib (2016) todo o processo de formação de nova centralidade na região da Avenida Rio Verde surgiu a partir da inauguração do *shopping* Buriti que ocorreu em 1996, e com isso foram implantados desde casas, apartamentos e empreendimentos ao seu entorno. Esse tipo de desenvolvimento no entorno de empreendimentos pode ser observado na perspectiva dos estudos realizados na linha de transportes como Polos Geradores de Viagens (PGV) ou Polos Geradores de Tráfego (PGT).

Segundo Portugal (2012), um PGV compreende grandes empreendimentos, megaempreendimentos ou ainda megaprojetos. O autor lembra que os PGV não são estáticos, mas em constante evolução, pois reflete preocupações e necessidades da sociedade.

Consequentemente, no ano de 2010 a densidade demográfica alterou-se significativamente, mais que dobrou em alguns setores censitários, conforme Figura 18. Em especial no Eixo – 05. Assim, partindo do conhecimento empírico foi observado a criação de praças de lazer e também a pavimentação das vias próximas ao eixo, o que atraiu mais comércios e consequentemente mais moradores para a região.

Ainda através do conhecimento empírico, para a análise da elevada densidade do Eixo – 03, é importante ressaltar que nessa região estava implantada a fábrica de bolachas Mabel, o que resultou, até o ano de 2020, em um alto índice empregatício para moradores da região e entorno. Além disso, a própria empresa implantou um bairro para seus trabalhadores nas proximidades da fábrica. Além disso, os preços dos lotes, que eram acessíveis antes da implantação dos eixos estruturantes e o acesso facilitado à BR 153 impulsionaram a implantação de bairros e o adensamento populacional.

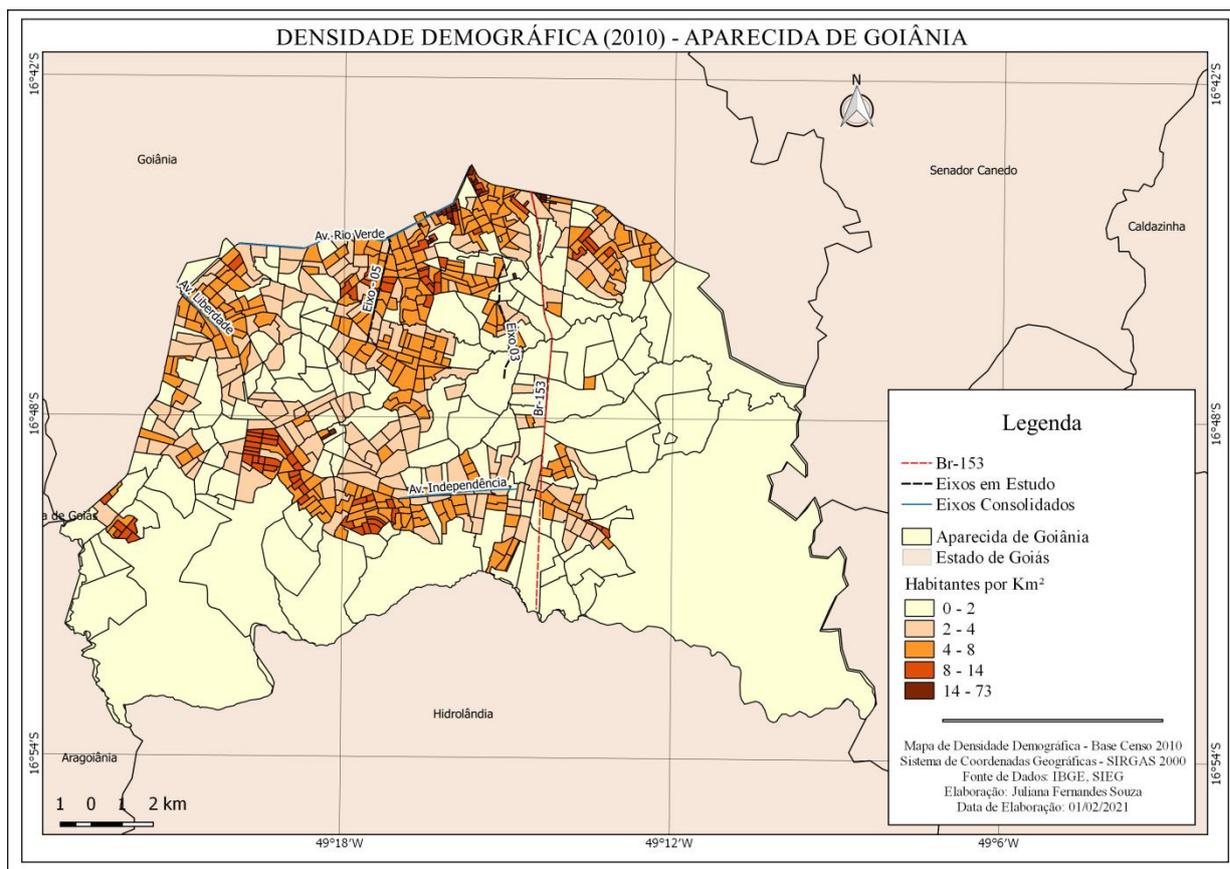


Figura 18: Mapa de Densidade Demográfica de acordo com o censo de 2010

No ano de 2010, conforme a Secretaria de Gestão e Planejamento, a cidade de Aparecida de Goiânia era conhecida como cidade dormitório, pois apresentava um movimento pendular da ordem de 32%, em que seus moradores se deslocavam para trabalhar e estudar na cidade de Goiânia. Entretanto, para Pinto (2009), a cidade de Aparecida de Goiânia vem gradativamente tendo sua condição de dependência alterada em relação a Goiânia, cidade a qual se encontra conurbada, mudando a sua relação exercida de forma unilateral para interação de complementaridade.

3.2 – Análises de uso e ocupação do solo para os 2 eixos

Neste tópico estão apresentados os resultados obtidos na fase de classificação de imagens a fim de se obter dados de cobertura do solo e sua avaliação através da matriz de confusão, que avalia a qualidade da classificação realizada. As matrizes estão dispostas no APENDICE A visto que o foco do trabalho não é análise desses resultados e sim apenas a verificação da qualidade das classificações para inserção de variáveis no modelo.

Segundo Anderson et al. (1976) é importante ressaltar que, para a maioria das aplicações o mínimo de exatidão requerida, para a classificação de imagens é de 85%. Assim, de modo geral, através da avaliação das médias das exatidões para todos os eixos, observou o valor de considerado o maior, para o Eixo 5. Além disso, a menor exatidão obtida corresponde ao Eixo 03, ano de 2015 (0,8572125), mesmo assim, superior a 85%.

Apesar desses resultados satisfatórios, Congalton (1991 apud Ferreira et al. 2007, p. 892) “alerta que, com base apenas no índice de exatidão global, as inferências feitas podem gerar equívocos e conclui que o cálculo e a análise da “user’s accuracy” confere maior significado aos dados, revelando se há confusão entre as categorias”. Desse modo, observou-se que a classe de uso ‘Solo Exposto’ apresentou menores valores de Exatidão do Usuário, média de 0,778658.

Esse dado pode ser explicado pela confusão espectral de alvos na classe ‘Solo Exposto’, presente na cidade de Aparecida de Goiânia. De modo geral, solo exposto foi identificado também em áreas de lotes baldios, com presença de gramíneas exóticas (pastagens). Dependendo da data de passagem do satélite (imageamento) em que se associam as condições climáticas, período mais seco ou mais úmido, observa diferenças. A experiência tem revelado que no período mais seco as gramíneas estão sob efeito de déficit hídrico, o que expõe os solos (solo de fundo). Ao contrário, nos períodos em que a umidade e as chuvas são mais frequentes, as gramíneas protegem os solos.

Nesse sentido, não se identificou outros trabalhos que utilizassem imagens com mesmas características nas mesmas condições climáticas para discussão aprofundada. Contudo, utilizando imagens LANDSAT, a confusão causada por presença de solo de fundo foi discutida por Justice et al., (1998) e Arruda (2018). Esse último autor realizou análise no Cerrado, contudo, em área de vegetação remanescente predominante.

Superada essa discussão, estão apresentados nas Figuras 21 e 22, os resultados da classificação para o Eixo 03 e Eixo 05, respectivamente. Além disso, nas Tabelas 01 e 02 estão apresentados os resultados quantificados da área de classes de uso e ocupação do solo (em km²).

De modo geral, e conforme as observações apresentadas por Nunes (2017) e Santos et al. (2017), a paisagem urbana de Aparecida de Goiânia encontra-se em evolução constante, no que se refere aos adensamentos de áreas construídas, formação de *clusters* de desigualdade social, com configuração ainda espalhada, mas com tendência à homogeneização, já que sua área rural é relativamente pequena, se comparada com as áreas urbanas dos outros municípios

da Região Metropolitana de Goiânia. Esses elementos marcam uma cidade com profundas diferenças intraurbanas.

Dessa forma é possível observar nas Figuras 19 e 20 a porção central de ambos os eixos que se encontrava com áreas marcadas pela presença de solo exposto, mas urbanizadas no período analisado. Outro fenômeno desse recorte temporal, ainda em análise através das Figuras 21 e 22, é a pavimentação asfáltica no tempo analisado.

Desse modo, a pavimentação certamente encoraja o adensamento dos novos bairros, contudo, acentua também a especulação imobiliária, devido à elevação dos preços dos lotes. A duplicação de avenidas também é notada nessa análise multitemporal. Esse crescimento do investimento na infraestrutura urbana foi motivado pela Política de Ordenação para o Crescimento e Desenvolvimento Estratégico (POCDE), fundamentado na Lei nº 2.246, de 30 de janeiro de 2002.

