



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**MODELAGEM “CA - CELULAS AUTOMATAS” PARA AVALIAÇÃO DO  
CRESCIMENTO URBANO: O CASO DO ENTORNO DO PARQUE  
MACAMBIRA / ANICUNS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA**

**HOSTILIO MAIA DE PAULA NETO**

**UBERLÂNDIA/MG**

**2019**

**HOSTILIO MAIA DE PAULA NETO**

**MODELAGEM “CA - CELULAS AUTOMATAS” PARA AVALIAÇÃO DO  
CRESCIMENTO URBANO: O CASO DO ENTORNO DO PARQUE  
MACAMBIRA / ANICUNS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFU como requisito para defesa de Doutorado em geografia 2019. Linha de Pesquisa 3: Ensino, Métodos e Técnicas em Geografia.

**Área de Concentração:** Geoprocessamento; Cartografia; Sensoriamento Remoto; Sistema de Informação Geográfica

**Orientadora:** Prof. Dr. Jorge Luis Silva Brito

**UBERLÂNDIA/MG**

**2019**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

|              |  |
|--------------|--|
| N469<br>2019 | <p>Neto, Hostílio Maia de Paula, 1974-<br/>Modelagem "CA - Celulas Automatas" para avaliação do crescimento urbano [recurso eletrônico] : O caso do entorno do parque Macambira / Anicuns no município de Goiânia / Hostílio Maia de Paula Neto. - 2019.</p> <p>Orientador: Jorge Luis Silva Brito.<br/>Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Geografia.<br/>Modo de acesso: internet.<br/>Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2244">http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2244</a><br/>Inclui bibliografia.<br/>Inclui ilustrações.</p> <p>1. Geografia. I. Brito, Jorge Luis Silva, 1966-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Geografia. III. Título.</p> <p>CDU: 910.1</p> |
|--------------|--|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
Instituto de Geografia  
Programa de Pós-graduação em Geografia



ATA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO ACADÊMICO Nº 184 PPGeo Ano: 2019

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo, do Instituto de Geografia – IG, da Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

DATA: 4/7/2019

INÍCIO: 17:00

ENCERRAMENTO: 17:10

LOCAL DA DEFESA: Campus Santa Mônica – Bloco 1H Sala 14

DISCENTE: Hostílio Maia de Paula Neto

Nº. MATRÍCULA: 11513GEO029

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

LINHA DE PESQUISA: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental

TÍTULO: "MODELAGEM "CA – CÉLULAS AUTOMATAS" PARA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO: O CASO DO ENTORNO DO PARQUE MACAMBA/ANICUNS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA".

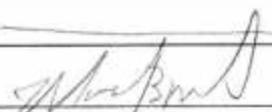
|   |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|
| Prof.(a) Dr(a): Jorge Luis Silva Brito<br>Orientador (a) (Presidente) | CPF: 377.782.505-00 | UFU                |
| Prof.(a) Dr(a): Camilla Miguel Carrara Lazzarini                      | CPF: 050.335.036-26 | UFU                |
| Prof.(a) Dr(a): Beatriz Ribeiro Soares                                | CPF: 181.987.326-91 | UFU                |
| Prof.(a) Dr(a): Ricardo Vicente Ferreira                              | CPF: 137.914.548-11 | UFTM               |
| Prof.(a) Dr(a): Nilton Ricetti Xavier de Nazareno                     | CPF: 449.436.879-20 | IFG – Goiânia - GO |

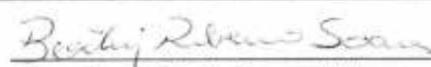
Em sessão pública, após exposição de cerca de 40 minutos, o(a) aluno(a) foi arguido(a) oralmente, sendo que a Banca Examinadora considerou o(a) candidato(a) A provado(a) com distinção.

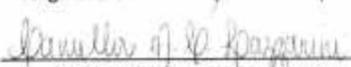
Esta defesa de Tese de Doutorado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, legislação e regulamentação internas da UFU.

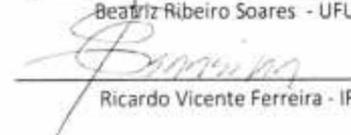
Na forma regulamentar, foi lavrada a presente Ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(a) aluno(a).

OBS:

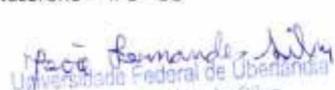
  
Jorge Luis Silva Brito (Presidente) – UFU

  
Beatriz Ribeiro Soares - UFU

  
Camilla Miguel Carrara Lazzarini - UFU

  
Ricardo Vicente Ferreira - IFG

  
Nilton Ricetti Xavier de Nazareno – IFG - GO

  
João Fernandes da Silva  
Diretor do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Portaria P.N. 12/2011



## Dedicatória

*A minha esposa Erica Merino Maia ao meu filho Matheus Merino Maia pelo apoio incondicional, pela paciência nos momentos difíceis e compreensão em todos os momentos.*

*Aos Meus pais Zanome Vieira Maia e Maria Jose Rodrigues Maia (In memoriam)*

*Aos Meus Sogros Antônio Merino e Valdeci Merino*

## **Agradecimentos**

A Deus por sempre iluminar o meu caminho e colocar as pessoas certas a minha volta.

A minha esposa Erica Merino Maia pelo apoio nos momentos difíceis, e pela paciência durante todo o caminho desse projeto.

A Capes pelo apoio a pesquisa que durante todo o projeto não nos faltou apoio.

Ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de evoluir academicamente.

A professor Doutor Jorge Luis Silva Brito por ter me orientado nesse caminho por nós traçados.

Ao Instituto Federal de Ciência e Educação – IFG pelo apoio ao projeto.

A professora JUSSANA MILOGRANA pelo apoio e orientação durante todo o projeto.

A Faculdade Uni-anhanguera pelo apoio durante o projeto.

Aos colegas de trabalho do IFG e da Uni-anhanguera pelo apoio em todos os momentos.

A todos os professores, funcionários do instituto de geografia da UFU que, de uma forma ou de outra, contribuíram para esta conquista.

E, em especial, à minha Família, em especial o meu pai Zanone Vieira Maia e minha mãe Maria Jose Rodrigues Maia que são as minhas referências

## Resumo

As transformações que ocorrem ao longo das cidades tendem a se intensificar devido a necessidade dos municípios por novas áreas para o seu crescimento. Assim, o planejamento urbano tem-se mostrado cada dia mais complexo, e essa complexidade tem exigido cada vez mais espaços urbanos para diferentes necessidades, como áreas verdes, áreas institucionais como secretarias, escolas etc. Neste processo de urbanização, dois são os fatores que podem ser verificados para definição de novas áreas: Crescimento populacional e Padrão de expansão urbana. Um dos fatores que se deve ser analisado nessa relação, entre o crescimento populacional e o crescimento da urbanização é o seu descompasso, pois essa diferença gera um desequilíbrio. Nesse descompasso, o conhecimento do uso do solo e da relação com o crescimento urbano permite ao gestor um melhor enquadramento das diretrizes urbanas para um adequado planejamento urbano. Para um melhor enquadramento do planejamento urbano, o uso de ferramentas que permitam a determinação do crescimento urbano e da análise de cenários futuros são uma tendência e o uso de CA – Células Automatas se mostra uma ferramenta eficaz no planejamento e análise de seu crescimento. Uma forma de utilizar as CA é a previsão de eventos futuros relacionando o modelo de crescimento do uso do solo e de sua população. Neste projeto foi proposto o uso de ferramentas CA combinadas com informações de uso do solo e do crescimento da população com o intuito de avaliar o crescimento da região do entorno do Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns – PUAMA, propondo uma metodologia de análise combinadas com o uso de ferramentas de geoprocessamento atrelada ao uso de CA, possibilitando assim, uma maior integração das informações e gerando produtos que auxiliam no planejamento urbano. Os resultados alcançados foram a geração de uma coletânea de mapas com a indicação do crescimento da região do PUAMA entre os anos de 2006 e 2016 e um modelo de dados com os cenários de 2016 a 2021, indicando os locais de maior impacto no crescimento da região. E para validar o modelo foram utilizados os dados de 2018 para verificação da confiabilidade dos dados modelados e estes alcançaram uma correlação de 83,73% para as áreas de lotes vazios. Diante desta realidade, o modelo de simulação se mostrou eficaz e confiável com a realidade possibilitando ao gestor uma ferramenta de análise para o melhor planejamento urbano.

Palavra chave: Modelagem, Planejamento urbano, Parque, LuccME, Celula Automatas

## **Abstract**

The transformations that occur along the cities tend to intensify due to the need of the municipalities for new areas for their growth. Thus, urban planning has become increasingly complex, and this complexity has increasingly required urban spaces for different needs, such as green areas, institutional areas such as secretariats, schools, etc. In this process of urbanization, there are two factors that can be verified to define new areas: population growth and urban expansion pattern. One of the factors that must be analyzed in this relationship between population growth and urbanization growth is its mismatch, because this difference generates an imbalance. In this mismatch, knowledge of land use and its relationship with urban growth allows managers to better frame urban guidelines for proper urban planning. For a better framing of urban planning, the use of tools that allow the determination of urban growth and the analysis of future scenarios is a trend and the use of CA - Automated Cells proves to be an effective tool in the planning and analysis of its growth. One way to use CA is to predict future events relating the land use and population growth model. In this project it was proposed the use of CA tools combined with information on land use and population growth in order to evaluate the growth of the region surrounding the Macambira Anicuns Urban Environmental Program - PUAMA, proposing a methodology of analysis combined with the use of geoprocessing tools linked to the use of CA, thus enabling a greater integration of information and generating products that help in urban planning. The results achieved were the generation of a map collection indicating the growth of the PUAMA region between 2006 and 2016 and a data model with the scenarios from 2016 to 2021, indicating the places with the greatest impact on the region's growth. And to validate the model, 2018 data were used to verify the reliability of the modeled data and these reached a correlation of 83.73% for the empty lot areas. Given this reality, the simulation model proved to be effective and reliable with reality allowing the manager an analysis tool for the best urban planning.

Keyword: Modeling, Urban planning, Urban Park, LuccME, Automated Cell

## **Lista de abreviaturas**

**A** - APP.

**APP** - Área de Preservação Permanente.

**C** - Área construída.

**CA** - Células Automatas

**DIST** - Distância.

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IFG** - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do estado de Goiás.

**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial.

**LuccME** - Land Use and Cover Change Modelling Environment.

**MC** - Meridiano Central.

**MUBDG** - Mapa Urbano Digital de Goiânia.

**PDIG/92** - Plano Diretor de Goiânia de 1992.

**PUAMA** - Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns.

**RDIG** - Região de Desenvolvimento Integrado de Goiânia.

**RI** - Área de Risco.

**SC** - Santa Catarina.

**SEPLAN** - Secretaria de Planejamento Municipal de Goiânia.

**SHP** - Extensão do arquivo shapfile.

**SIG** – Sistema de Informação Geográfica.

**SIRGAS 2000** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.

**UEP** - Unidade Executora do Programa.

**UTM** - Universo Transverso de Mercator.

**V** - Área Vazia.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.....  | 10 |
| Figura 2 - Paradigma dos quatro elementos .....   | 11 |
| Figura 3 - Componentes de um SIG destacando os modelos de análises espacial e geográficos.....                | 13 |
| Figura 4 - Estrutura de modelo CLUE.....  | 17 |
| Figura 5 - Relação de informações complexas .....   | 20 |
| Figura 6 - Simplificação da informação por CA .....   | 20 |
| Figura 7 - Simplificação da informação em Células Automatas. ....   | 21 |
| Figura 8 - Espaço celular bidimensional e suas correlações.....   | 22 |
| Figura 9 - Modelo criado a partir da equação de Wolfram.....  | 22 |
| Figura 10 - Comparação da taxa de crescimento do município de Goiânia / Brasil .....                          | 27 |
| Figura 11 - Localização das possíveis locais de implantação da nova capital .....                             | 31 |
| Figura 12 - Vista área da implantação da cidade de Goiânia.....   | 32 |
| Figura 13 - Mapa de localização da nova capital .....   | 32 |
| Figura 14 - Projeto do plano urbanístico da Cidade de Goiânia.....  | 34 |
| Figura 15 - Vista áreas da Cidade de Letchworth (A) e da Cidade de Goiânia (B) .....                          | 36 |
| Figura 16 - Projeto do núcleo Central de Goiânia com as zonas do “Plano de Urbanização”.<br>.....             | 36 |
| Figura 17 - Mapa com as áreas propostas por Luís Saia .....   | 39 |
| Figura 18 - Planta funcional de Goiânia – 1948 .....  | 41 |
| Figura 19 – Ortofoto da área do ano de 2006 indicando as construções dentro dos limites do parque PUAMA ..... | 45 |
| Figura 20 – Mapa de Localização do projeto PUAMA – Parque Urbano Ambiental Mcambira / Anicuns .....           | 46 |
| Figura 21 - Parque de vizinhança PUAMA no ano de 2017 .....   | 47 |
| Figura 22 - Núcleo de Estar – parque PUAMA.....   | 48 |
| Figura 23 - Imagem do núcleo sócio ambiental do parque PUAMA .....  | 48 |
| Figura 24 - Mapa da região administrativa Sudoeste de Goiânia.....  | 51 |
| Figura 25 - Área do projeto – Córrego do Cedro e Nascente do Córrego Macambira.....                           | 52 |
| Figura 26 - Aplicativo QGIS .....   | 53 |
| Figura 27 - Carta imagem da área do projeto ano 2006 .....  | 54 |
| Figura 28 - Carta imagem da área do projeto ano 2011 .....  | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 29 - - Carta imagem da área do projeto ano 2016.....                         | 56 |
| Figura 30 - Base cartográfica da área do projeto.....                               | 58 |
| Figura 31- Imagem com a distribuição dos pontos de controle da área do projeto..... | 59 |
| Figura 32 - Mapa de curvas de nível da área do projeto.....                         | 60 |
| Figura 33 - Os quatros níveis proposto por Libault (1971).....                      | 61 |
| Figura 34 - Fluxograma das atividades executas no projeto.....                      | 62 |
| Figura 35 - Fluxograma de caracterização do uso do solo.....                        | 63 |
| Figura 36 - Ferramenta para coleta de informação.....                               | 64 |
| Figura 37 - Análise da ocupação urbana apoiada com STREET VIEW dentro do QGIS.      | 65 |
| Figura 38 - Fluxograma de mapa de população.....                                    | 66 |
| Figura 39 - Mapa da área do projeto com os setores censitário do IBGE.....          | 68 |
| Figura 40 - Base de dados criada no QGIS.....                                       | 69 |
| Figura 41 - Metodologia para geração dos cenários.....                              | 70 |
| Figura 42 - Gerenciador de Scripts para construção de células.....                  | 71 |
| Figura 43 - Representação da área de estudo por CA.....                             | 71 |
| Figura 44 - Descrição das variáveis do modelo CA.....                               | 72 |
| Figura 45 - Parametrização dos dados de entrada do modelo LuccMe.....               | 74 |
| Figura 46 - Modelo de simulação de 2006.....  | 75 |
| Figura 47 - Gerenciado de Células Autonomatas - CA.....                             | 76 |
| Figura 48 - Criando o modelo CA.....  | 76 |
| Figura 49 - Preenchimento de cada célula com as variáveis.....                      | 77 |
| Figura 50 - Modelo CA para simulação.....   | 77 |
| Figura 51 - Mapa de uso do solo da área de estudo no ano de 2006.....               | 80 |
| Figura 52 - Ferramenta GRUPO STATS para análise e contagem dos atributos.....       | 82 |
| Figura 53 – Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2006.....      | 82 |
| Figura 54 - Ferramenta propriedade da camada diagrama do QGIS.....                  | 83 |
| Figura 55 - Cartograma de uso do solo do ano de 2006.....                           | 85 |
| Figura 56 - Mapa de uso do solo no ano de 2011.....                                 | 87 |
| Figura 57 - Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2011.....      | 89 |
| Figura 58 - Comparação de crescimento entre os anos de 2006 e 2011.....             | 89 |
| Figura 59 - Cartograma de uso do solo do ano de 2011.....                           | 91 |
| Figura 60 - Mapa de uso do solo no ano 2016.....                                    | 93 |
| Figura 61 - Taxa de Crescimento dos anos de 2006, 2011 e 2016.....                  | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 62 - Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2016.....    | 96  |
| Figura 63 - Cartograma de uso do solo do ano de 2016 .....                        | 97  |
| Figura 64 - Taxa de crescimento por setor censitário.....                         | 99  |
| Figura 65 - Ferramenta do QGIS para criação dos intervalos de crescimento .....   | 100 |
| Figura 66 - Mapa com os intervalos de crescimento no período de 2006 a 2011 ..... | 101 |
| Figura 67 - Mapa com os intervalos de crescimento no período de 2011 a 2016 ..... | 102 |
| Figura 68 - Gráfico de população da área do projeto .....                         | 105 |
| Figura 69 - Mapa da população do ano de 2006.....                                 | 106 |
| Figura 70 - Mapa da população do ano de 2011 .....                                | 107 |
| Figura 71 - Mapa da população do ano de 2016.....                                 | 108 |
| Figura 72 - Representação da área de estudo por CA.....                           | 111 |
| Figura 73 - Fluxograma de variáveis .....   | 112 |
| Figura 74 - Modelo de simulação .....   | 113 |
| Figura 75 - Modelo de entrada para simulação ano 2006.....                        | 114 |
| Figura 76 - Modelo de correlação de variável .....                                | 116 |
| Figura 77 - Modelo de correlação de variável em relevo .....                      | 117 |
| Figura 78 - Gráfico com a correlação de cada variável .....                       | 119 |
| Figura 79 - Entrada dos parâmetros de regressão .....                             | 121 |
| Figura 80 - Mapas com os cenários gerados no modelo.....                          | 122 |
| Figura 81 - Análise da validação do modelo .....                                  | 123 |
| Figura 82 - Resultado da validação de áreas Vazias 2011.....                      | 124 |
| Figura 83 - Resultado da validação de áreas construídas 2011 .....                | 125 |
| Figura 84 - Resultado da validação de APP 2011 .....                              | 125 |
| Figura 85 - Resultado da validação APP de 2016 .....                              | 126 |
| Figura 86 - Resultado da validação de áreas construídas de 2016 .....             | 127 |
| Figura 87 - Resultado da validação de áreas Vazias 2016.....                      | 127 |
| Figura 88 - Gráfico com os dados de validação .....                               | 128 |
| Figura 89 - Modelo de 2011 .....  | 129 |
| Figura 90 - Modelo de 2016 .....  | 130 |
| Figura 91 - Modelo de 2021 .....  | 131 |
| Figura 92 - Resultado do modelo de crescimento .....                              | 132 |
| Figura 93 - Verificação do local em 2018 .....                                    | 133 |

## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 - Tabela com as descrições dos códigos de cada setor censitário.....          | 16  |
| Tabela 2 - Relação dos códigos de cada setor censitário e os seus limites.....         | 67  |
| Tabela 3 – Tabela com as descrições das variáveis.....                                 | 73  |
| Tabela 4 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2006.....       | 81  |
| Tabela 5 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2011.....       | 88  |
| Tabela 6 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2016.....       | 94  |
| Tabela 7 - Taxa de crescimento do uso do solo.....                                     | 98  |
| Tabela 8 - Intervalo de avaliação do crescimento.....                                  | 99  |
| Tabela 9 - Tabela com os dados de população de cada setor.....                         | 104 |
| Tabela 10 - Taxa de crescimento da população.....                                      | 109 |
| Tabela 11 - Quantitativo de cada variável.....   | 112 |
| Tabela 12 - Tabela com os valores de cada variável em relação aos lotes construídos. . | 118 |
| Tabela 13 - Tabela com os valores de cada variável em relação aos lotes Vazios.....    | 118 |
| Tabela 14 - Parâmetros de regressão Linear.....  | 120 |

## SUMÁRIO

|  |          |
|--|----------|
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b> |
| <b>CAPÍTULO I- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                  | <b>5</b> |
| 1.1 Geoprocessamento no planejamento urbano .....              | 6        |
| 1.2 Modelos de dados para geoprocessamento.....                | 10       |
| 1.3 Base de dados para ambientes SIG.....                      | 13       |
| 1.4 Variável Espaço.....                                       | 14       |
| 1.5 Variável população .....                                   | 15       |
| 1.6 Modelos LuccME .....                                       | 17       |
| 1.7 Uso de Célula Automata– CA na modelagem de cenários.....   | 18       |
| 1.8 Regressão linear.....                                      | 23       |
| 1.9 Crescimento urbano e seu planejamento .....                | 23       |
| 1.10 A urbanização e seu crescimento.....                      | 26       |
| 1.11 Goiânia cidade planejada.....                             | 28       |
| 1.11.1 Planejamento da nova capital de Goiás – Goiânia.....    | 29       |
| 1.11.2 Definição da localização da nova capital - Goiânia..... | 30       |
| 1.11.3 Plano diretor – Atílio Correa e lima .....              | 34       |
| 1.11.4 Plano diretor – Armando Augusto de Godói.....           | 35       |
| 1.11.5 Plano diretor – Luís Saia.....                          | 37       |
| 1.11.6 Plano diretor – Jorge Willein.....                      | 40       |
| 1.11.7 Plano diretor Engevix Engenharia S.A .....              | 42       |
| 1.12 Projeto Macambira / Anicuns – PUAMA.....                  | 44       |
| 1.12.1 Parque vizinhança.....                                  | 47       |
| 1.12.2 Núcleo de estar.....                                    | 47       |
| 1.12.3 Núcleos Socioambientais.....                            | 48       |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.12.4 Estação de Ginásticas.....                             | 49        |
| <b>CAPÍTULO II - MATERIAIS E METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b> | <b>50</b> |
| 2.1. Materiais .....  | 51        |
| 2.1.1. Área de estudo .....                                   | 51        |
| 2.1.2. Imagens do período de análise.....                     | 53        |
| 2.1.3. Base planimétrica.....                                 | 57        |
| 2.2. Metodologia da pesquisa .....                            | 61        |
| 2.2.1. Análise do uso do solo .....                           | 63        |
| 2.2.2. Dados de população .....                               | 66        |
| 2.2.3. Criação da Base de dados - SIG.....                    | 69        |
| 2.2.4. Modelagem da dinâmica futura.....                      | 69        |
| 2.2.5. Criação do modelo .....                                | 70        |
| 2.2.6. Variáveis do modelo .....                              | 72        |
| 2.2.7. Modelo de simulação de eventos .....                   | 73        |
| 2.2.8. Modelo de 2006.....                                    | 74        |
| <b>CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>            | <b>78</b> |
| 3.1 Análise do uso do solo.....                               | 79        |
| 3.1.1 Análise do solo no ano de 2006.....                     | 79        |
| 3.1.2 Análise do solo no ano de 2011.....                     | 86        |
| 3.1.3 Análise do solo no ano de 2016.....                     | 92        |
| 3.1.4 Avaliação do crescimento do uso do solo.....            | 98        |
| 3.2 Análise do crescimento populacional .....                 | 103       |
| 3.2.1 Distribuição da população .....                         | 103       |
| 3.3 Análise de Cenários futuros.....                          | 110       |
| 3.3.1 Variáveis do modelo CA.....                             | 110       |
| 3.3.2 Modelo de simulação de eventos.....                     | 113       |

|   |            |
|---|------------|
| <i>3.3.3 Obtenção dos cenários futuros.....</i> | <i>115</i> |
| <i>3.3.4 Mapas e análise dos cenários.....</i>  | <i>121</i> |
| <b>CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b> | <b>134</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>          | <b>138</b> |

## INTRODUÇÃO

Desde a aurora da humanidade o ser humano busca entender como a natureza funciona, como o ser humano se insere nesse contexto e como os animais, plantas, minerais e todas as entidades se relacionam.

Com o desenvolvimento das cidades, ficou a necessidade de melhorar a ligação entre a população e o meio ambiente, e como algumas ciências possibilitam essa interação, dentre estas pode-se citar a topografia, geodesia, sensoriamento remoto etc.

Uma outra forma de melhorar o desenvolvimento das cidades é com uma legislação moderna e atuante, dentre elas o estatuto das cidades nos dá uma visão de organização e planejamento das cidades, onde pode-se ler:

“As inovações contidas no estatuto situam em três campos: um conjunto de instrumentos de natureza urbanística, voltada para induzir – mais do que normatizar – as formas de uso e ocupação do solo; uma concepção de gestão democrática das cidades que incorpora a ideia de participação direta do cidadão nos processos decisórios sobre seus destinos; e a ampliação das possibilidades de regularização das posses urbanas, até hoje situadas na ambígua fronteira entre o legal e o ilegal” (BRASIL, 2002).

Assim, partindo do pressuposto que a regularização e a ocupação urbana são normas, podemos colocar uma outra ideia, pois segundo Tucci (2005), esse desenvolvimento urbano nas grandes cidades está errado, pois a forte ocupação das áreas tem aumentado a impermeabilização e os espaços urbanos vem diminuindo as áreas verdes e afetando cada vez mais o meio ambiente, devido ao aumento da ocupação do solo de forma descontrolada, sem regras bem definidas e principalmente na ocupação da população no local.

Uma forma de análise do meio urbano é através de ferramentas de geoprocessamento, onde ela possibilita a verificação e análise desse meio. Com isso pode-se definir essa ferramenta como:

“... um ramo do geoprocessamento que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciadas territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, para a obtenção e apresentação das transformações desejadas” (MOURA, 2003).

Porém, a análise pura e simples dos dados com o geoprocessamento é limitada, neste sentido, fica a necessidade de uma análise não apenas quantitativa, mas também qualitativa utilizando ferramentas que combinem a informação espacial (fornecida pelo

geoprocessamento) e uma interpretação visual fornecida pela geografia, sendo que esta busca descobrir as leis que regem as distribuições espaciais, debruça-se sobre estruturas espaciais de fenômeno na superfície da terra, buscando o **onde**, o **porquê** e o **padrão** dessa distribuição (MOURA, 2003).

Dentro dessa análise, o conhecimento do espaço ao qual será efetuado o projeto se faz necessário detalhando melhor os eventos e as alterações das áreas urbanas, possibilitando uma análise mais consistente e gerando melhores resultados.

Um dos problemas em trabalhar com áreas urbanas é definir o que é urbano, como esse se transforma e qual a relação entre o urbano e o rural. Como são as relações entre esses dois? Com isso Lefebvre (2001), diz:

“Esses aspectos da problemática urbana (que não são menores e vão além das imagens banalizadas do “meio ambiente”, posto que supõem uma análise) não figuram no esquema [...]. Na fase crítica, a natureza aparece no primeiro plano dos problemas. Associadas e concorrentes, a industrialização e a urbanização devastam a natureza. A água, a terra, o ar, a luz, os “elementos” estão ameaçados de destruição.”

Dito isto, a ocupação do espaço geográfico de forma desmedida continua fomentando crescentes discussões em como alcançar, e se é possível, uma suposta estabilidade entre as ações praticadas pela sociedade e o espaço natural. Neste, é necessário a verificação dos impactos e os danos causados a essa estrutura.

Diante destes pontos, o conhecimento da área a ser trabalhada e a separação do urbano com o rural é uma tarefa diária e com a necessidade das cidades em liberar novas áreas para serem ocupadas, o ambiente rural vem se degradando cada vez mais.

Um exemplo visto é que ao observar o município de Goiânia durante a década de 50 houve uma aprovação desorganizada e indiscriminada de novos loteamentos, causando um aumento da degradação das áreas verdes e aumentando a ocupação urbana (RIBEIRO, 2004).