Esse crescimento se favoreceu, dentre outros motivos, pelo período econômico favorável percebido no Brasil até o ano de 2015, em que segundo Biancarelli (2014), houve uma maior sintonia entre objetivos econômicos e sociais. Nesse período, a prefeitura de Aparecida de Goiânia, que fez parte da base de apoio ao governo federal, recebeu e aplicou recursos na área de infraestrutura urbana. O resultado mais visível foi a pavimentação asfáltica e expansão da rede de água para abastecimento público. Esse fenômeno marca claramente a paisagem urbana do Eixo 05 (Figura 22).

No ano de 2014 a prefeitura da cidade de Aparecida de Goiânia lançou o Programa Asfalto Para Todos. Segundo a Prefeitura, as obras de pavimentação chegaram a 110 bairros e foram mais de 5 mil quilômetros de vias asfaltadas. O recurso para as obras de pavimentação e galerias pluviais foram oriundos do Tesouro Municipal e convênios com o governo federal, por meio de programas como o Pró-transporte e Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Essas iniciativas, segundo Basílio e Souza (s.d.), ocorreram devido as dificuldades enfrentadas pelos municípios brasileiros. Nesse sentido, foi criado o Ministério das Cidades, no ano de 2003, “que passou a incentivar a construção de uma nova cultura de planejamento urbano no país e a fortalecer o apoio ao planejamento urbano dos municípios” (BASÍLIO e SOUZA, s.d., p. 6).

Segundo Basílio e Souza (s.d.) o Programa de Infraestrutura de Transporte e da Mobilidade Urbana (Pró-Transportes), que iniciou em 2011 e foi até o ano de 2014, foi um projeto que visou financiar o setor público e a iniciativa privada de infraestrutura de transporte coletivo urbano. Esse projeto exigiu ações efetivas das prefeituras de grandes cidades do Brasil

a “Enfrentar os principais desafios das grandes aglomerações urbanas, propiciando melhor qualidade de vida” (BASÍLIO e SOUZA, s.d., p. 3).

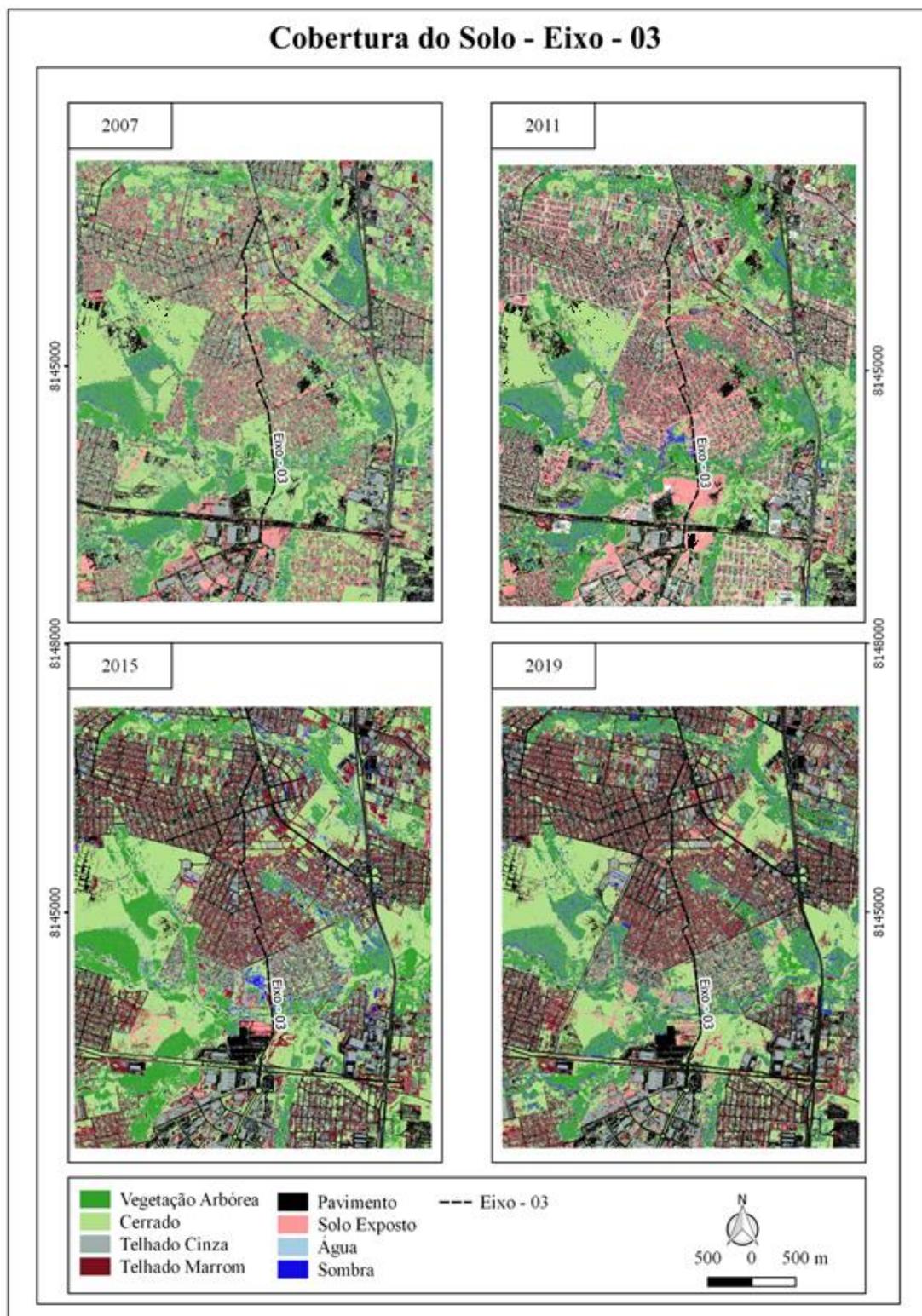


Figura 19: Classificação da cobertura do solo nas áreas de influência do Eixo – 03. Fonte: A autora (2020).

Cobertura do Solo - Eixo - 05

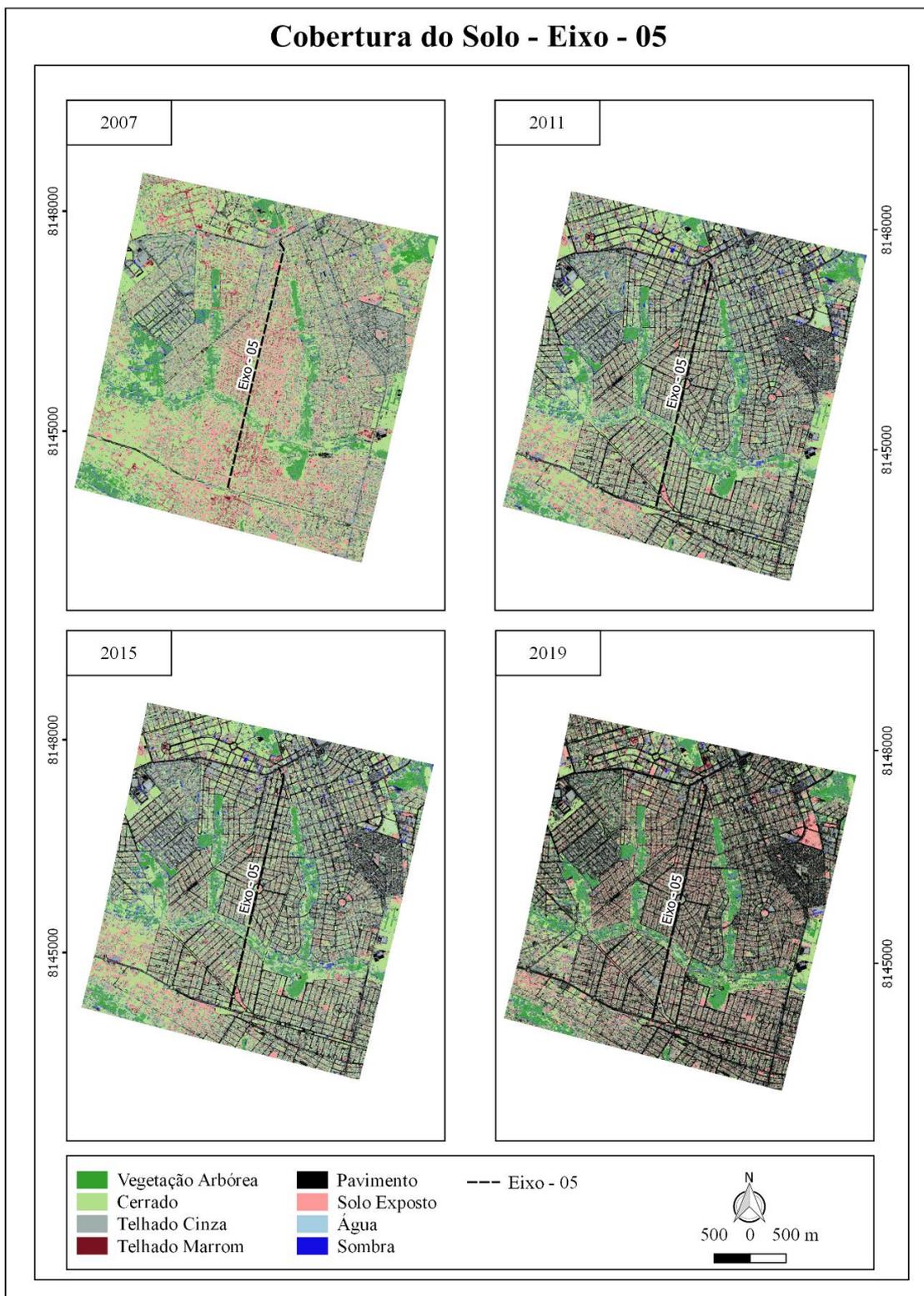


Figura 20: Classificação da cobertura do solo nas áreas de influência do Eixo – 03. Fonte: A autora (2020).

O Eixo – 03 pode ser caracterizado dentre as vias em análise como a mais recente, criado a partir de 2014. Na parte inferior do Eixo - 03 (Figura 21) pode-se observar o aumento gradativo da classe de telhado cinza entre os anos de 2007, 2011 e 2015, esse aumento é resultado de instalações de empresas na região do polo empresarial, que, usam principalmente coberturas de amianto e zinco. Já no ano de 2019 essa classe não apresentou aumento considerável, visto que as construções desse ramo já se mostravam bastante consolidadas.

No Eixo – 03 é possível observar o aumento significativo da classe de vias entre os anos de 2015 e 2019, esses que são resultados da pavimentação realizada em alguns setores no ano de 2012, conforme já referido. Dentre os setores que foram beneficiados pela pavimentação de ruas estão os setores Vila Maria 1 e Vila Maria 2 que se localizam na porção central da área em análise. Também é possível observar no ano de 2019, parte inferior, a presença de um espaço destinado para locação e apresentação de eventos nos cruzamentos do Eixo – 03 com o Anel Viário.

Ainda em relação ao Eixo – 03 é possível observar um aumento considerável da classe de telhado marrom em relação ao primeiro ano de análise com os anos de 2011, 2015 e 2019. A classe de telhado marrom mais representada pelo uso de áreas residenciais teve um aumento de mais de 1.000 m², esses valores graduais observados nas análises mais recentes estão relacionados à construção de novas residências, principalmente no Residencial Candido de Queiroz, onde também nesse intervalo de tempo levando em consideração o conhecimento empírico foi beneficiado pela implantação de uma Unidade Básica de Saúde no ano de 2019.

Em relação aos resultados obtidos na classificação de cobertura do solo para o Eixo – 05 observou-se que o eixo já estava em implantação no ano de 2007, isso devido a existência de um caminho que cortava alguns setores, entretanto, essas vias não se encontravam totalmente pavimentadas. Já segundo a Prefeitura de Aparecida (2017), o eixo seria parte da integração de cinco grandes avenidas importantes com dois acessos à Avenida Rio Verdes e três ao Anel Viário após o ano de 2017 (Figura 22).

O Eixo 05 foi o que apresentou transformações mais profundas, pois a consolidação da área urbana se concentrava sobre o eixo da Avenida Rio Verde, alterando-se devido a especulação imobiliária que elevou os valores dos terrenos nesse trecho. Entre os anos de 2007 e 2011 observou-se alterações das classes de ‘Solo Exposto’ para a classe de ‘Pavimento’ e outras (Telhados). Destaca-se o fato das Áreas de Preservação Ambiental serem recortadas por vias duplicadas.

Além disso, dentre os dois eixos de estudo o Eixo – 05 foi o que se mostrou mais adensado em questões de áreas ocupadas, visto que esse já se mostrava mais ocupado desde as

análises da imagem do ano de 2007. No ano de 2010, considerando as imagens para o Eixo-03 e Eixo – 05, é possível observar que a parte superior do Eixo – 05 já se encontrava mais adensada em relação ao Eixo – 03, isso se dá, pois, a região se situa na divisa entre os municípios de Goiânia e Aparecida de Goiânia, uma região mais nobre com presença de supermercados e condomínios fechados.

Uma reportagem do ano de 2019 revelou o dinamismo pelo qual passou o município de Aparecida de Goiânia. Segundo Gonçalves (2019), do G1 Goiás, “Aparecida de Goiânia vai de cidade dormitório a geradora de emprego com 15 mil novas empresas criadas em 4 anos”. Apoiado nos dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). A reportagem apontou que Aparecida de Goiânia vem, nos últimos 20 anos, passando por transformações que já o colocaram em 2º lugar entre os municípios que mais geraram emprego no Brasil.

Feitas as análises visuais dos eixos também se verifica a importância das análises quantitativas, essas dispostas nas Tabelas 01 e 02. Nas tabelas é possível observar a evolução de área das classes de cobertura do solo.

Tabela 01: Quantificação da cobertura do solo – Eixo 03

Cobertura do Solo - Eixo 03 - Km²					
	Classe	2007	2011	2015	2019
	Vegetação Arbórea	5,98	5,33	4,48	4,26
	Cerrado	5,9	5,79	5,53	5,26
	Telhado Cinza	1,58	1,93	2,31	2,47
	Telhado Marrom	3,12	3,25	3,7	3,87
	Pavimento	2,51	2,6	2,89	2,99
	Solo Exposto	2,42	2,53	2,11	1,95
	Água	0,12	0,2	0,3	0,31
	Sombra	0,26	0,3	0,32	0,36
Total		21,89	21,93	21,64	21,47

Tabela 02: Quantificação da cobertura do solo – Eixo 05

Cobertura do Solo - Eixo 05 - Km²					
	Classe	2007	2011	2015	2019
	Vegetação Arbórea	2,85	2,76	2,64	2,01
	Cerrado	3,98	3,1	2,45	1,98
	Telhado Cinza	1,95	2,1	2,23	2,45
	Telhado Marrom	4,25	5,3	5,64	5,96
	Pavimento	2,12	3,28	3,73	4,11
	Solo Exposto	1,95	0,84	0,96	1,12
	Água	0,31	0,3	0,27	0,29
	Sombra	0,66	0,41	0,38	0,35

Total		18,07	18,09	18,3	18,27
--------------	--	-------	-------	------	-------

Fonte: A autora (2020).

Por comparação entre o primeiro e o último ano de análise (2007 e 2019) constatou-se que a área de classe denominada como cerrado foi mais convertida/alterada ao longo do trecho do Eixo 05 (Taxa de variação de - 50,25%). Ao contrário, sua variação foi menor no Eixo 03 (Taxa de variação de - 10, 85%). A vegetação de porte arbóreo também foi mais alterada no Eixo 05 (Taxa de variação de - 29, 48%). Portanto, o Eixo 05 foi, dentre os três, o que mais contribuiu para redução de vegetação de porte arbóreo e arbustivo.

Segundo Ramos (2016), uma das consequências da expansão urbana é a redução de áreas verdes. Ainda segundo o autor, áreas recortas por vegetação são importantes para o lazer, diversificação da paisagem e embelezamento, melhoria da qualidade do ar, água e solo. Além disso, áreas verdes em cidades servem como indicador da qualidade ambiental (RAMOS, 2016).

Do mesmo modo, para análise das classes que permitem identificação dos usos destaca-se o aumento significativo do ‘Telhado Marrom’ e ‘Telhado Cinza’. Para o Eixo 03 o crescimento da área foi de 56,33% e 24,04% e para o Eixo 05, o crescimento da área foi de 25,64% e 40,23%.

Por fim, a classe com aumento mais significativo, que praticamente dobrou, ocorreu no trecho do Eixo 05. Nesse eixo, a taxa de crescimento da área de pavimentação entre os anos de 2007 e 2019 foi de 93,86792%, praticamente dobrou. Isso ocorreu, pelo potencial que a área apresentada para inserção da infraestrutura. Dito de outro modo, essa área estava desprovida de pavimentação e com os investimentos, esse cenário se alterou.

3.3 Cenários futuros

Segundo Almeida (2003) a probabilidade de um evento ocorrer (mudança de classe para a outra) é calculada usando como base o teorema de Bayes. O uso do teorema de Bayes também está presente em trabalhos como o de Santos (2013), em que a autora avaliou a dinâmica de crescimento urbano no eixo de desenvolvimento Goiânia- Brasília e no trabalho de Ribeiro e Lima (2016), que modelaram a dinâmica da mudança de uso e cobertura do solo.

Como citado na 4ª etapa do tópico 2.3, a mudança de estado de uma classe para a outra foi calculada pelo método de pesos e evidências pelo próprio Dinamica EGO; a partir da tabulação cruzada entre os mapas de transição inicial (2007) e final (2019) e das taxas obtidas

para os cálculos de pesos e coeficientes das faixas de evidências com as variáveis dinâmicas e estáticas o que resultou no mapa de probabilidade e de cenários futuros.

Na primeira etapa da modelagem foi calculada a matriz de transição (Tabela 03), determinada com passos de tempo anuais – este período representa a diferença temporal entre os mapas de paisagem final (2019) e inicial (2007), ou seja, de 12 anos. Para isso as classes foram agrupadas em “não urbano” para o “urbano”, levando em consideração a Figura 18, exposta no Capítulo II.

Como não urbano foram consideradas as classes de: Vegetação arbórea, Cerrado e Solo Exposto, partindo do pressuposto de que quando essas classes ainda não sofreram alterações elas ainda não contribuíram para o crescimento urbano. A classe Água não foi levada em consideração devido a sua pequena participação na classificação e também por ser um recurso que sua quantidade pode variar de acordo com cada época do ano.

Para a parte de urbano foram consideradas as classes de: Telhado Cinza, Telhado Marrom e Pavimentação. Sendo assim, na Tabela 03 está disponível a matriz de transição para o Eixo-03 e Eixo-05.