Neste sentido, o plano diretor de 1992 estipulou algumas áreas prioritárias para o desenvolvimento de áreas verdes, dentre estas, está à área do córrego Macambira, que fora caracterizado como um pólo econômico e assim houve a necessidade de medidas de proteção, pois o impacto no meio ambiente se tornaria forte, assim o Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns – PUAMA é criado com o intuito de preservar as áreas verdes ao entorno desses mananciais.

Nesse sentido o projeto visa avaliar e quantificar os problemas causados pela criação do parque Macambira / Anicuns na área de seu entorno, dando ênfase aos impactos

causados pela sua taxa de ocupação a partir do uso de ferramentas de Geoprocessamento e de geração de cenários/modelos de forma a mostrar como a área do entorno do parque se comportou durante a implantação do mesmo. Objetivou também analisar a alteração urbana nos anos de 2006, 2011, 201 e projetando para 2021 gerando produtos cartográficos como mapas temáticos em escala de 1:1000 e dados estatísticos para avaliar esse desenvolvimento.

E por fim, a modelagem deve permitir a análise do crescimento da região por um período pré-definido (2006 a 2011 e de 2011 a 2016) e com estes dados determinar a dinâmica de seu crescimento, com isto o modelo desenvolvido na tese utilizou-se de CA-Células Automatas para verificar esse crescimento e projetar o crescimento da área para o ano de 2021.

Com esta metodologia espera-se que o usuário possa replicar essa metodologia no planejamento urbano e assim determinar em qual situação é melhor a aplicação do modelo no desenvolvimento da região. E com esta metodologia é possível a verificação do crescimento da região e os locais onde o impacto por novos empreendimentos é maior e como o planejamento urbano pode melhorar o espaço urbano para a sociedade.

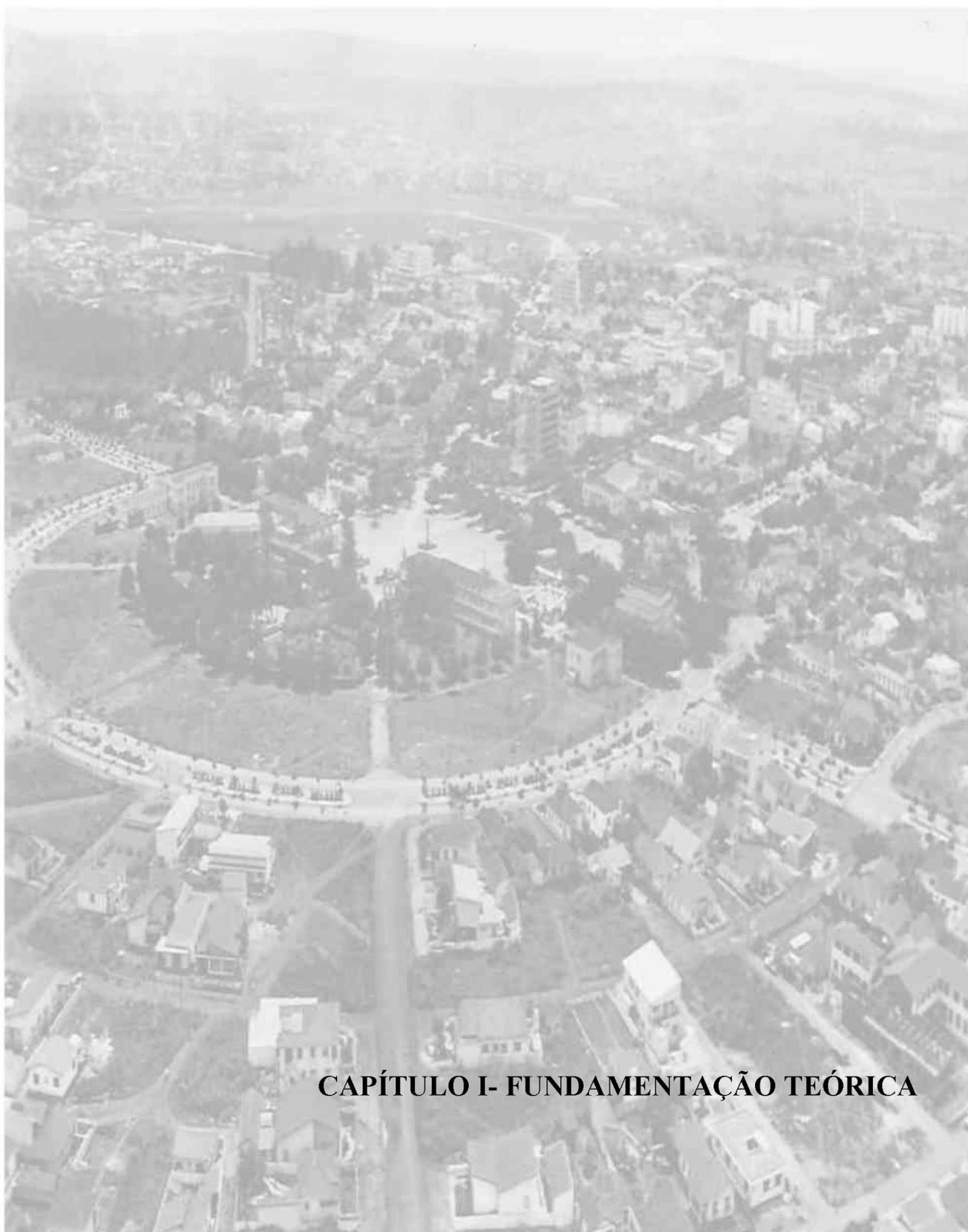
Para facilitar o entendimento da tese, a mesma fora dividida em quatro (IV) capítulos, com o intuito de manter a coerências de ideias e do desenvolvimento do projeto e assim facilitar a compreensão e leitura de cada capítulo.

O capítulo I traz a fundamentação teórica da pesquisa, onde está apresentada em duas fases, sendo que na primeira fase é apresentada uma discussão do uso do Geoprocessamento em áreas urbanas, desde a sua definição à aplicação dos modelos. Numa segunda fase é apresentada a descrição do crescimento do município de Goiânia até o início do projeto para um melhor entendimento de como o município se desenvolveu e por fim chegando à descrição do parque PUAMA – Parque Urbano Ambiental Macambira Anicuns

No Capítulo II é apresentada a descrição dos materiais e métodos utilizados na pesquisa, neste são demonstradas as etapas e materiais para o alcance dos objetivos traçados. No início é apresentada a descrição da área de estudo e o porquê de sua localização, seguindo por uma descrição dos materiais disponíveis para a execução do projeto, desde as imagens de cada período, como dos arquivos vetoriais disponíveis. Na etapa seguinte é apresentada a metodologia proposta para o alcance de cada objetivo, as etapas utilizadas para o desenvolvimento e geração de cada cenário e o modelo para a geração dos cenários futuros.

No Capítulo III inicia-se a apresentação dos resultados, apresentando os mapas temáticos gerados para a região do PUAMA, dando ênfase à criação de cada modelo para a execução do projeto. Em cada etapa do capítulo são mostrados os resultados de cada coleta de informação e, assim, uma discussão dos mesmos e no final a apresentação da modelagem de cenários futuros com suas variáveis, suas análises e resultados, juntamente com a validação requerida para a confiabilidade do modelo.

No Capítulo IV são apresentadas as conclusões do projeto e se os objetivos traçados foram alcançados e como a modelagem fora aplicada e suas respostas ao planejamento. E, por fim, as propostas futuras para a continuidade do projeto para a sua melhoria.



**CAPÍTULO I- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

As transformações que ocorrem ao longo das cidades, tendem a se intensificar devido a necessidade dos municípios por novas áreas para o seu crescimento. Desta forma o planejamento urbano tem-se mostrado cada dia mais complexo, e essa complexidade tem exigido cada vez mais espaços urbanos para diferentes necessidades, como áreas verdes, áreas institucionais como secretarias, escolas etc.

Neste sentido, um dos problemas encontrados pelas cidades é que essa necessidade de novas áreas vem causando um crescimento descontrolado e a ocorrência de áreas de invasão vem se intensificando.

Com isto, um bom planejamento urbano é fundamental para um melhor crescimento e o uso de ferramentas de geoprocessamento é uma saída para os municípios. Portanto, neste capítulo foi feita uma pesquisa sobre a influência do geoprocessamento no planejamento urbano.

### **1.1 Geoprocessamento no planejamento urbano**

A necessidade de se conhecer os espaços urbanos é cada vez mais frequente nas cidades e o uso de técnicas que possibilitam uma análise mais detalhada e rápida desses locais é fundamental para o gestor.

Com isto vem crescendo o uso de ferramentas de análises mais sofisticada e o uso do geoprocessamento se torna uma prática cada vez mais comuns na administração pública. Segundo Caixeta (2015, p. 43):

“...alguns se apressam em dizer que a cidade planejada, num eufemismo que disfarça as contradições existentes. Outros, antônitos diante do caos aparente da cidade, se apressam em ridicularizar uma cidade caótica supostamente sem planejamento.”

Com essa afirmação Caixeta (2015, p. 43) coloca que a organização da cidade se faz necessária, com a incumbência de primeiro organizar as áreas dentro dos centros urbanos e depois utilizar essas informações para um planejamento e gestão dos centros urbanos.

Ainda segundo Lefebvre (2001) o direito a cidade situa-se em duas ordens, uma mais próxima e outra mais distante, fazendo com que a administração pública necessite de uma organização a fim de alcançar todos os espaços urbanos.

Portanto o uso do geoprocessamento se mostra muito eficaz, pois a rapidez e a forma de apresentação são uma de suas premissas. Com um conjunto de técnicas e recursos cada vez mais acessíveis a todos, o armazenamento e análise de dados se tornam cada vez mais simplificado (MOURA, 2003).

Um exemplo dessa dinâmica é que os planejamentos urbanos e as análises ambientais se necessitam de uma complexa gama de informação e de uma análise rápida e precisa (MENEZES & FERNANDES, 2013,p.202).

Segundo *Al Gore*, em seu discurso proferido na *Califórnia Science Center*, em 31 de janeiro de 1988, declara:

A new of technological innovation is allowing us to capture, store, process and display an unprecedented amount of information about our planet and a wide variety of environmental and cultural phenomena. Much of this information will be “georeferenced” – that is, it will refer to some specific place on the Earth’s surface. The hard part of taking advantage of this flood of geospatial information will be making sense of it – turning raw data into understandable information. Today, we often find that we have more information than we know what to do with. (AL GORE, 1998).

Sendo assim, o termo *GEOPROCESSAMENTO* vem mostrando, uma forma de interligar várias informações, com uma metodologia mais avançada. Podendo analisar e planejar os eventos em vários ambientes com vários cenários. Com essa informação, Moura(2003, p. 8) define o termo *GEOPROCESSAMENTO* em duas partes: a primeira *GEO* como *GEOGRAFIA* que no latim é dito como *Geographie*, que deriva do Grego *Gewgrafia*, que é a somatoria de duas palavras a Terra e a Grafia, descrevendo e analisando os elementos de todo o espaço; a segunda parte é definida como *PROCESSAMENTO*, onde a mesma deriva de processos vindo do latim *processus* que significa “o andar a vante”, e juntando essas duas definições notamos que o geoprocessamento analisa e caminha de forma a mostrar a diante os processos de formação e descrição do espaço e do meio.

Com isto, nota-se que o termo Geoprocessamento pode ter varias definições e análises, para uma maior compreensão foi feita uma pesquisa para elucidar e dar um maior descrição e definição desse tema.

Dentre essas definições podemos citar Xavier da silva apud Moura (2003, p. 9) que conceitua o termo geoprocessamento como:

“um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciadas territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, ora obtenção e apresentação das transformações”.

Segundo Câmara, Davis, & Monteiro (2001, p. 02), o termo Geoprocessamento vem utilizando dados matemáticos e computacionais para o tratamento da informação geográfica, influenciando de forma direta o trato da mesma, auxiliando a análise da informação em diversas áreas como na Cartografia, nos recursos naturais, na área de transporte, comunicação e na área de planejamento urbano.

Portanto, a discussão do termo é um tanto ampla, que nessa análise inicial fica no fato de que o *GEOPROCESSAMENTO* é uma alternativa para a estruturação da informação, onde é possível visualizar e quantificar os dados do ambiente de trabalho. Pode-se dizer que de uma forma mais genérica: “*Se onde é importante para seu negócio, então o Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho*” (CÂMARA, et al., 2001 p. 02).

Com isto a utilização do Geoprocessamento se torna infinita, dependendo apenas da necessidade de cada usuário, do conhecimento das relações entre as diversas formas de informação para fazer o elo de ligação entre as informações e este se dá através do uso de ferramentas de *SIG – Sistema de Informação Geográfica*.

Estas ferramentas vêm se difundindo cada vez mais, mostrando que sua potencialidade em implementar várias funções se torna cada dia mais forte. Contudo o termo SIG refere-se aqueles sistemas onde o tratamento da informação geográfica está ligado ao conjunto de dados geográficos e seus atributos (ASSAD, et al., 1998).

Desta forma, os sistemas de informação geográfica vêm se divergindo cada vez mais, e se mostrando mutante à necessidade de cada usuário, onde a descrição de sua informação e os relacionamentos entre cada uma das variáveis que compõem essas informações pode ser associadas e analisadas de forma independente ou correlacionada entre si.

Essa dualidade dos SIGs, de um certo ponto de vista é confuso fazendo com que sua interpretação e utilização seja infinita, para alguns autores o termo SIG pode ser definido como:

“Um conjunto de manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF (1989) apud ASSAD & SANO, 1998).

“...o termo SIG - Sistema de Informação Geografica é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados que estão Georreferenciados” (CÂMARA, et al., 2001).

“O poderoso conjunto de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar a vontade, transformar e exibir dados espaciais do mundo real” (BURROUGH, et al., 2015).

“Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser descrito como de propósito geral baseado em computador tecnologias para lidar com dados geográficos em formulário digital para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir diversos conjuntos de dados espaciais ou georreferenciados” (BURROUGH e MCDONNELL, 1998).