Tabela 03: Transição anual (2007/2019)

Transição não urbano / urbano	Eixo - 03	Eixo - 05
Total de células da paisagem inicial.	936.772	818.362
Total de células para transição	794.360	786.450
Passo de Tempo	12 anos	12 anos
Taxa de Transição anual	0,95 %	1,07%
Taxa de Transição Global	8,67 %	10,35%

Fonte: A autora, 2020.

Na Tabela 04 estão presentes quais as variáveis explicativas foram utilizadas.

Tabela 04: Variáveis explicativas

Variáveis de Evidências	Tipo
Distância à Hidrografia	Dinâmica
Distância à Malha Viária	Dinâmica
Declividade	Estática

Fonte: A autora, 2020.

Assim, como explicado anteriormente no tópico de 2.2.3 as variáveis explicativas podem ser definidas entre dinâmicas e estáticas devido a sua capacidade de sofrer alterações ou não. Na Tabela 05 estão disponíveis os parâmetros utilizados para as classes de pesos.

É importante ressaltar que, além do conhecimento de literatura, nessa fase de modelagem se torna imprescindível o uso do conhecimento empírico visto que cada autor trabalha com um tamanho de área diferente e usam variáveis diferentes. A maioria dos trabalhos utilizados como referência, quando se trata de modelagem, utilizam áreas a nível estadual enquanto esse faz uma análise a nível regional. Esse conhecimento empírico é necessário e parte do conhecimento nas áreas analisadas e também dos testes realizados durante toda a pesquisa.

Tabela 05: Parâmetros para cálculos de pesos

Variável	Categórica	Incremento	Delta Máx	Delta Mín.	Ângulo tolerância
Distância à Hidrografia	Não	2	1000	0	5
Distância à Malha Viária	Não	2	1000	0	5
Declividade	Não	2	1000	0	5

Fonte: A autora, 2020.

A Tabela 05 mostra que todas as variáveis são do tipo categóricas, isso se dá pois todas não possuem uma única classe. O incremento, segundo Santos (2013), equivale ao tamanho da célula, nesse caso, como citado anteriormente o valor foi de 2. Os valores de delta, tanto máximo quanto mínimo são intervalos de distância, ambos os valores foram fornecidos pelo programa levando em consideração o tamanho da área e o tamanho do pixel. O ângulo de tolerância, segundo Souza (2017), corresponde ao desvio do ângulo partindo de uma linha reta, esse valor assim como os de delta também foi definido pelo programa Dinamica EGO.

Na Tabela 06 estão dispostos os pesos atribuídos para as variáveis de distância, sendo elas distância à hidrografia e distância à malha viária.

Tabela 06: Pesos das variáveis de distância

Intervalo	Peso	
	Hidrografia	Malha Viária
1	-0,100371	0,704994
2	0,116812	0,687892
3	0,31419	0,665216
4	0,529919	0,605021
5	0,761358	0,544261

Fonte: A autora, 2020.

Para a determinação desses pesos foi considerado que, quanto mais próximo da hidrografia, menor as chances de mudança de classe, visto o Código Florestal lei nº 12.651/2012 considera como área de APP toda a vegetação natural localizada a 30 metros nos cursos d'água de menos de 10 metros de largura. Para a determinação dos pesos de distância à malha viária foi definido que quanto mais próximos a essa, maior a chance de mudança de classe visto que a infraestrutura está relacionada ao pleno desenvolvimento da cidade (MASSARA, 2002).

Na Tabela 07 estão dispostos os pesos usados para a variável declividade.

Tabela 07: Pesos das variáveis de distância

Intervalo	Peso
0-10	-0,300371
10-20	-0,05877
20-40	0,31419
40-50	-0,529919
50-69	-0,761358

Fonte: A autora, 2020.

3.3.1 Cobertura do solo em cenários futuros

A Figura 22 mostra a cobertura do solo obtida para os anos de 2025, 2030 e 2035. É possível perceber o aumento significativo da classe de pavimentação. No canto superior esquerdo é possível também observar que as classes de Cerrado foram dando espaço para a classe de solo exposto, essa que na última imagem foi sendo substituída pela classe de Pavimentação e classe de Telhado. No segundo semestre de 2020 foi inaugurado o condomínio Jardins Marselha nessa região, atual Chácara Santo Antônio.

Os condomínios surgiram na região Metropolitana de Goiânia na década de 1970, mas recentemente recebeu um novo impulso, que demonstra os desejos de segurança e exclusividade dos espaços coletivos (SOUZA, 2012). Além disso, Camilo (2014) a construção de condomínios na cidade de Aparecida de Goiânia contribui para supervalorização dos lotes nas suas proximidades. Além disso, “os investimentos públicos, mas também os privados, o surgimento e/ou afirmação de novas centralidades, o fornecimento de infraestrutura, melhorias na acessibilidade, alterações nas preferências dos demandantes, expectativas e regulações urbanísticas podem alterar positiva ou negativamente o preço dos terrenos urbanos na cidade como um todo, em maior ou menor intensidade” (CAMILO, 2014, p. 147). Assim, no contexto

das transformações futuras, acredita-se que esses empreendimentos contribuirão de forma decisiva.

Com as obras de infraestrutura dessas regiões parte de terrenos que eram considerados como chácaras e campos de futebol foram dando espaço a *stands* de vendas e a ruas asfaltadas. Segundo Prefeitura de Aparecida (2020) a cidade é resultado de investimentos privados, visto que muitos investidores enxergaram oportunidades para seus negócios. Segundo informações da Secretária de Infraestrutura de Aparecida de Goiânia centenas de bairros receberam pavimentação asfáltica e nos dois últimos anos foram asfaltados mais de 150 mil m² em diferentes regiões da cidade.

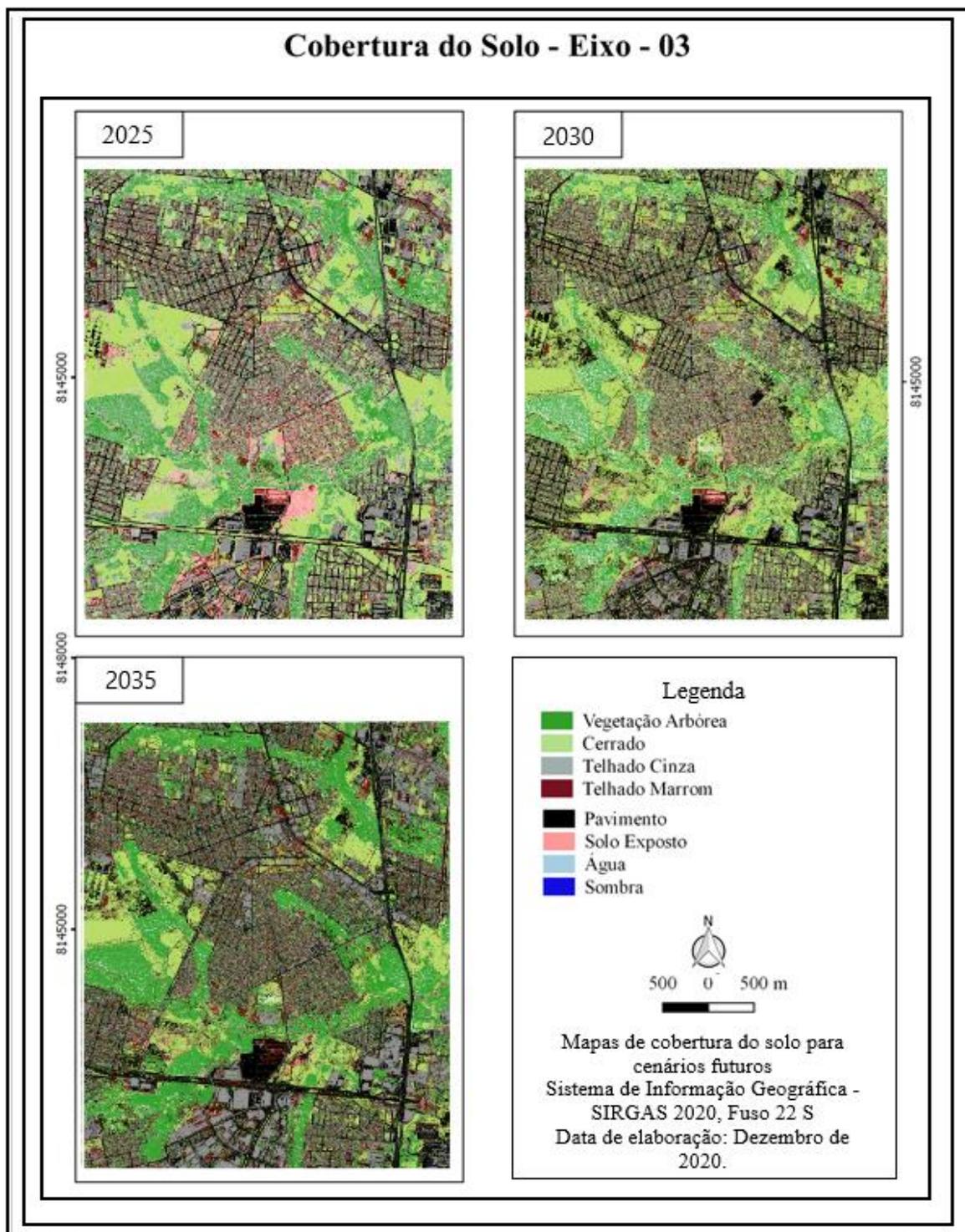


Figura 23: Cenários de 2025, 2030 e 2035 para o Eixo-03. Fonte: A autora, 2020.