Com isto o termo SIG, se torna uma ferramenta fundamental na análise e interpretação da informação, e segundo Moura (2003, p. 4) este é baseado da tradução de GIS, onde em sua análise toda a informação deve ser baseado em dados geocodificados, permitindo a captura e a localização precisa de cada elemento.

Contudo o termo “Sistema” que na sua definição significa estrutura organizada, com limites definidos e funções definidas, traz a informação por ele tratada como um dado georreferenciada, fazendo com que o termo “Geografica” englobe toda e qualquer informação.

Como se pode observar o termo SIG ou GIS, tratam da mesma informação, ou seja nos dois a análise e interpretação da informação vem de forma organizada e definida, fazendo com que a análise seja rápida e eficaz. E segundo Câmara, Davis, & Monteiro (2001, p. 43) pode-se indicar como suas principais características: a inserção e integração de dados em uma única base; e a manipulação e análise dos mesmo, através de ferramentas computacionais, que envolvem os módulos de consulta, recuperação, visualização e impressão dos dados.

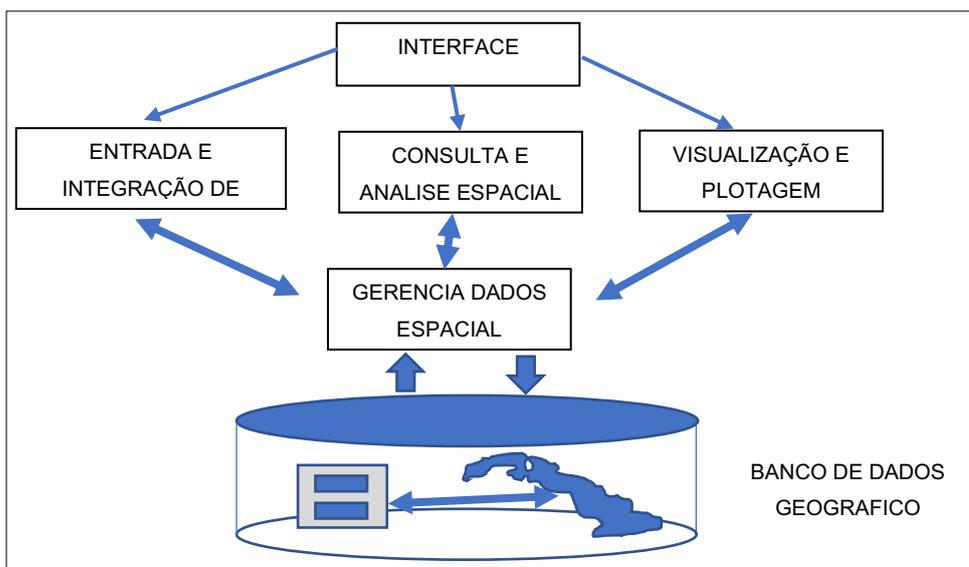
Contudo a representação do espaço é uma das necessidade de todos os usuarios de SIG, e esta forma de representação esta ligada a generalização do mundo real, que é uma das prerrogativa dos sistemas. Para isto, Câmara, Davis, & Monteiro (2001, p. 43) definiram que o sistema pode ser organizado da seguinte maneira:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;

- Funções de consulta e análise espacial;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

De uma forma geral essas interfaces se comunicam entre si, possibilitando uma maior integração dele. Na Figura 1 são mostrados os relacionamentos de cada item proposto para um sistema integrado.

Figura 1 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: Adaptado de Câmara, et al.(2001 p. 44).

Como pode-se observar na Figura 1 a relação entre cada componente de um SIG não é independente pois cada componente interage entre si, fazendo com que cada informação necessite de um análise e após essa análise realizar uma integração do mesmo.

Desta forma a criação dos modelos de representação é fundamental para análise e distribuição dos resultados. E estes tendem a representar o universo que cada usuário necessita, disponibilizando cada informação de uma maneira mais dinâmica e eficaz.

## 1.2 Modelos de dados para geoprocessamento

O geoprocessamento está intimamente relacionado com a modelagem representando a dualidade entre o mundo real e um mundo digital. Esses modelos são

muitos criticados pois sua generalização pode resultar em muitas simplificações, onde a visualização do espaço se torna pobre e sua realidade muito simplificada.

Segundo Moura (2003, p. 36) essa crítica aos modelos só pode ser aplicada se eles representarem a realidade de forma simplificada, sendo que estes representam a informação de maneira complexa e ao reproduzir essa realidade o modelo pode não demonstrar a sua existência.

Segundo Demeritt & Wainwright (2005, p. 207):

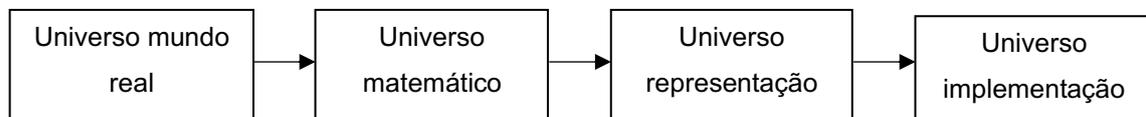
What is a model? A model might be defined as a simplified representation or 'abstraction of reality'. By this broadest of definitions, models would encompass everything from physical analogues and scale models to conceptual, box-and-arrow schematic diagrams and various forms of (typically computer-based) mathematical modelling.

Portanto, o uso de modelos para representar a realidade se torna cada vez mais eficaz, onde cada modelo pode demonstrar como a realidade se comporta. Porém, a modelagem não é a única saída para representar a realidade segundo Mulligan & Wainwright (2004, p. 8) a modelagem não é uma alternativa à observação, mas, em certas circunstâncias, pode ser uma ferramenta poderosa para compreender as observações e desenvolver e testar a teoria, assim a necessidade de obter uma melhor representação da realidade é fundamental para a pesquisa.

Alguns questionamentos podem ser colocados em foco: Como representar os dados geográficos no computador? Como as estruturas de dados geométricas e alfanuméricas se relacionam com os dados do mundo real? Que alternativas de representação computacional existem para dados geográficos? Esses questionamentos nos norteiam de como a informação é fundamental para traduzir e analisar suas necessidades.

De acordo com Queiroz & Ferreira (2006, p. 6), o problema da Geoinformação pode ser representado pelo paradigma dos quatro elementos, onde a representação nos determina quatro passos iniciais (Figura 2).

Figura 2 - Paradigma dos quatro elementos



Fonte: adaptado de Câmara, et al. (2001).

Cada uma destas etapas, tentam demonstrar como cada passo da montagem de um sistema se relaciona. E como podemos generalizar cada informação, por exemplo como a informação real é criada dentro de um ambiente computacional, ou como representar uma entidade e fazer a correlação dela com uma outra informação.

Assim cada universo tem a sua particularidade e sua necessidade, cada um tenta representar uma necessidade que o usuário de um SIG apresenta. Essa necessidade pode ser expressa em cada universo assim definido por Câmara, Davis, & Monteiro (2001, p. 9):

- *O UNIVERSO REAL*, representa as formas os fenômenos que cada entidade representa como tipo de solo, lotes, dados físicos e topográficos.

- *O UNIVERSO MATEMÁTICO OU CONCEITUAL*, tenta representar essas entidades em modos contínuos como uma equação, ou um modelo de grade afim de representar uma superfície, como um modelo numérico do terreno, ou um ponto cotado na sua superfície.

- *O UNIVERSO DE REPRESENTAÇÃO*, contém a informações representadas nos dois universos tanto real como matemático e assim mostrar como cada uma delas se identificam, trazendo consigo informação do tipo formas, irregulares como geométrica, escalas e suas projeções, e como informações de épocas distintas se relacionam.

- *O UNIVERSO DE IMPLEMENTAÇÃO*, são onde cada estrutura é formada, ou seja, como cada modelo é desenvolvido, e como será apresentado cada informação.

Como pode-se observar cada universo é integrado a sua necessidade, fazendo com que o usuário se concentre em dois pontos no universo real e conceitual, pois é nesse momento que ele demonstra a sua necessidade ao interagir com cada elemento.

Portanto, o universo real onde se coloca cada informação que se deseja representar e o universo conceito que mostra como essa informação deve ser gerada é de fundamental importância ao usuário, e com isso o conhecimento de cada informação e como a mesma é gerada e de fundamental importância para geração do modelo.

### 1.3 Base de dados para ambientes SIG

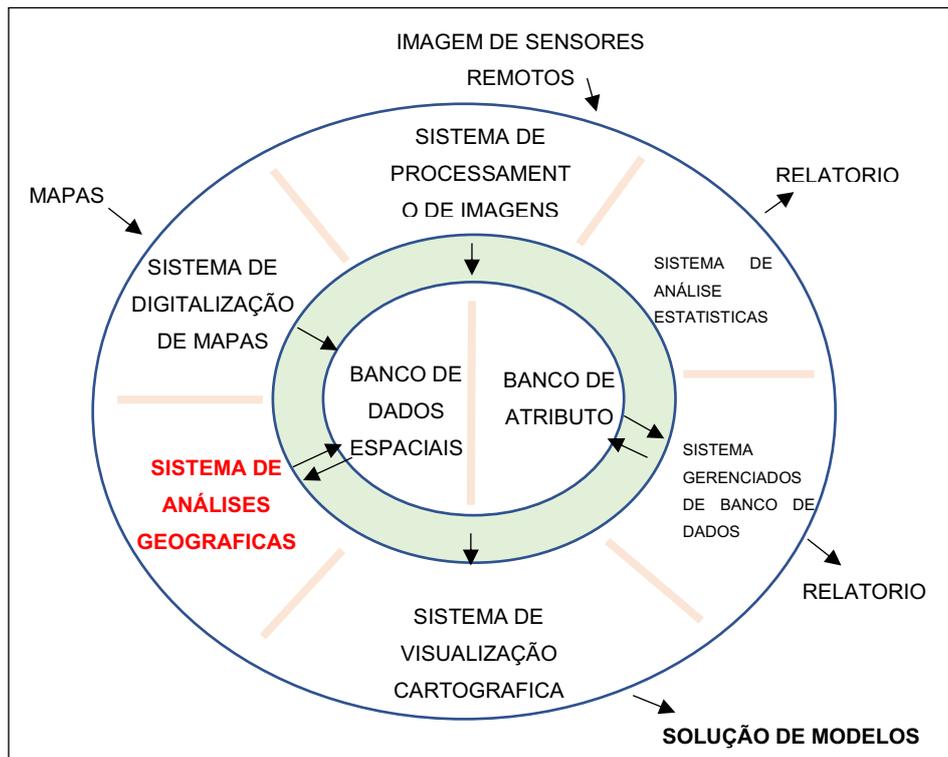
Para geração da informação o conhecimento do tipo de dado de entrada é fundamental em ambientes SIG esse conhecimento pode ser expresso de várias formas, desde a construção da informação até a reprodução do dado final.

Um bom entendimento dessa informação facilita a interpretação e de como a mesma deve ser colocada dentro de um ambiente SIG. Na Figura 3 pode-se observar os tipos de dados de entrada do SIG e assim definir qual o tipo de informação que irá ser analisado em seu ambiente de trabalho.

Pelas informações apresentadas na Figura 3 observa-se que para cada tipo de informação é necessário uma entrada de informação e essa informação deve ser criada de acordo com a necessidade de representação de cada usuário.

Neste sentido, a criação de uma informação pode ser caracterizada como na entrada de um modelo de dados, como descrito no capítulo anterior. O modelo é uma representação da realidade e sua abstração é necessária para um melhor entendimento de cada dado de entrada.

Figura 3 - Componentes de um SIG destacando os modelos de análises espacial e geográficos



Fonte: adaptado de Soares Filho (2000).

No trabalho executado por Druck, Carvalho, Câmara, & Monteiro(2004), a ideia de criação de uma base de dados passa da construção propriamente dita a uma generalização da informação em modelos que representem cada uma das necessidade de uma SIG.

Com essa abordagem a informação é descrita em várias vertentes onde modelar cada informação requer o conhecimento do seu espaço tanto o espaço geográfico como o espaço temporal.

Assim, Druck, Carvalho, Câmara, & Monteiro (2004) determinam o espaço como uma entidade não homogênea tanto nas suas propriedades quanto na sua estrutura. E, com essa abordagem, a descrição do espaço tanto pode ser regular ou irregular, dependendo da situação de cada informação, como por exemplo um bairro que pode ser estruturado em vias regulares e com o passar do tempo e de sua expansão se torna uma área irregular com entradas e saídas pré-definida por cada usuário.

Com isto os sistemas SIG são desenvolvidos a partir de suposições pré-estabelecidas quanto a sua homogeneidade, uniformidade e universalidade de suas propriedades, dando ênfase aos relacionamentos existentes entre o espaço e suas relações espaciais, o tempo e o seu modelo matemático que descreve cada fenômeno. Porém essas relações entre cada variável, não podem ser rígidas pois os sistemas SIG devem ser flexíveis o suficiente para atender à cada necessidade de seus usuários.

Segundo Couclelis apud Druck, Carvalho, Câmara, & Monteiro (2004):

“para modelar processos dinâmicos em GIS com o nível necessário de realismo, estas suposições rígidas têm que ser flexibilizadas de tal forma que o sistema seja capaz de representá-las.”

Portanto, os sistemas SIG não devem ser únicos, suas formas de trabalho devem ser estabelecidas de tal maneira que um usuário possa alimentar e analisar cada informação em separado ou em conjunto.

#### **1.4 Variável Espaço**

O espaço é uma variável que pode ser descrita de várias formas, e essa variável tenta representar uma realidade que se quer trabalhar, onde cada informação é representada de uma forma específica.

Segundo Giometti , Pitton , & Ortigoza (2012) em seu trabalho mostra que a variável espaço é difícil de analisar, pois essa categoria tenta compreender a realidade do lugar e assim mostrar como essa pode ser representada. E com isto encontrar uma definição que represente de forma única essa categoria, é muito complexa, onde cada autor pode inserir uma representação e uma análise de forma distinta.