A quantificação da transformação na área do Eixo 03 está disposto na Tabela 08. Assim, observa-se que a classe de cobertura Cerrado apresentará maiores taxas de conversão ao longo do período (redução para 23,2%). Além disso, áreas residências tenderão a terem áreas mais expressivas que as áreas comerciais.

Tabela 08: Quantificação da cobertura do solo – Eixo 03

Cobertura do Solo - Eixo 03 - Km² e %							
	Classe	2025	2025%	2030	2030%	2035	2035%
	Vegetação Arbórea	4.2	19.2	4.15	19.0	4.09	18.9
	Cerrado	5.31	24.3	5.22	23.8	5.03	23.2
	Telhado Cinza	2.24	10.3	2.75	12.6	2.82	13.0
	Telhado Marrom	3.11	14.3	3.44	15.7	3.49	16.1
	Pavimento	4.01	18.4	4.03	18.4	4.12	19.0
	Solo Exposto	2.71	12.4	2.1	9.6	1.95	9.0
	Água	0.11	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5
	Sombra	0.13	0.6	0.1	0.5	0.09	0.4
Total		21.82	100	21.89	100	21.69	100

Fonte: A autora (2020)

Na Figura 24 mostra os cenários para a cobertura do solo nos anos 2025, 2030 e 2035. No geral é possível observar, tanto na Figura 24 quanto na Tabela 09 que as áreas de análise para o Eixo- 05 não sofreram alterações tão consideráveis, visto que a cidade de Aparecida de Goiânia já se mostrou em constante desenvolvimento desde a análise de cobertura do solo do ano de 2007 para o ano de 2019.

Vale destacar que o desenvolvimento de uma cidade está atrelado a macroeconomia do país e às políticas de incentivo ao crescimento econômico, tão marcante no período de 2003 a 2010. Contudo, segundo Biancarelli (2014, p. 265), tem se observado “o agravamento nas condições econômicas no Brasil nos anos de 2012 e 2013 – em termos de taxas de crescimento, inflação, contas externas e contas públicas”.

Além do exposto, para Barbosa Filho (2017, p. 51) “a economia brasileira encontra-se formalmente em recessão desde o segundo trimestre de 2014, segundo o Comitê de Datação do Ciclo Econômico (CODACE) da Fundação Getúlio Vargas”. Ainda segundo o autor, o produto per capita brasileiro caiu cerca de 9% entre 2014 e 2016 (BARBOSA FILHO, 2017, p. 51).

Todas essas variáveis devem ser levadas em conta quando se analisa a dinâmica de crescimento de uma cidade, especialmente Aparecida de Goiânia, tão depende do Estado Nacional para a consolidação da sua infraestrutura.

Desse modo, não se pode desconsiderar a crise econômica de 2019-2020, devido à pandemia causada por Sars-CoV-2 (Covid-19). Nesse sentido, Silber (2020, p. 107) prevê choques exógenos adversos ao sistema econômico no Brasil e “que desorganizam a economia e criam um descompasso entre o mundo econômico e as possíveis ações do Estado”.

Cobertura do Solo - Eixo - 05

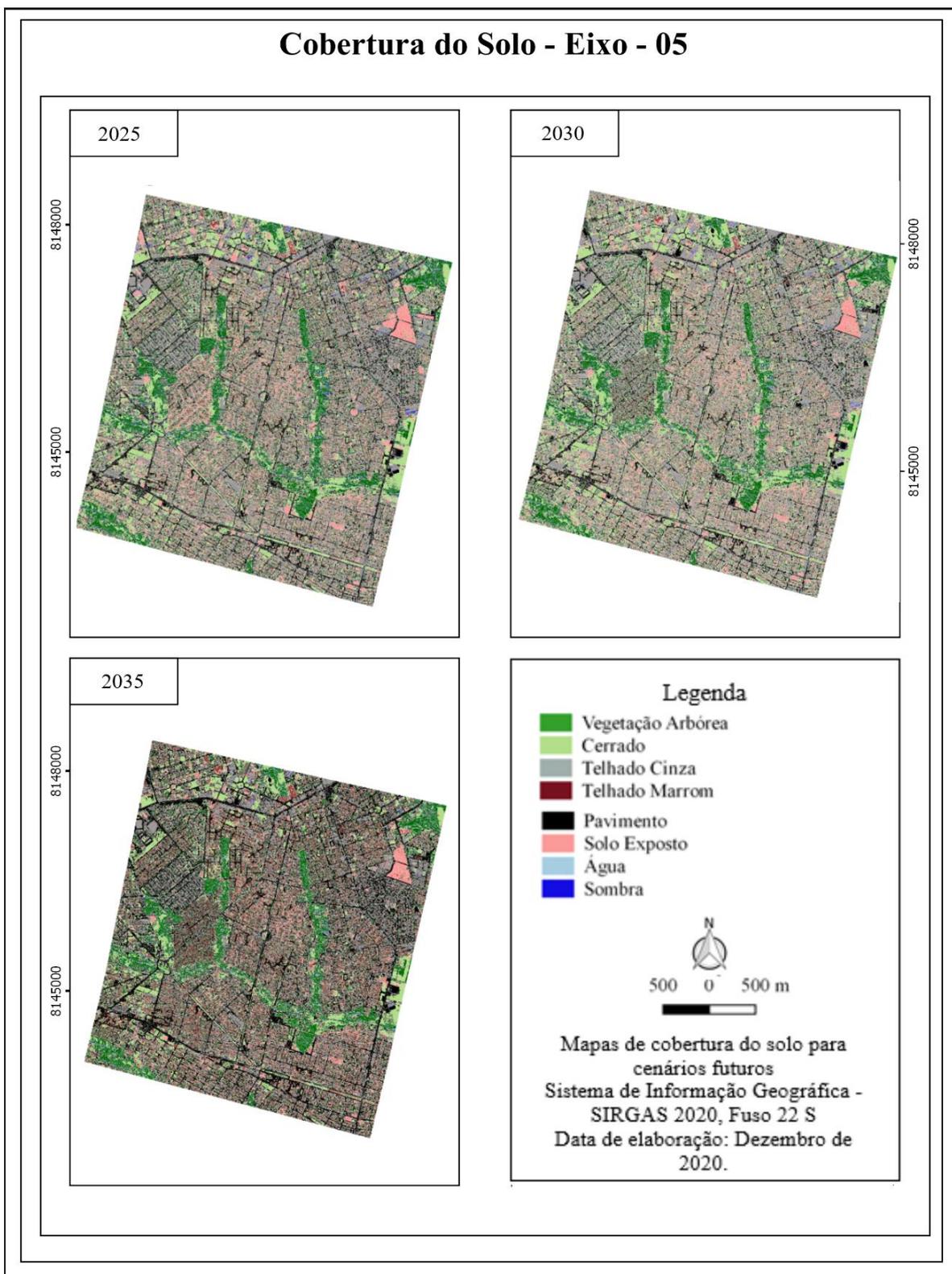


Figura 24: Cenários de 2025, 2030 e 2035 para o Eixo-05. Fonte: A autora, 2020.

A quantificação da transformação na área do Eixo 05 está disposto na Tabela 09. Assim, também se observa que a classe de cobertura Cerrado apresentará maiores taxas de conversão

ao longo do período (redução para 10,10%). No Eixo 05 também áreas residências tenderão às áreas mais expressivas que as áreas comerciais.

Assim como no Eixo 03, ocorrerá também no Eixo 05 o maior adensamento de áreas construídas materializadas pelo aumento da taxa de ocupação de áreas das classes de Telhado Cinza e Marrom. Apesar das transformações o Eixo 03 se manterá com maiores áreas recobertas por vegetação arbórea.

Tabela 09: Quantificação da cobertura do solo – Eixo 05

Cobertura do Solo - Eixo 05 - Km² e %							
	Classe	2025	2025 %	2030	2030 %	2035	2035 %
	Vegetação Arbórea	2.6	13.89	2.54	13.60	2.51	13.41
	Cerrado	1.95	10.42	1.92	10.28	1.89	10.10
	Telhado Cinza	2.59	13.84	2.61	13.97	2.64	14.10
	Telhado Marrom	5.99	32.00	6.01	32.17	6.15	32.85
	Pavimento	4.12	22.01	4.21	22.54	4.27	22.81
	Solo Exposto	0.95	5.07	0.91	4.87	0.86	4.59
	Água	0.21	1.12	0.18	0.96	0.15	0.03
	Sombra	0.31	1.66	0.3	1.61	0.25	0.05
Total		18.72	100	18.68	100	18.72	100

Fonte: A autora (2020).

No geral, o Eixo 03 sofrerá mais mudanças que o Eixo 05. Esse resultado foi esperado, pois o Eixo 03 apresenta maiores áreas recobertas pela vegetação ciliar, que se obedecidas sua preservação por força de legislação ambiental, servirão como “barreira” ao crescimento da área urbana.

4 Considerações finais

A técnica utilizada para a elaboração de mapas de cobertura do solo, principal produto que alimenta o modelo Dinamica EGO, providas de imagem do *Google Earth Pro*® se mostrou eficaz, pois a exatidão foi satisfatória, quando comparado com o que recomenda a literatura.

Desse modo, dos resultados apresentados foi possível afirmar, com grau de confiança adequado, acima de 85% levando em consideração resultados obtidos na matriz de confusão de cobertura do solo, que a cidade de Aparecida de Goiânia passou por profunda transformação intraurbana, em que vazios urbanos foram ocupados, mas que ainda persistem na paisagem.

Essas transformações decorreram de políticas públicas satisfatórias de incentivo ao crescimento da economia de grandes municípios brasileiros após o ano de 2011, através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

A transformação intraurbana referida não é homogênea, pois se difere entre os eixos estruturantes, àqueles delimitados para a pesquisa (Eixo 03 e 05). Por exemplo, o Eixo - 03 se destaca pela transformação através do aumento da área da classe Telhado Cinza, já o Eixo 05 se destacou pelas mudanças nas áreas recobertas pelos cerrados e aumento da área pavimentada, que quase dobrou. Ainda no Eixo 05 a redução da área da classe ‘Solo Exposto’ com valor de (-42, 56%), a maior dentre os trechos analisados.

A modelagem realizada no *software* Dinamica EGO se mostrou adequada e eficiente para representação das mudanças da cobertura do solo, das áreas em estudo visto que a cidade de Aparecida de Goiânia tem se mostrado ser uma cidade em constante desenvolvimento. Por meio das análises fica explícito que as mudanças que ocorrem na cidade são baseadas em um conjunto de características relacionadas a infraestrutura e acessibilidade.

Considerando as duas regiões da pesquisa é possível observar o agrupamento de diferentes usos em cada uma delas, seja por uso comercial como na porção sul do Eixo-03 quando residencial de alto padrão nas partes superior esquerda tanto no Eixo-03 quanto no Eixo – 05.

5. Conclusões

A partir dos resultados da pesquisa foi possível concluir que:

- A densidade demográfica da cidade de Aparecida de Goiânia revelou-se heterogênea, forma *clusters*, e desde sempre, associada aos eixos de transportes e Polo Geradores de Viagens;
- Os resultados dos mapeamentos de uso e cobertura do solo revelaram performance satisfatória no uso das imagens gratuitas do Google Earth Pró® para mapeamentos de áreas urbanas através de técnicas adequadas de processamento de imagens;
- Apesar do aumento das áreas construídas para comércios e residências, a cidade de Aparecida de Goiânia apresenta vazios urbanos na área de estudo (Eixo 3 e 5);

- No geral, o Eixo 03 sofrerá mais mudanças que o Eixo 05. Esse resultado foi esperado, pois o Eixo 03 apresenta maiores áreas recobertas pela vegetação ciliar, que se obedecidas sua preservação, por força de legislação ambiental, servirão como “barreira” ao crescimento da área urbana;
- As políticas públicas do Estado Nacional para incentivo ao crescimento econômico foram decisivas para as transformações observadas da infraestrutura da cidade de Aparecida de Goiânia;
- Por fim, é reconhecido que a análise da modelagem da expansão urbana na cidade de Aparecida de Goiânia será afetada pelas políticas macroeconômicas nacionais e regionais, e que como no passado, dependerá dos incentivos de políticas públicas de Estado.

6 Referências

AcAtaMa QGis Plugin (Version 19.11.21). SMC-IDEAM. Disponível no seguinte link: <https://smbyc.bitbucket.io/qgisplugins/acatama/>

AGUIAR, A. D. **Modelagem de Mudança do Uso da Terra na Amazônia: Explorando a Heterogeneidade Intrarregional**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 2006.

AGUIAR, A. D.; ANDRADE, P.; SOLER, L.; ASSIS, T. TerraME-LuccME: an open source framework for spatially explicit land use change modeling. In: GLP LAND USE TRANSITIONS IN SOUTH AMERICA: FRAMING THE PRESENT, PREPARING FOR A SUSTAINABLE FUTURE WORKSHOP, 2011, Ilha Bela. **Powerpoint...**São José dos Campos: INPE, 2011.

ALBUQUERQUE, E. R. **Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do Município de Salinas, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, BA, 2009.

Almeida, C.; Batty, M.; Monteiro, M.; Camara, G.; Soares-Filho, B.; Cerqueira, G.; Pennachin, C. L. Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27, pp. 481–509, 2003.

RIBEIRO, C. B. M; LIMA, R. N. S. et al. Modelagem Dinâmica da Mudança do Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul a Partir de Imagens Modis e um Modelo de Sub-Regiões. **Revista Brasileira de Cartografia** (2016), Nº 68/5: 965-978. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936

ANTP. **Série Cadernos Técnicos – Sistemas Inteligentes de Transportes**. [S.1]:[s.n], v.8, 2012.

ARRUDA, R.C. **Comportamento Espectral Das Fitofisionomias Do Cerrado Na Estação Ecológica Do Jardim Botânico De Brasília- DF**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Brasília, 2018.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J. and Blaschke, T. (Eds.). **Angewandte Geogr. Informationsverarbeitung XII**,. Heidelberg : Wichmann, 2000.

BARBOSA FILHO, F. H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos Avançados**, 31(89), 51-60, 2017.

BASÍLIO, F. A; SOUZA, A. O. Infraestrutura de Transporte Coletivo e Mobilidade Urbana em Campo Grande (Ms): Análise dos Programas “Prótransportes” e Pac2 “Mobilidade Grandes Cidades”. In: **Anais do 8º ENEPE UFGD e 5º EPEX UEMS**. Dourados. MS, 2014.

BATISTA, M. H.; HAERTEL, V. Classificação Hierárquica Orientada em Imagens de Alta Resolução Empregando Atributos Espaciais e Espectrais. **Anais** - In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC. p. 489-497.

BIANCARELLI, A.M. A Era Lula e sua questão econômica principal crescimento, mercado interno e distribuição de renda. **Rev. Inst. Estud. Bras.**, n. 58, p. 263-288, jun. 2014.

BOGGIONE, G. A. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. **Anais** - In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. P. 1739-1746.

BREUNIG, F. M.; MELLO, L. F. Evolução da mancha urbana ao longo da Rodovia dos Tamoios (São José dos Campos – Caraguatatuba) no período de 2000-2008: uma primeira abordagem. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 17, 2010, Caxambu. **Anais...**, 2010. p. 2027.

BRINKMANN et al. Spatial and Temporal Dynamics of urban wetland in na India Megacity over the past 50 years. **MDPI Journal of Remote Sensing**, vol. 12, 2020.

CAIXETA, P. R. C. **Modelagem espacial da dinâmica da mancha urbana de Viçosa – MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2014.

CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. Na investigation into the completeness of, and updates to, the OpenStreetMap data in a heterogeneous area in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, vol. 4, n. 3, 2015. pp. 1366-1388.

CAMILO, J. H. **O preço da terra e o plano diretor de Aparecida de Goiânia (2001-2014).** 2014. 197 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia 2014.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de Transportes. Conceitos e Modelos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CHUVIECO, E.S. **Teledectión Ambiental -La Observación de la Tierra Desde el Espacio.** Barcelona: Ariel, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CLARKE, K. L. J. GAYDOS. Loosecoupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. **In International Journal of Geographical Information Science.** 1998. 699-714, 18 páginas.

COHENCA, D. **Modelagem de cenários de ocupação no litoral sul de Santa Catarina utilizando técnicas de análise geoespacial –** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2016.

CONCEIÇÃO, M. F; SANTOS, A. M. dos Mapeamento do Uso do Solo e Sua Relação com o Transporte Público na Cidade de Aparecida de Goiânia/Goiás. **Anais** – In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CORDOVEZ, J.C.G. Geoprocessamento Como Ferramenta De Gestão Urbana. **Anais** – In Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju, SE, 2002.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 103p.

CÂMARA, G.; DAVIS JR, C. A.; MONTEIRO, A. M. V.; **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, A. S.; FERREIRA, F.; CASTRO, P. **Spatial simulation modelling. Spatial Analytical Perspectives on GIS**. M.Fisher. London, Taylor & Francis. p.213-218, 1996.

DELANEZE, M. E.; RIEDEL, P. S.; MARQUES, M. L.; FERREIRA, M. V. Modelagem dinâmica espacial para o monitoramento do crescimento urbano no entorno do duto orbel. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 3, 29 ago. 2014.

DEMERITT, D., & WAINWRIGHT, J. (2005). Models, modelling, and geography. Em N. CASTREE, A. ROGERS, & D. SHERMAN, **Questioning geography: fundamental debates** (pp. 206-225). Oxford: Blackwell Publishing.

DIAS, L.T.; WALDE, D.H.G. Modelagem da dinâmica espacial do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Lago Paranoá-DF. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 1, p. 77-94, 2013

DROZDZYNSKI, M. S. et al. **On Constructing a Base Map for Collaborative Map Generation and its Application in Urban Mobility Planning**. 2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Seattle, WA, 2007, p. 678-683. doi: 10.1109/ITSC.2007.4357785

FERREIRA, E.; DANTAS, A.A.A.; MORAIS, A.R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras, MG. **Anais...In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 887-894. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.10.14.40/doc/887-894.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2020.

FORD, A. **Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems**. Whashington. D. C, Book, 1999. 395 p.

FORSTER, B.C. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. **International Journal of Remote Sensing**, 6(1): pp.139-151, 1994

FOSTER, B. Some urban measurements from Landsat data . **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.49, n. 10, p. 1693 -1707, 1983.

FURTADO, C. R. Intervenção do Estado e (re)estruturação urbana. Um estudo sobre gentrificação. **Cadernos Metr pole**, São Paulo, v. 16, n. 32, pp. 341-363, nov 2014

Gao, Zhiqiang; Yi, Wei(2012) - Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Volume 28, Number 16, 15 August 2012, pp. 208-216(9) - Land use change in China and analysis of its driving forces using CLUE-S and Dinamica EGO model

GONÇALVES, J. C. A Especulação Imobiliária na Formação de Loteamentos Urbanos: Um Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente), Instituto de Economia da UNICAMP. Campinas, São Paulo. 2002.