De acordo com Saquet & Silva (2008), em seu trabalho sobre Milton Santos, coloca que a definição do espaço é central e compreendido como um conjunto de forma representativas onde as relações do passado e do futuro se manifestam em cada análise.

E por sua vez a categoria espaço quando é vista como uma variável, sua dinâmica não se altera, e assim a construção de uma variável não se deve apenas à espacialização ou seja, a criação de uma variável se deve observar a sua posição geográfica (com suas coordenadas cartesianas ou geográficas) mais também as relações funcionais que ocorre entre uma variável e outra. Desta forma essa variável pode ser representada por uma coordenada ou por um texto, onde a sua análise é a parte fundamental dessa variável.

E em SIG, essa definição pode ser estabelecida por duas análises sendo uma o espaço absoluto e o espaço relativo. E segundo Santos (1996) apud Câmara, Davis, & Monteiro (2001) as relações podem ser transferidas para variáveis de espaços fixos ou de espaços de fluxo, onde as relações podem ocorrer entre os dados vetoriais (mapas com polígonos e matrizes) e suas conectividades existentes entre duas ou mais variáveis.

Por isto com conhecimento dos tipos de relacionamentos existentes entre duas ou mais variáveis é fundamental, e sua espacialização torna sua interpretação mais eficaz e de mais fácil entendimento.

### **1.5 Variável população**

O censo demográfico é a mais complexa operação estatística realizada por um país, momento em que são investigadas as características de uma população e sua distribuição no território nacional.

Os censos realizados pelo IBGE, são compostos de duas formas de análises, sendo um *Questionário Básico*, que é aplicado em todas as unidades da federação quando são investigadas as características da população e um *Questionário de Amostra*, onde são

aplicados nas unidades pré-selecionadas além do questionário básico um questionário sócio econômico, em que são coletadas as características de cada domicílio.

Estes dados são organizados, não em bairros ou lotes, mais sim em setores os *Setores Censitários*, estes por sua vez podem ser definido como a menor unidade territorial, formadas por uma área continua integralmente contida em uma área urbana ou rural (IBGE I. , 2011).

Por esta razão, os arquivos do IBGE são agregados por setor censitário e não por bairros ou por outra denominação do município. Isto possibilita uma melhor adequação e comunicação dos dados, e assim poder estipular e criar um parâmetro para os dados.

Sendo assim cada setor contém um código de identificação, esse código indica qual a área e o conjunto de áreas que englobam cada setor censitário. Deste modo, a criação de cada código pode ter até 15 dígitos, definidos de acordo com a divisão territorial como pode-se verificar na Tabela 1 que pode agrupar as seguintes informações:

Contudo, cada setor contém uma informação única, não podendo haver duplicidade de informação, pois cada unidade da federação contém um número de registro.

Tabela 1 - Tabela com as descrições dos códigos de cada setor censitário.

| Cod_setor                       |   | Código do setor            |                                      |
|---------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>Cod das Grandes Regiões</b>  | Código das Grandes Regiões (Regiões Geográficas)  | <b>Nome_da_RM</b>          | Nome da região metropolitana ou RIDE |
| <b>Nome das Grandes Regiões</b> | Nome das Grandes Regiões (Regiões Geográficas)  | <b>Cod_municipio</b>       | Código do município                  |
| <b>Cod_UF</b>                   | Código da Unidade da Federação  | <b>Nome_do_municipio</b>   | Nome do município                    |
| <b>Nome_da_UF</b>               | Nome da Unidade da Federação  | <b>Cod_distrito</b>        | Código do distrito                   |
| <b>Cod_meso</b>                 | Código da mesorregião   | <b>Nome_do_distrito</b>    | Nome do distrito                     |
| <b>Nome_da_meso</b>             | Nome da mesorregião   | <b>Cod_subdistrito</b>     | Código do subdistrito                |
| <b>Cod_micro</b>                | Código da microrregião  | <b>Nome_do_subdistrito</b> | Nome do subdistrito                  |
| <b>Nome_da_micro</b>            | Nome da microrregião  | <b>Cod_bairro</b>          | Código de bairro                     |
| <b>Cod_RM</b>                   | Código da região metropolitana ou RIDE  | <b>Nome_do_bairro</b>      | Nome do bairro                       |
| <b>Situação_setor</b>           | Código de situação do setor <ul style="list-style-type: none"> <li>- Situação urbana – códigos: 1, 2 e 3               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 - Área urbanizada de cidade ou vila</li> <li>- 2 - Área não-urbanizada de cidade ou vila</li> <li>- 3 - Área urbana isolada</li> </ul> </li> <li>- 4 - Aglomerado rural de extensão urbana</li> <li>- 5 - Aglomerado rural isolado – povoado</li> <li>- 6 - Aglomerado rural isolado – núcleo</li> <li>- 7 - Aglomerado rural isolado - outros aglomerados</li> </ul> |                            |                                      |

Fonte: (IBGE I. , 2011).

## 1.6 Modelos LuccME

O modelo LuccME é uma coletânea de proposta de modelagem com o intuito de demonstrar, analisar e gerenciar as mudanças ocorridas no uso do solo. Segundo Aguar et al (2016 p. 5).

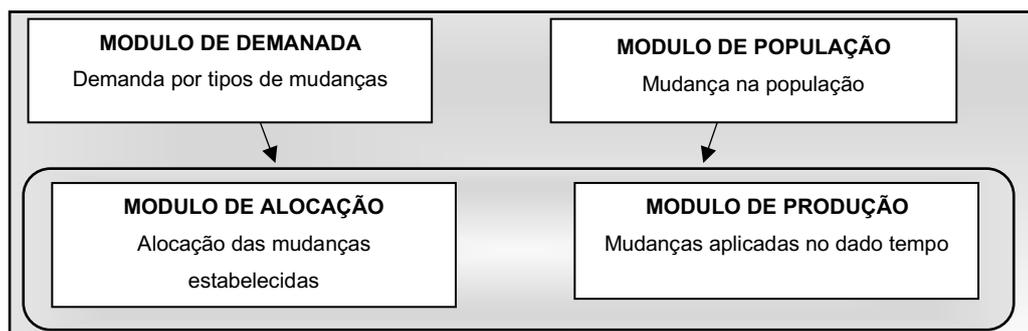
“LuccME (Land Use and Cover Change Modelling Environment) é um arcabouço de modelagem espacialmente explícita de código aberto para mudanças de uso e cobertura da terra (LUCC em inglês) desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) e seus colaboradores, como uma extensão do TerraME.”

Neste a criação de situações que definam a cobertura da terra pode ser baseada em modelos matemáticos e no LuccME ele se baseia nos princípios dos modelos LUCC os quais podem ser classificados de acordo com sua finalidade, escala, abordagem ou da necessidade de abordagem. E nesta colocamos os modelos LUCC se norteando em três análises assim descritas:

- Explicar e testar hipóteses sobre mudanças passadas, através da identificação de fatores determinantes de mudanças no uso e cobertura da terra;
- Projetar e visualizar mudanças futuras, sua intensidade, localização e data;
- Verificar como escolhas de políticas públicas podem influenciar as mudanças, através da construção de cenários considerando opções alternativas de políticas;

Estes se baseiam em quatro entradas assim distribuídos: um modulo de demanda, um modulo de população, um modulo de produção e um modulo de alocação. Segundo Verburg, et al. (1998) o modulo de demanda calcula as mudanças de cada informação levando em consideração a sua população, e os resultados são analisados e alocados em células CA (Figura 4).

Figura 4 - Estrutura de modelo CLUE



Fonte: adaptado de Verburg, et al. (1998 p. 48)

## 1.7 Uso de Célula Automata– CA na modelagem de cenários

É possível avaliar o crescimento futuro de uma região? A resposta a essa pergunta tem colocado os pesquisadores cada vez mais em dúvida. O uso de modelos que possam indicar o crescimento é cada vez mais estudado por auxiliar no planejamento de uma região e assim propor os direcionamentos necessários para alcançar esses indicadores.

No entanto propor uma solução única para esse modelo se torna quase impossível assim o uso de variáveis cada vez mais independentes é uma constante no processo de modelagem. Um uso cada vez mais frequente está vinculado ao CA, este modelo é baseado em variáveis tanto regionais como locais, possibilitando a integração das variáveis na definição do cenário e segundo Batty (2003), o uso de modelos urbanos podem gerar dados que dependem de alguma variável e esta pode ser dependente ou independente, contendo parâmetros ou até erros randômicos, assim o uso de modelos podem gerar certezas ou incertezas que serão melhor interpretadas dependendo de suas variáveis.

Com isto o uso de CA é um grande desafio no entendimento da expansão urbana pois essa não utiliza variáveis contínuas e sim dados discretos, onde, por exemplo, o uso de dados de ocupação do solo deve ser integrado com os dados de crescimento populacional. E isto pode executar alguns questionamentos, “**COMO**” e “**ONDE**” pode ocorrer uma alteração no meio urbano.

De uma forma geral, um sistema autômato funciona de forma dinâmica, como se fosse um vetor, sendo que os dados desses vetores possam se interagir mutuamente, por exemplo se um vetor **A** representar os estados (feições, características, atributos, etc.) nos quais os agentes se encontram em um dado momento. E um vetor **E** representar os ambientes de tempos de cada variável e estes puderem se interagir mutuamente, esses podem ser determinados pelas Equações (1) e (2):

$$A^{t+1} = f(A^t, E^t) \quad (1)$$

$$E^{t+1} = g(A^t, E^t) \quad (2)$$

Assim, segundo Batty (2003), os agentes de mudança da paisagem podem ser aqueles que direcionam ou modificam essa passagem, podendo influenciar na alteração dela. E com isto, o modelo pode receber regras que explicam essa mudança ou a relação entre uma variável e outra permitindo a operacionalização do modelo.

Portanto, a modelagem de espaços urbanos é um desafio aos pesquisadores e avaliar a mudança de cenário deve ser vista de forma que cada informação possa ser descrita e analisada para um melhor entendimento, com isto o uso de CA vem se mostrando cada vez mais usual e confiável.

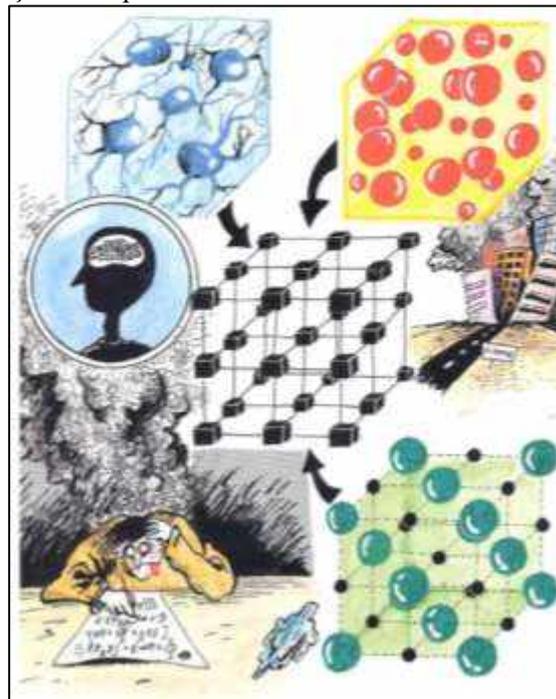
Neste sentido, os CA podem ser definidos como modelos computacionais dinâmicos, discretos e distribuídos espacialmente contendo componentes simples que descrevem uma dada situação e assim podem representar de forma global a situação do local. Este fora desenvolvido por Von Neumann e Ulam como uma possível idealização de sistemas biológicos com a proposta de modelar a auto reprodução biológica (WOLFRAM,1983).

De acordo com Rafiee, et al. (2009), os modelos baseados em automatas celulares tem sido considerado uma ferramenta útil ao modelar fenômenos urbanos, estes são sistemas baseados no tempo e em variáveis discretas, definindo espaços celulares regulares e uma sincronia em intervalos de tempos discretos.

Ainda segundo Rafiee, et al. (2009), a vantagem de se utilizar um CA para modelar sistemas urbanos é que sua abordagem é descentralizada, suas ligações entre as variáveis são simples e podem mostrar relativa facilidade na demonstração do modelo.

Na Figura 5 é mostrada a criação de um modelo biológico onde cada uma das informações são simples porem sua modelagem é muito complexa e está pode representar um dado modelo. E desta forma os ambientes urbanos se comportam de forma simplificada porem sua modelagem se torna cada vez mais complexa e o seu modelo necessita de uma informação cada vez mais fiel.

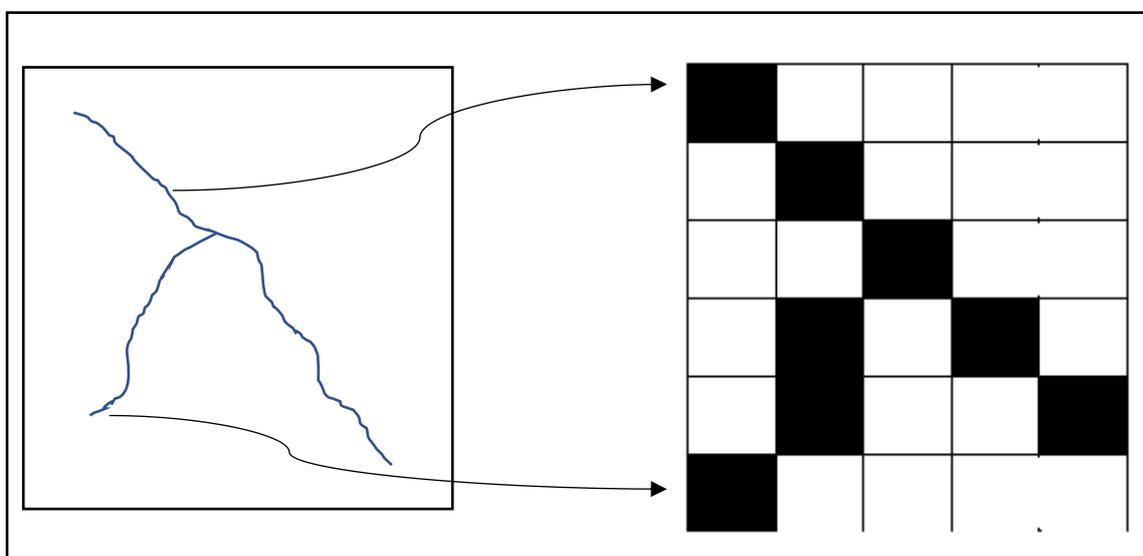
Figura 5 - Relação de informações complexas



Fonte: adaptado de Rafiee, et al. (2009)

Com isto, a criação de CA é uma maneira mais simplificada de descrever os ambientes e poder avaliar sua alteração num dado tempo (Figura 6), a descrição do modelo é simplificada com a criação de células que representam cada etapa do rio, e assim em cada etapa pode se avaliar qual a sua influência em alterar o modelo em um dado tempo.