GONÇALVES, R. Aparecida de Goiânia vai de cidade dormitório a geradora de emprego com 15 mil novas empresas criadas em 4 anos. G1 Goiás, 08/05/2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2019/05/08/em-4-anos-aparecida-de-goiania-vai-de-cidade-dormitorio-a-geradora-de-emprego-com-15-mil-novas-empresas-criadas.ghtml>. Acesso em 15 de junho de 2020.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. (Traduzido do Inglês, Título original: Digital Image Processing): Editora Edgard Blücher. 509 p., 2000.
GOOGLE INC. **Supported data formats and limits**.

GRIFFIN, A. L.; FABRIKANT, S. I. 2012. More Maps, More Users, More Devices Means More Cartographic Challenges. **The Cartographic Journal** 49, 298-301.

GRIFFIN, A. L.; WHITE, T.; FISH, C. TOMIO, B.; HUANG, H.; SLUTER, C. R.; BRAVO, J. V. M.; FABRIKANT, S.; BLEISCH, S.; YAMADA, M.; PICANÇO JR, P. 2. Designing across map use contexts: A research agenda. **International Journal of Cartography** 3, 1-25.2017.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Edição. 2013.

IBGE. **IBGE divulga as Estimativas de População dos municípios para 2018**. Agência IBGE Notícias. 29 de agosto.2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>

JANNUZZI, P. M. A importância da informação estatística para as políticas sociais no Brasil: breve reflexão sobre a experiência do passado para considerar no presente. **Rev. bras. estud. popul.**, São Paulo, v. 35, n. 1, e0055, 2018.

JUSTICE, C.O., VERMOTE, E., TOWNSHEND, R.D., ROY, D.P., HALL, D.K., SALOMONSON, V.V., PRIVETTE, J.L., RIGGS, G., STRAHLER, A., LUCHT, W., MYNENI, R.B., KNYAZIKHIN, Y., RUNNING, S.W., NEMANI, R.R., WAN, Z., HUETE, A.R., VAN LEEUWEN, W.J.D, WOLFE, R.E., GIGLIO, L., MULLER, J., LEWIS, P., BARNESLEY, M.J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 36 (4), 1–22. 1998.

KAWASHIMA, R. S. et al. Modelagem dinâmica espacial como ferramenta para simulação de cenários da paisagem na região portuária da baixada santista. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba , v. 22, n. 4, p. 703-718, Dec. 2016

KILIC, S. G. **Dynamic Fugacity Modeling In Environmental Systems**. Tese (Pós Doutorado em Filosofia) - Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Georgia Institute of Technology, Georgia, 2008

KNEIB, E. C. Mobilidade e centralidades: reflexões, relações e relevância para a vida urbana. In E. C. Kneib (Org.), **Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana**. Goiânia: FUNAPE, 2014.

KNEIB, E. C. Centralidades urbanas e sistemas de transporte público em Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 3, p. 306-317, 2016.

LANA, R. M. **Modelos dinâmicos acoplados para simulação da ecologia do vetor Aedes aegypti**. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LEFEBVRE, H. **O Direito à Cidade**. São Paulo: Centauro Editora, 2004.

LIMA, H. M. Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica. Funchal (Portugal), 2010.
LIMA, T. C. de. et al. **DINAMICA EGO e Land Change Modeler para simulação de desmatamento na Amazônia brasileira: análise comparativa**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0471.pdf>, 2013.

MASSARA, V.M. **O perfil de infraestrutura no Município de São Paulo e sua relação com as transformações de uso do solo: o centro expandido e a região de São Miguel Paulista**. 178p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Construção Civil Sao Paulo, SP. 2002.

MACÊDO, N. C. **Uma Análise Sobre os Impactos Decorrentes da Inserção de Estações Metroviárias em Áreas Urbanas: Contrinuição Conceitual e Metodológica Através de Estudo de Casos na Cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2010.

MACEDO, R. C et al. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 313-337, 2013.

MAEDA, E. E.; ALMEIDA, C. M.; XIMENES, A. C.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; PELLIKKA, P. Dynamic Modelling of Forest Conversion: Simulation of Past and Future Scenarios of Rural Activities in the Fringes of the Xingu National Park, Brazilian Amazon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 13, p. 435-446, 2011.

MAIDMENT, D. R. GIS and hydrologic modeling. In: GOODCHILD, M. F.; PARKS, B. O.; STEYAERT, L. T. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University, 1993. p. 147-167.

Prefeitura de Aparecida de Goiânia. Maguito lança pavimentação do Setor Veiga Jardim I. Aparecida de Goiânia, 9 de mai. de 2017. Disponível em: <http://www.aparecida.go.gov.br/maguito-lanca-pavimentacao-do-setor-veiga-jardim-i/>

MARTINELLI, M. Um breve apanhado sobre a brece história da Cartografia temática. In: **Anais do 3º Simpósio Iberoamericano de História da Cartografia**, São Paulo, SP, 2010.

MATĚJÍČEK. L, BENEŠOVÁ. L, TONIKA. J. **Environmental Modelling in Urban Areas with GIS**. Institute for Environmental Studies, Charles University, Prague, 128 01, Czech Republic

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte. 2003.

MORAES, José Diniz de. **A função social da propriedade e a Constituição Federal de 1988**. São Paulo: Malheiros Editores, 1999.

MORAES, Lúcia M. **A Segregação Planejada: Goiânia, Brasília e Palmas**. Goiânia: Editora da UCG - Universidade Católica de Goiânia, 2003.

NUNES, F. G. Território Digital: detecção dos padrões espaciais da desigualdade socioterritorial do município de Aparecida de Goiânia – GO. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 11, n.2, p. 112-129, 2017.

NEW ZEALAND TRANSPORT AGENCY – NZTA (2013) **Reallocation of road space**. New Zealand

NOAA, N.O.S., 2015. Whats is the difference between land cover e land use?

PAMBOUKIAN, S. V. D. **Georreferenciamento (registro) de imagens no Qgis**. Laboratório de Geotecnologias da UPM. São Paulo, SP.

PARENTE, L. L. et al. Uma Plataforma de Pesquisa para o Cerrado: Disseminando e Promovendo Dados e Conhecimento Científico sobre um Bioma Ameaçado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR; 2013. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013.

PAULA NETO, H. M. Modelagem “CA - Células Automatas” para avaliação do crescimento urbano: o caso do entorno do parque Macambira / Anicuns no município de Goiânia. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2019.

PENDER, L.; BAUM, T. Have the frills really left the European airline industry? **International Journal of Tourism Research**, 2: 423-436, 2000.

PENG, J; WANG, Y; MINTING, Y; JIANJUN, W. Effects of land-use categorization on landscape metrics: A case study in urban landscape of Shenzhen, China. **International Journal of Remote Sensing - INT J REMOTE SENS**. 28. 4877-4895. 10.1080/01431160601075590. 2007.

PENNA, N. A; FERREIRA, I. B. Desigualdades Socioespaciais e Áreas De Vulnerabilidades Nas Cidades. **Mercator, Fortaleza**. ISSN 1984-2201 © 2002, Universidade Federal do Ceará.v. 13, n. 3, p. 25-36, set./dez. 2014.

PERKINS, C. Researching mapping: methods, modes and moments in the (im)mutability of OpenStreetMap. **Global Media Journal**, vol. 5, n. 2, 2011. 13p

PINTO, José C. V. **Fragmentação da metrópole: constituição da região metropolitana de Goiânia e suas implicações no espaço intraurbano de Aparecida de Goiânia**. Dissertação de Mestrado. IESA, Universidade Federal de Goiás, 2009.

QUEIROZ, G. R; FERREIRA, K. R. **Banco de dados geográficos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP

RAJCHANDAR. P. et al. Urban Agent Based Model of Urban SlumDharavi, Mumbai, India. **International Journal of Earth and Environmental Science**. ISSN 0974-5904, Volume 10, No. 06 DOI:10.21276/ijee.2017.10.0601

RAMOS, H. F. **Análise espacial de indicadores de desenvolvimento socioambiental urbano das regiões norte, noroeste e meia ponte do município de Goiânia (1975 – 2015)**. 2016. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

RAMOS, H. F; NUNES, F. G. Expansão urbana e a questão fundiária: um reflexo da segregação territorial nas regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia – GO. **Ateliê Geográfico - Goiânia**, v. 12, n. 3, p. 94 – 116, dez. 2018.

RESENDE, U. P. Especulação imobiliária e verticalização urbana: um estudo a partir do Parque Municipal Cascavel em Goiânia. **Geografia (Londrina)**. v.22, n.2. p. 79-102. 2013

RIEGEL, R. P et al. Methodology of modelling: simulation of urban scenarios. **Revista Conhecimento Online**, Novo Hamburgo, v. 3, p. 04-26, sep. 2019. ISSN 2176-8501.

RIMAL, B. et al. Land Use/Land Cover Dynamics and Modeling of Urban Land Expansion by the Integration of Cellular Automata and Markov Chain. **International Journal Of Geo-Information**. 2018, 7, 154 doi:10.3390/ijgi7040154.

ROCHA, F.U.S. **O perfil da mobilidade urbana em Salvador (1975 a 2012): a cidade dividida**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014.

ROCHA, J.V.; CAVALIERI, A.; HAMADA, E.; LOMBARDI NETO, F.; LAMPARELLI, R.A.C.; MARGATHO, S.M.F. 1998. **Diagnóstico do meio físico e estabelecimento de diretrizes para controle e prevenção de erosão na Bacia do Rio Mogi Guaçu**. Projeto Técnico. Universidade estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2007.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**, 4a. Edição. Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia. 2001. 210p.

SANT'ANNA, J.A. **Texto para discussão n°562. Rede Básica de Transportes da Amazônia**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. ISSN 1415-4765. Brasília. 1998

SANTOS, E. R. S. **Dinâmica do crescimento urbano no eixo de desenvolvimento Goiânia – Brasília**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Go, 2013.

SANTOS, A. M; SOUZA, J. F; PORTIS. G; PASSIONE, H. R; Sensoriamento Remoto, Uso Do Solo e Análises em Transportes. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, 2018.

SANTOS, A. M et al. Densidade demográfica: um estudo comparativo de duas metodologias a partir de imagens orbital e suborbital na cidade de Aparecida de Goiânia/Goiás. **Ateliê Geográfico**, v. 12, n. 1, p. 175-200, 2018.

SANTOS, L. C. L; Reaprendendo A Relação Entre Transporte e Uso Do Solo - A Importância Da Expansão Dos Transportes Integrada Ao Desenvolvimento Planejado Das Cidades. In. **Anais da 21ª Semana de Tecnologia Metroferroviária**. São Paulo, SP, 2015.

SILBER, S. D. A fragilidade econômica e financeira na pandemia do Sars-Covid-19. **Estudos Avançados**, 34(100), 107-115, 2020.

SILVA, J. X. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA – RJ** N°79, p.42-44, 2009.

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, n.3, p.217-235, set. 2002. Elsevier BV

SOUZA. I, M. **Sensoriamento Remoto Orbital Aplicado a Estudos Urbanos**. INPE, São José dos Campos, SP, 2012. 39 p.

SOUZA, R. M. **Novos modelos de ocupação urbana: os condomínios fechados horizontais em Goiânia**. 2012. 97 F. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.

SOUZA, P. C. S. **Utilização de geotecnologias para detecção do desmatamento no estado de Rondônia**. Dissertação de Mestrado – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. 2017

TEIXEIRA, A; MORETTI, E.; CRISTOFOLLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográficas**, Rio Claro, SP, 1992. 80 p.

TEJADA, G. et al. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. **Environmental Research**, v.144, n.1, p. 49-63, 2016.

TOMLIN, C. D. **Geographic Information Systems and Cartographic Modelling**. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1990. 249 p.

TOMMASINI, M.; BACCIOTTINI, A.; GHERARDELLI, M. A QGIS Tool for Automatically Identifying Asbestos Roofing. . **Geo-Inf. ISPRS Int. J.** 2019, 8, 131.

TRENTIN, G. **A expansão urbano-industrial do município de Americana – SP: geotecnologias aplicadas à análise temporal e simulação de cenários.** Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2008

TRENTIN, G.; FREITAS, M. I. C. DE. Modelagem da dinâmica espacial urbana: modelo de autômato celular na simulação de cenários para o município de americana-sp. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, 11.2010

VERBURG, P., KONING, G., Kok, K., VELDKAM, A., & BOUMA, J. (1998). A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. **Ecological Modelling** v 116, n.1, p. 45-61, 1999.

VERGARA, O.R, CINTRA, J. P. D'ALGE, J. C. L. **Avaliação da exatidão cartográfica de documentos atualizados com imagens orbitais e sistemas de informação geográfica.** In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia, 2001, Porto Alegre

WADDELL. P (2002) UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning, **Journal of the American Planning Association**, 68:3, 297-314, DOI: 10.1080/01944360208976274

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).

APENDICE A

Eixo - 03 /2007	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavimento	Solo Exposto	Água	Sombra		
1	28	1	0	0	0	0	0	0	29	0,9655
2	0	26	0	0	0	2	0	0	28	0,9285
3	0	0	29	0	0	1	1	0	31	0,9354
4	0	0	0	25	0	3	0	0	28	0,892857
5	0	0	1	1	26	0	0	0	28	0,9285
6	0	3	0	4	0	24	0	0	31	0,7741
7	0	0	0	0	0	0	18	0	18	1
8	2	0	0	0	4	0	1	20	27	0,7407
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,89
Exatidão do Produto	0,93	0,8666	0,9666	0,8333	0,8666	0,8	0,9	1		

Exatidão Geral	0,895694 625
----------------	-----------------

Eixo - 03 /2011	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavimento	Solo Exposto	Água	Sombra		
1	27	1	0	0	0	0	0	2	30	0,9
2	1	25	0	2	0	0	0	0	28	0,8928
3	1	0	27	0	0	0	2	0	30	0,9
4	0	0	0	26	0	4	0	0	30	0,8666
5	0	0	2	0	28	0	1	0	31	0,9032
6	0	4	0	2	0	26	0	0	32	0,8125
7	0	0	0	0	0	0	17	0	17	1
8	1	0	1	0	2	0	0	18	22	0,8181
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,8818
Exatidão do Produto	0,9	0,8333	0,9	0,8666	0,93	0,8666	0,85	0,9		
Exatidão Geral	0,88665									

Eixo - 03 /2015	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavimento	Solo Exposto	Água	Sombra		
1	25	2	0	1	3	2	0	2	35	0,6285
2	3	25	0	0	0	0	0	0	28	0,8925
3	0	0	24	0	0	0	1	1	26	0,923
4	0	0	0	24	0	4	0	0	28	0,8571
5	1	0	4	0	23	0	1	1	30	0,7666
6	0	3	0	5	0	24	0	0	32	0,75
7	0	0	0	0	0	0	16	0	16	1
8	1	0	2	0	4	0	2	16	25	0,64
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,8445
Exatidão do	0,8333	0,8333	0,8	0,8	0,76666	0,8	0,8	0,8		

Produto									
Exatidão Geral	0,8572125								

Eixo - 03 /2019	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavime nto	Solo Expo sto	Ág ua	Som bra		
1	25	0	0	2	4	1	0	1	33	0,7575
2	1	26	0	1	0	0	0	0	28	0,9285
3	0	0	24	0	0	0	0	0	24	1
4	0	0	0	23	0	4	0	0	27	0,8518
5	1	0	5	0	24	0	2	3	35	0,6857
6	0	4	0	4	0	25	0	0	33	0,7575
7	0	0	0	0	0	0	15	0	15	1
8	3	0	1	0	2	0	3	16	25	0,64
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,809
Exatidão do Produto r	0,8333	0,8666	0,8	0,7666	0,8	0,8333	0,75	0,8		
Exatidão Geral	0,857625									

Eixo - 05 /2007	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavime nto	Solo Expo sto	Ág ua	Som bra		
1	24	2	0	0	0	0	0	0	26	0,923
2	2	23	0	2	0	2	0	0	29	0,7931
3	0	0	28	0	0	0	0	1	29	0,9655
4	0	0	0	25	0	3	0	0	28	0,8928
5	0	0	2	0	28	0	0	2	32	0,875
6	0	5	0	3	0	25	0	0	33	0,7575
7	0	0	0	0	0	0	19	0	19	1
8	4		0	0	2	0	1	17	24	0,7083
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,859
Exatidão do Produto r	0,8	0,7666	0,93	0,8333	0,93	0,8333	0,95	0,85		
Exatidão Geral	0,8644									

Eixo - 05 /2011	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marr om	Pavime nto	Solo Expo sto	Ág ua	Som bra		

1	27	1	0	0	0	0	0	2	30	0,9
2	1	25	0	2	0	0	0	0	28	0,8928
3	1	0	27	0	0	0	2	0	30	0,9
4	0	0	0	26	0	4	0	0	30	0,8666
5	0	0	2	0	28	0	1	0	31	0,9032
6	0	4	0	2	0	26	0	0	32	0,8125
7	0	0	0	0	0	0	17	0	17	1
8	1	0	1	0	2	0	0	18	22	0,8181
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,8818
Exatidão do Produto	0,9	0,8333	0,9	0,8666	0,93	0,8666	0,85	0,9		
Exatidão Geral	0,88665									

Eixo - 05 /2015	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marron	Pavimento	Solo Exposto	Água	Sombra		
1	28	2	0	3	0	1	0	2	36	0,77778
2	0	25	0	0	0	0	0	0	25	1
3	0	0	24	0	2	0	0	0	26	0,923
4	0	0	0	22	0	3	0	0	25	0,88
5	1	0	2	0	23	0	1	1	28	0,8214
6	0	3	0	5	0	26	0	0	34	0,7647
7	0	0	0	0	0	0	16	0	16	1
8	1	0	4	0	4	0	3	17	29	0,8947
Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,8681
Exatidão do Produto	0,93	0,8333	0,8	0,7333	0,7666	0,8666	0,8	0,85		
Exatidão Geral	0,8826975									

Eixo - 05 /2019	Matriz de Confusão								Total	Exatidão do Usuário
	Veg. Arbórea	Cerrado	Telhado Cinza	Telha do Marron	Pavimento	Solo Exposto	Água	Sombra		
1	28	1	0	0	0	0	0	0	29	0,9655
2	0	26	0	0	0	2	0	0	28	0,9285
3	0	0	29	0	0	1	1	0	31	0,9354
4	0	0	0	25	0	3	0	0	28	0,892857
5	0	0	1	1	26	0	0	0	28	0,9285
6	0	3	0	4	0	24	0	0	31	0,7741
7	0	0	0	0	0	0	18	0	18	1
8	2	0	0	0	4	0	1	20	27	0,7407

Total	30	30	30	30	30	30	20	20	220	0,89
Exatidão do Produto	0,93	0,8666	0,9666	0,8333	0,8666	0,8	0,9	1		
Exatidão Geral	0,895694625									