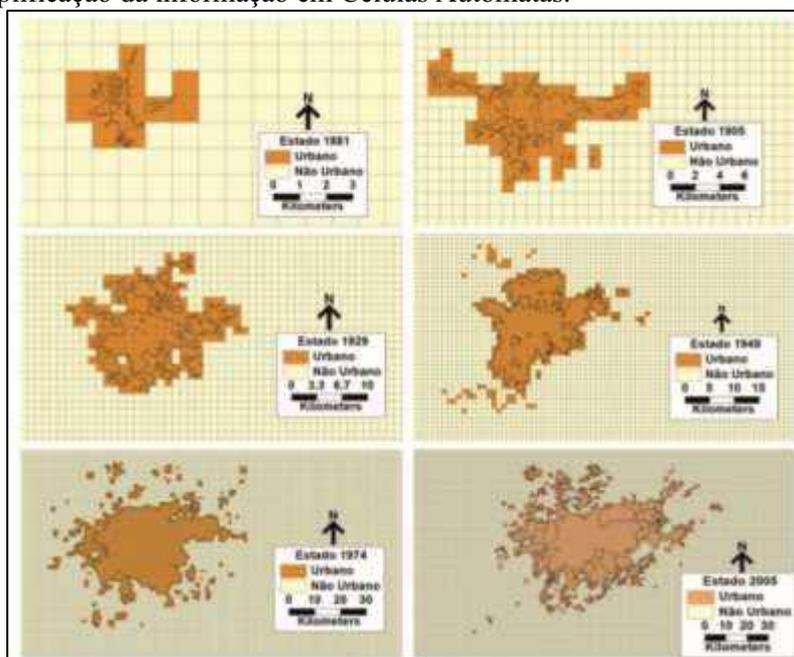
Figura 6 - Simplificação da informação por CA



Fonte: adaptado de Liu (2008 p. 39)

De uma forma geral, os modelos são definidos em células (Figura 6) que seguem um padrão de  $n \times n$  ou de cada parcela que contém a mesma dimensão, fazendo com que cada informação tenha o mesmo espaço celular, segundo Massabki, et al. (2017) em seu trabalho este demonstra como é possível a espacialização de uma região, simplificando sua representação em células e assim poder inferir em cada uma delas as variáveis que necessitam (Figura 7).

Figura 7 - Simplificação da informação em Células Automatas.



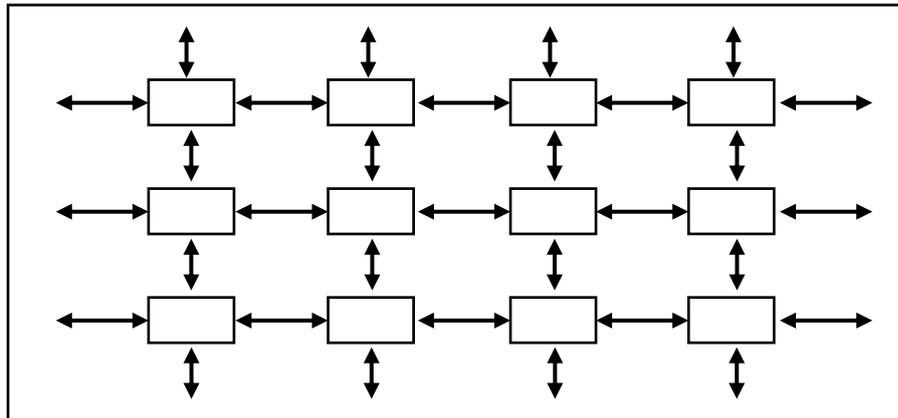
Fonte: Massabki, et al. (2017)

Estas condições mostram como a função é composta de uma informação e é construída conforme uma grade regular contendo um número finito de informações onde cada uma dessas informações pode mostrar o relacionamento que cada variável tem com outra variável.

Segundo Agüena Castro, et al.(2008), os CA contém uma relação com suas variáveis sendo que cada informação considerada possui uma relação com o seu vizinho e assim estes possuem uma correlação entre cada informação, onde cada vizinhos se relaciona com outra informação.

Em seu trabalho, Agüena Castro, et al. (2008), mostram que os CA podem ser representados em formação de conjuntos e cada conjunto se relaciona com o seu vizinho (Figura 8).

Figura 8 - Espaço celular bidimensional e suas correlações



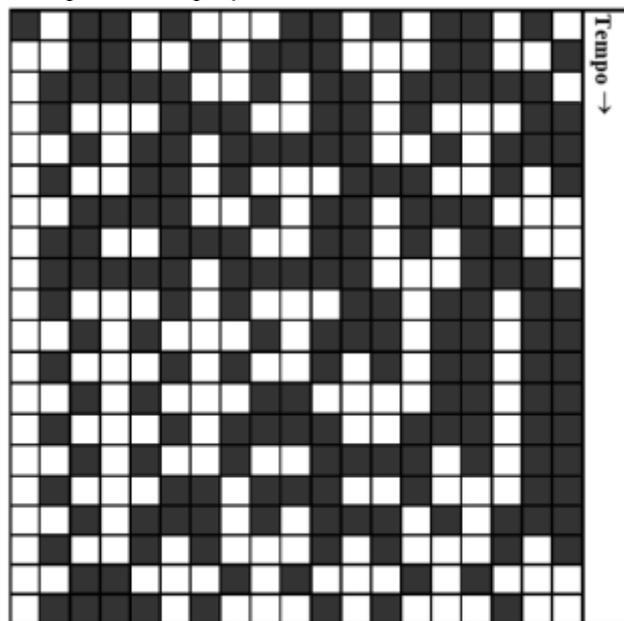
Fonte: adaptado de Agüena Castro, et al.(2008)

Com isto, a construção da CA é possível para qualquer amostra de informação um exemplo são os estudos de Wolfram, que utilizou os CA para descrever a evolução de uma célula e assim poder ser capaz de verificar sua evolução. Neste Wolfram cria uma configuração onde cada célula recebe uma informação 0 ou 1, e com isto é possível a construção da célula considerando um espaço bidimensional onde a posição  $i$  é o espaço inicial e  $t$  em um dado tempo, e assim construí uma regra de evolução dela (Equação 3).

$$a_i^{(t+1)} = (a_{i-1}^t + a_{i+1}^t) \bmod 2 \quad (3)$$

O resultado dessa equação pode ser especializado e assim determinar qual o modelo de crescimento se quer representar (Figura 9).

Figura 9 - Modelo criado a partir da equação de Wolfram



Fonte: Adaptado de Agüena Castro, et al.(2008)

Portanto, a utilização de CA é possível para qualquer informação, possibilitando sua simplificação na representação e permitindo uma codificação de cada informação através de parâmetros de análises.

### **1.8 Regressão linear**

A Regressão é uma técnica que estima a relação entre uma amostra e suas variáveis, e a mesma pode ser definida como uma regressão linear simples com o intuito de estabelecer uma relação matemática de modo que ela possa estabelecer uma correlação. Essa correlação pode ser expressa pela equação (4):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + E \quad (4)$$

Onde

X é a variável explicativa ou independente medida de forma não aleatória;

E é a variável residual na qual é influenciada pela variável dependente Y;

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  parâmetros do modelo;

Y é a variável dependente do modelo;

Desta forma, ao se estudar o comportamento de uma variável essa pode estimar valores ou variáveis com base em padrões conhecidos ou em razão de outras variáveis definindo assim como uma variável se comporta.

Com isto, a regressão tenta mostrar de forma matemática como seria o comportamento de uma variável em um determinado espaço, porém essa variável pode ser dependente de uma variável ou não, sendo assim deve-se estimar qual a correlação existente entre suas variáveis.

### **1.9 Crescimento urbano e seu planejamento**

Uma das grandes necessidades das cidades, está voltada para a organização e para o planejamento de sua população, segundo Scanavaca Junior (2012), o Brasil contém cerca de 81% de sua população dentro dos centros urbanos, esse adensamento populacional gera um desequilíbrio em função da falta de planejamento e conseqüentemente um rápido crescimento desorganizado.

Uma das soluções encontradas, foi definida na constituição de 1988, em seus artigos 182 e 183, ele define alguns instrumentos para os municípios, instrumentos estes como o direito a cidade, da defesa da função social da cidade, da propriedade e da democratização da gestão urbana.

Portanto, em 2001 é promulgada a lei 10.257 – denominada de Estatuto da cidade – regulamentando o capítulo da política urbana da constituição de 1988. Esta legislação amplia e motiva a política urbana e cria ferramentas de luta por uma cidade mais justa e mais humana (BRASIL, 2002).

O estatuto contempla um conjunto de princípios – no qual expressa uma concepção de cidade, de planejamento e gestão urbana - assim como uma serie de instrumentos que como a própria denominação define, são meios para garantir as finalidades desejadas. Neste sentido, o estatuto funciona como uma espécie de “caixa de ferramentas” para uma política urbana local.

De acordo com o artigo 21, inciso XIX da constituição, é de competência privativa da União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos, cabendo a União estabelecer normas gerais de direito urbanísticos no âmbito da competência legislativa.

Contudo segundo o Brasil (2005, p. 8):

“Planejar o futuro da cidade, incorporando todos os setores sociais econômicos e políticos que a compõe, de forma a construir um conjunto entre cidadãos e governo na direção de um projeto que inclua todos, é o desafio que o Estatuto da Cidade...”

Com isto o Estatuto da Cidade cria e estabelece o plano diretor, que deve interagir com as dinâmicas dos mercados econômicos, estabelecendo diretrizes com o intuito de reduzir as desigualdades sociais, porque redistribui os riscos e os benefícios da urbanização. Uma de suas premissas é que até 2006 todos os municípios com mais de 20 mil habitantes e integrantes das regiões metropolitanas deverão aprovar a lei 10.257 e assim implantar os seus planos diretores, possibilitando um melhor desenvolvimento das áreas urbanas.

Neste sentido o processo de urbanização é uma condicionante das cidades, pois a ordenação do espaço urbano se estabelece em função da necessidade humana. Segundo Lefebvre (2001, p. 14) a cidade e a realidade urbana dependem do uso e das necessidades da população.

De um modo geral, a urbanização de uma cidade decorre de alguns processos que segundo Reis Filho (2012, p. 28) podem ser classificados em 05 (cinco) processos assim definidos:

...a expansão, entendida como aumento da área física ocupada; a sucessão caracterizada como a tendência de cada zona a estender sua área pela invasão externa vizinha; a centralização que a convergência, para a área central do transporte, da vida econômica, cultural e política; a descentralização que denota o surgimento de novos centros urbanos e a organização e desorganização, determinadas como processos análogos aos descritos.

Dessa forma, como visto por Reis Filho (2012) e Lefebvre (2001), o espaço urbano não é formado e sim desenvolvido, por uma necessidade da população em se estabelecer nessa ou naquela região, seja por necessidade de espaço ou por valor econômico.

Um ponto a ser questionado é qual seria a necessidade desses “ESPAÇOS”, pois as criações destes podem ser influenciadas por fatores sociais, culturais, de necessidades comerciais ou por necessidade do estado em criar áreas.

E assim essa organização pode ser determinada por um planejamento urbano, no qual são criados programas que buscam melhorias da qualidade de vida da população determinando uma direção na criação de novas áreas urbanas e segundo Duarte (2007, p. 24):

...O conceito de planejamento urbano sempre esteve relacionado a outros termos como desenho urbano, urbanismo e gestão urbana. Todos esses vocábulos, apesar de serem distintos, tem algo em comum: o seu objetivo de estudo é a cidade, considerada tanto em relação a suas características físicas quanto sociais, culturais e econômicas.

Neste sentido, a necessidade de uma organização se faz necessário e o planejamento urbano como um processo de melhoria das condições de qualidade de vida da população é uma ferramenta que possibilita essa análise.

Observando Reis Filho (2012), Lefebvre (2001) e Duarte (2007) a urbanização é um processo contínuo e que necessita de uma constante validação e discussão. E, portanto, a construção de um meio urbano equilibrado permite um crescimento equilibrado.

## 1.10 A urbanização e seu crescimento

Embora uma cidade venha sendo reconhecida como um fenômeno dinâmico com transformações permanentes, as cidades brasileiras vem sofrendo transformações de forma acelerada e pouco planejada, sendo que quase 81 % de sua população encontra-se em áreas urbanizadas (GOIÁS, 2011).

Segundo o IBGE (2000), este crescimento ocorreu basicamente em consequencia de três fatores: do próprio crescimento vegetativo nas areas urbanas, da migração com destino urbano e da incorporação de áreas que em censos anteriores eram classificados como rurais. Nessa análise existe a necessidade em verificar o impacto desse crescimento sobre o meio ambiente, principalmente sobre o uso do solo para Sáenz et al. (2015 p. 92), o processo de crescimento apresenta situações de descontrole do crescimento urbano, produzindo um descontrole no manejo de seu territorio.

De acordo com Goiânia (2007) em seu art. 6º paragrafo III, estabelece que o ordenamento do territorio e do uso do solo tem como objetivo dar suporte e dinamizar o desenvolvimento da metropole de Goiânia. Esse mecanismo possibilita ao gestor uma analise do crescimento de acordo com a dinamica do municipio. Abiko, Almeida, & Barreiros (1995), em seu texto afirma que a dinamica de crescimento da cidade em virtude de uma desordem ocasiona uma ocupação descontrolada e assim possibilitando a criação de áreas marginalizadas.

Nesse sentido pode-se colocar que:

Uma parte da população que chega às cidades, é forçada a se distribuir nos locais mais "miseráveis e abandonados, invadindo propriedades alheias ou zonas com condições urbanas inadequadas. Isto deu lugar aos chamados bidonvilles das cidades francesas ou argelinas, as chabolas (barracas de madeira) ou chabolismo espanhol, as famosas favelas brasileiras, os ranchos venezuelanos, etc. Não há cidade em processo de crescimento agressivo que não sofra destas manifestações patológicas.(GOITIA, 1992)

Com isto alguns questionamentos se faz, este crescimento é constante em todos os municipios? Onde a expansão urbana ocorre e qual a sua forma? Estes questionamentos nos levam a discutir como o crescimento foi executado e se este vem provocando um adensamento que altere os espaços urbanos.

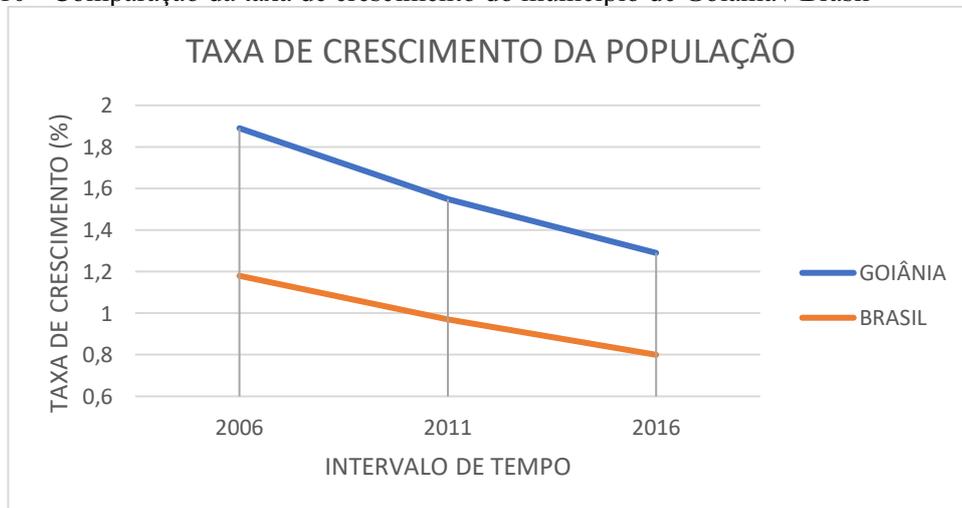
Neste sentido o adensamento da população pode causar maiores danos aos espaços urbanos, pois este é um indicador de como o desenho urbano esta se mostrando e se o uso do solo é melhor ou pior e de como o ambiente urbano esta sendo atendido pelo poder publico (ACIOLY, et al., 2011 p. 14).

Num ambiente urbano um fator que vem se agravando nesse adensamento da população e a migração da população para os grandes centros, segundo Lopes (1998, p. 34) desde a decada de 1950 somente um quarto da população vivia em cidades e esta porcentagem vem alimentando a um patamar de 70% da população esta em centros urbanos e algumas regiões mais indutrializadas esses percentual chega a 90%, e com isto pode-se dizer que a situação atual é que as cidades hoje em dias é um grande espaço urbano.

No estado de Goiás este adensamento vem se mostrando extremamente dinâmico a esses aspectos com uma taxa de crescimento que nas últimas décadas ficou acima da media nacional, sendo que nos períodos de 1991 a 2000 o estado apresentou uma taxa de crescimento de 2,49% enquanto que a media nacional chegou a 1,64 % já o período de 2000 a 2010 essa taxa foi de 1,84% enquanto que a média nacional foi de 1,17 % (GOIÁS, 2011).

Deste modo, o estado apresentou uma ocilação de crescimento. Segundo Goiás (2011), as taxas migratórias nas últimas décadas colocaram o estado como o 8ª maior crescimento geométrico da população. Já no município de Goiânia, esse crescimento também accompanhou o estado, mostrando-se com um crescimento acima da média nacional (Figura 10).

Figura 10 - Comparação da taxa de crescimento do município de Goiânia / Brasil



Fonte: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html> data 13/09/2017 - 09:39

Desta forma, nos capítulos seguintes será feita uma abordagem sobre o crescimento da cidade de Goiânia, onde a mesma sofreu um crescimento baseado nos diretores de cada época, porém nas primeiras décadas sua organização territorial foi bastante centralizada pelo governo do estado, onde a transferência da nova capital do estado e a construção de novas áreas deu a dinâmica de seu crescimento.

Segundo o IBGE (2011), a dinâmica de crescimento da cidade de Goiânia entre os anos de 1940 a 2000 sua população passa de 1455 habitantes para 1.091.392 habitantes tendo como fator crucial a migração da população rural para os grandes centros urbanos, mostrando que a criação da nova capital criou um fluxo migratório acelerando o crescimento de sua população, e chegando ao ano de 2010 com uma população de 1.302.001 habitantes.

Nesse contexto, o IBGE faz uma estimativa de crescimento da população em Goiânia para 2016 passando de 1.302.001 para uma população de 1.466.105, com uma taxa de crescimento de 1,29% e ainda maior que a média nacional que foi de 0,8%, mostrando que mesmo com a diminuição do crescimento nos últimos anos, a taxa de crescimento do município de Goiânia vem ficando acima da média nacional.

### **1.11 Goiânia cidade planejada**

A cidade de Goiânia é dita como uma cidade verde com áreas de interior com problemas de uma grande metrópole, essa afirmação está inserida no cotidiano do goianiense. Mostrando que a cidade de Goiânia carrega seus problemas como qualquer metrópole e para um melhor entendimento do seu crescimento o conhecimento da dinâmica de evolução da cidade é necessário.

Um detalhe de seu crescimento é que a cidade de Goiânia se pautou em seus planos diretores, traçando diretrizes para este crescimento. E segundo dados do IBGE a cidade de Goiânia foi concebida para uma população de 50.000 habitantes e chega atualmente com mais de um milhão de habitantes.

Assim, a determinação dessa expansão é fundamental para se determinar qual seria as necessidades de um futuro para a nova capital e desta forma este capítulo traz um estudo histórico dessa dinâmica de evolução.

### **1.11.1 Planejamento da nova capital de Goiás – Goiânia**

A história das cidades planejadas quase sempre se resume ao plano original, mostrando o seu crescimento e suas características, nesse sentido a concepção de uma nova cidade se deve a vários fatores como turísticos, econômicos ou políticos.

De acordo com Oliveira, et al. (2009) a capital de Goiás não foi diferente foi resultado de ações política, principalmente por conta de Pedro Ludovico Teixeira, que com a transferência da capital Vila Boa para a nova sede Goiânia, cria-se um ambiente político forte para suas pretensões.

Para entender melhor essas pretensões, temos que voltar a década de 30, na sua concepção original, na formação da nova capital; a necessidade de uma capital moderna e mais próxima da capital federal (que estava em fase de construção – Brasília), criando assim um polo político gerenciado pelo senhor Pedro Ludovico Teixeira.

Neste momento, a cidade de Goiânia vem se mostrando com um planejamento urbano a frente de suas pretensões, assim o seu interventor o senhor Pedro Ludovico Teixeira coloca em seu relatório, para a construção de Goiânia;

“Uma capital acessível, que irradie progresso e marche na vanguarda, coordenando a vida política e estimulando a economia, ligada a maioria dos municípios por uma rede rodoviária planejada, é o que o estado de Goyas necessita absolutamente...” (MONTEIRO apud MOYSÉS(2004)).

Porem a criação da cidade de Goiânia, esbarra na transferência da capital Vila Boa de Goiás para um novo local, sendo necessária uma força política e econômica para efetuar tal transferência. Uma dessas forças foi exercida pelo senhor Pedro Ludovico Teixeira, que em seus relatórios, ao qual rebatia a continuação da então capital do estado situado na cidade de vila boa, dizia em seu relatório:

Os fundadores de Vila Rica, bem como os de Vila Boa, ávidos do valioso metal e imprevidentes da vida e complexidade das cidades do futuro, desconheciam totalmente os requisitos cuja falta viria, mais tarde, condenar as duas velhas vilas colônias ao estacionamento e ao desaparecimento (RIBEIRO, 2004).

Assim, a transferência para a nova capital começa a tomar forma e vários são os fatores que levaram a essa transferência, sendo eles físicos, sociais, econômicos e políticos. Deste modo, os fatores físicos e sociais foram definidos com o intuito de ratificar uma

posição do senhor Pedro Ludovico e de seu urbanista Armando Augusto de Godói (RIBEIRO, 2004).

Neste sentido, em seus relatórios, o urbanista Armando de Augusto de Godói questiona a implantação da nova capital apenas por estes fatores:

Atribuo o pouco ponderável progresso do vosso Estado ao fato de nele ainda não ter podido surgir um centro urbano com todos os elementos necessários para se expandir e estimular as múltiplas atividades que caracterizam a vida econômica e social de um povo. A necessidade disso se vem impondo há muito tempo e vós outros goianos ilustres, bem como vários homens importantes que visitaram Goiaz, compreendestes que não se pode mais adiar a solução de tal problema tão premente ele se apresenta (RIBEIRO, 2004).

Um ponto importante nesse processo de transferência, está ligado ao poder econômico e político da época, pois este se dividia entre os poderes das oligarquias do Sul e do Sudeste do país. Nesse sentido, a mudança da capital significava também a mudança do poder desses últimos e simbolizavam um aumento do progresso para a região.

Com esse processo de transferência, uma nova capital seria a aspiração nacional transformada em um desejo individual de poder de uma nova classe política, encabeçada pelo então interventor do estado o senhor Pedro Ludovico Teixeira, que simbolizava uma esperança de desenvolvimento para a região assim como fortalecia esse novo panorama político e alimentava uma esperança de futuro para a nova capital.

Portanto, esse panorama político e econômico sacramenta a criação da nova capital mais moderna e dinâmica, e em homenagem a revolução de 30 o então interventor lança a pedra fundamental de Goiânia, dando início a construção da nova capital (PALACIN, et al., 2008).

### **1.11.2 Definição da localização da nova capital - Goiânia**

Com o lançamento dos trabalhos para construção da nova capital, o seu planejamento e desenvolvimento urbano, fica a cargo do arquiteto Armando de Godói, que para a definição do novo local, necessita de um estudo para a nova área.

Diante disto, a definição de um local para a implantação da nova capital fica a cargo do grupo formado pelo decreto nº 2737, de 20 de dezembro de 1932, e tendo como

presidente o Bispo de Goiás, D. Emanuel Gomes de Oliveira. Este por sua vez em conjunto com a comissão, elegem os seguintes locais para a implantação da nova capital (Figura 11).

Figura 11 - Localização das possíveis locais de implantação da nova capital



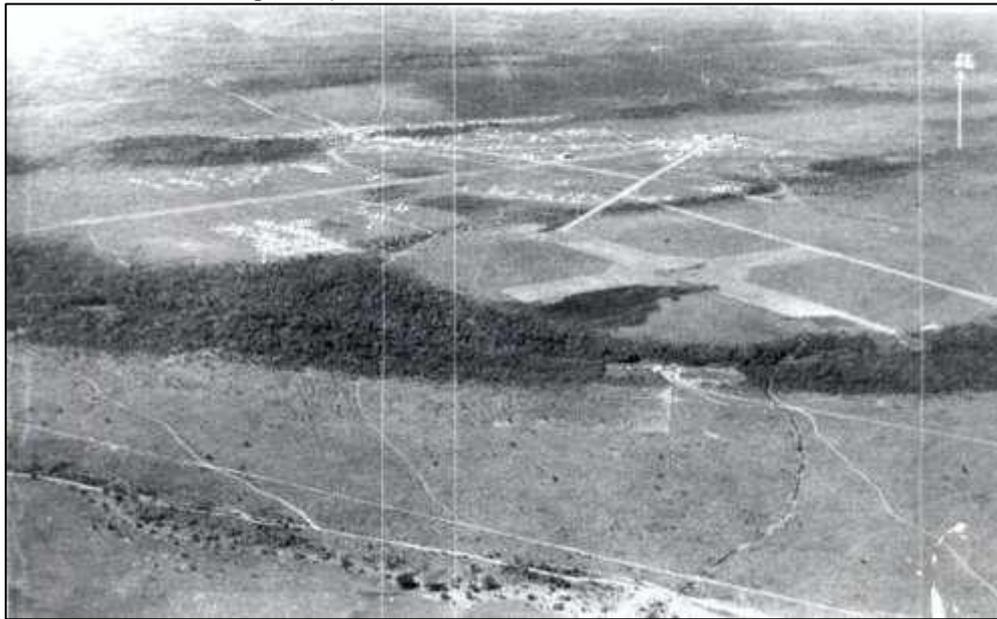
Fonte: Adaptado de Ribeiro (2004).

Com os inícios dos trabalhos da comissão, as cidades de Leopoldo de Bulhões, Bonfim, Ubatam, Pires do Rio e Capinas, foram selecionadas obedecendo os seguintes parâmetros: abundância d'água, bom clima, topografia adequada, facilidade de acesso e transporte e localização estratégica em relação a capital do país.

Após o início dos estudos, duas cidades ficam selecionadas para a implantação da nova capital, as cidades de Campinas e Bonfim, sendo Campinas escolhida por sua topografia leve, clima mais ameno, com a maior população do estado, ficando mais propício a implantação da nova capital (RIBEIRO, 2004).

Com a escolha da área para nova capital na cidade de Campinas, localizada na região denominada fazenda Paineira (Figura 12), os planejadores da nova capital iniciam a configuração das Sedes administrativa no centro da área.

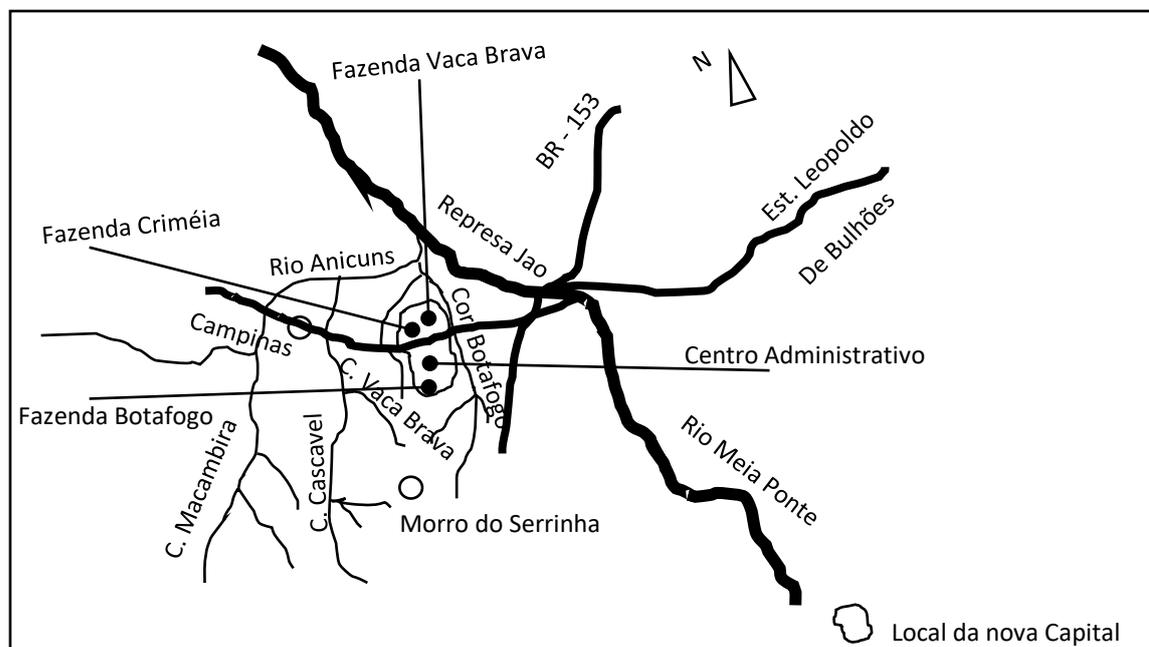
Figura 12 - Vista área da implantação da cidade de Goiânia



Fonte: acesso: <https://guiaecologico.wordpress.com/2013/03/18/um-pouco-da-historia-de-goiania/> data: 07/10/2016

Pelos dados apresentados na Figura 13 nota-se uma região plana de fácil acesso e com água em boa quantidade, ou seja, obedecendo os parâmetros estabelecidos pela comissão e assim podendo iniciar a construção da nova capital.

Figura 13 - Mapa de localização da nova capital



Fonte: adaptado de Ribeiro (2004).

Com a área definida três figuras se destacam na concepção da nova capital: Pedro Ludovico Teixeira, Atilio Correa Lima e Armando Augusto de Godoy. Estes imaginaram, projetaram e construíram a nova capital “Goiânia”, construíram uma cidade moderna com ares de interior, partindo de um plano de desenvolvimento por eles propostos.

A cidade de Goiânia foi a capital planejada da década de 30, traduzindo uma modernidade e o urbanismo de uma cidade planejada. Com isto, cria-se duas cidades: uma “capital Planejada” com diretrizes e estruturas planejadas obedecendo um plano de crescimento definido e uma cidade adjacência periférica, que serve de abrigo para as classes sociais menos favorecidas.

Desta forma, a nova capital foi estruturada criando planos diretores divididos em etapas. Na 1º etapa, se compreende entre as décadas de 1930 a 1950, onde a formação da cidade é planejada por Atilio Correa Lima e Amando Augusto de Godoy em que uma cidade planejada e contemporânea foi a ideia de sua criação. Nessa fase o crescimento urbano foi controlado por um planejamento que moldava uma cidade com vias largas, e boa arborização, com características únicas para a época.

A 2º etapa compreende os períodos de 1950 a 1979, onde o crescimento se torna um dos problemas para essa cidade. Nesse período o poder público abandona a concepção proposta e parte para uma especulação imobiliária e de crescimento a qualquer custo criando assim um crescimento desordenado, sem ligações com o plano original.

A 3º etapa é compreendida de 1980 a 1992 período em que a cidade de Goiânia passa uma transformação na ocupação do solo. Passando a ocupação dos espaços periféricos, utilizando a zona rural e transformando esse espaço em áreas urbanizadas.

Deste modo, o desenvolvimento da cidade de Goiânia começa a se pautar em uma desordem causada por uma especulação imobiliária ocasionada pela necessidade de alocar a população. A partir da década de 90 a cidade de Goiânia, passa a ter o Status de metrópole e com a lei complementar 027, de dezembro de 1999, é constituído a figura da “Grande Goiânia”, formada por 11 municípios e pela região de Desenvolvimento Integrado de Goiânia – RDIG formada por mais sete municípios vizinhos.

### 1.11.3 Plano diretor – Atílio Correa e lima

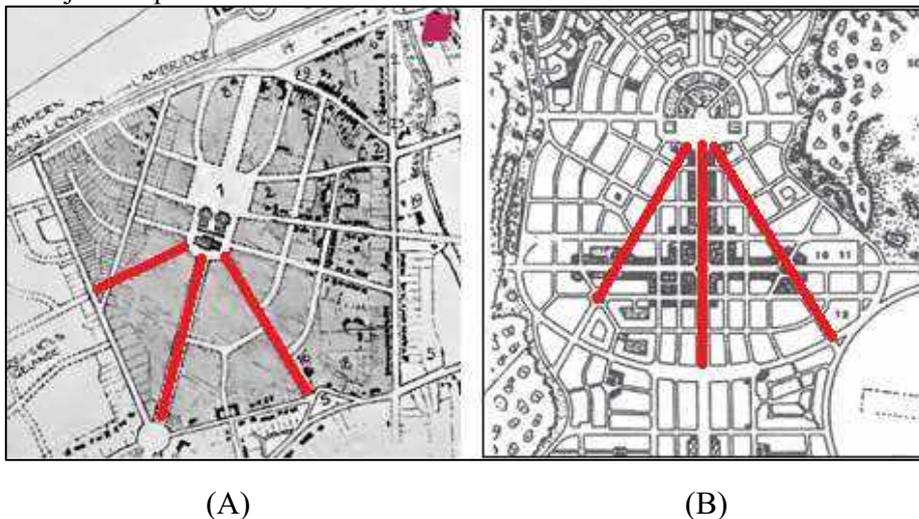
Para que uma cidade se desenvolva são necessários o conhecimento e o planejamento dela, assim como a determinação de um plano diretor, sendo este a lei maior que ordena o crescimento e desenvolvimento de um município.

Esse plano, define onde e como a cidade deve se desenvolver e tem por objetivo identificar as ações que atendam às necessidades da população. Assim com base na literatura os planos diretores estabelecem as normas e o porquê de cada município (TRINDADE, 2003).

Com o Decreto-lei nº3.359 de 18 de maio de 1933, o interventor de Goiás, determina a construção da nova capital nos arredores de Campinas, e com isso coloca a cargo do Arquiteto Atílio Correa e Lima o desenvolvimento do projeto e supervisão da construção da nova capital.

Segundo Ribeiro (2004), Atílio Correa Lima seguia uma formação francesa, que dividia a cidade em dois centros: um administrativo e outro comercial. O primeiro segue o princípio do “efeito Monumental”, com ruas largas e arborizadas o que não era usual na época. E assim a proposta deste seguia as configurações europeias como mostra a Figura 14, a cidade de Letchworth em 1903 (Figura 14 – A) e a cidade de Goiânia (Figura 14 – B) se pautam da mesma estrutura, com vias largas e cobertas por uma área verde assim denominadas de Cidades Jardins.

Figura 14 - Projeto do plano urbanístico da Cidade de Goiânia



Fonte: Adaptado de: <https://theurbanearth.wordpress.com/2009/03/10/atilio-correa-lima-o-inventor-de-goiania/>. Acessado em 01/10/2016

Nas duas, nota-se os eixos monumentais, no projeto da cidade de Goiânia (Figura 14 -B), esses eixos são determinados por três grandes avenidas: avenida Araguaia, avenida Tocantins e no grande eixo central a avenida Pedro Ludovico, atualmente Avenida Goiás.

Como pode-se observar na Figura 14, os eixos levam a uma praça central ou centro administrativo, onde está implantado o poder político da região. No entorno desses eixos se colocava a segunda divisão, o centro comercial, cercado por ruas que interligavam os três eixos.

Outro ponto importante do projeto de Atílio Correa Lima, foi a criação de áreas livres e parques, resultando numa malha verde e num sistema de melhoramento da vida da população, estabelecendo uma cidade moderna que coloca as cidades com áreas livres e dividindo os espaços verdes por classes como parques Botafogo, Bosque dos Buritis, parque Paineiras e jardins públicos. Outro ponto a ser destacado são as vias largas e arborizadas e suas praças, assim a cidade de Goiânia foi concebida em modernidade e contemporaneidade.

Com estas propostas houve uma turbulência no processo de construção da nova capital, que por falta de recursos econômicos e políticos o então arquiteto Atílio Correa Lima é substituído por Armando de Godoi com o intuito de resolver os problemas causados durante a implantação da nova capital.

#### **1.11.4 Plano diretor – Armando Augusto de Godói**

No início de 1936, devido aos problemas encontrados por Atílio Correa Lima, se faz a substituição por Armando Augusto de Godoi. Urbanista com formação americana e aspirações inglesas. Este identificava que a nova capital teria seu processo de construção nos moldes das cidades de Letchworth, na Inglaterra, e Cary nos Estados Unidos.

Na Figura 15, nota-se a inspiração da criação da nova capital como a cidades jardim, de Letchworth (Figura 15– A) com suas ruas largas e arborizadas e a cidade de Goiânia (Figura 15 – B) como a avenida Pedro Ludovico Teixeira (hoje Avenida Goiás) seguindo o mesmo conceito.

Figura 15 - Vista áreas da Cidade de Letchworth (A) e da Cidade de Goiânia (B)



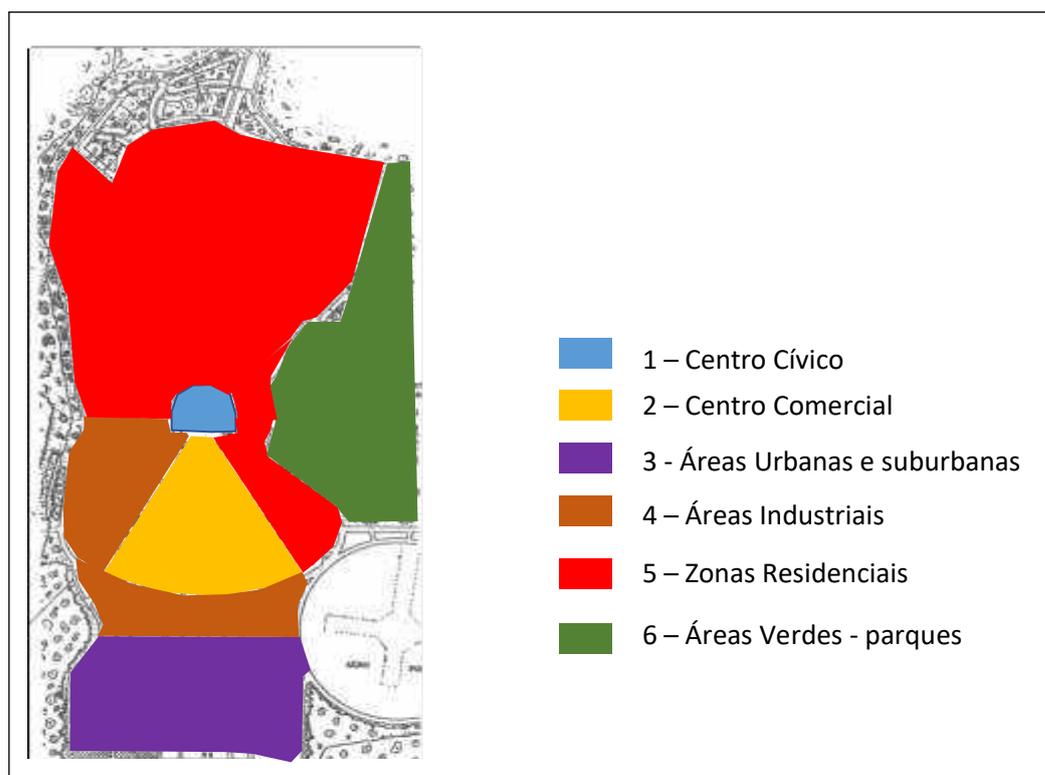
(A)

(B)

Fonte: (A) <http://www.cbll.com.br/materia/o-conceito-britanico-de-cidades-jardins-no-brasil/> e (B) <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=537942> , Data de acesso: 12/10/2016.

Com estas propostas de construção, fica claro as aspirações de Armando de Godoi, estando em contraponto com as ideias de Atilio Correa Lima, e com o apoio do engenheiro Jeronimo Coimbra Bueno, lança um relatório intitulado “O plano de Urbanização”, em que o mesmo projeta a nova capital em seis (6) zonas (Figura 16).

Figura 16 - Projeto do núcleo Central de Goiânia com as zonas do “Plano de Urbanização”.



Fonte: Adaptado de Costa, et al. (2012) e Ribeiro (2004).

Ainda segundo Costa, et al. (2012) e Ribeiro (2004), o projeto da nova capital era proposto como uma inovação, uma modernidade trazendo a concepção de uma cidade jardim, ou seja, a criação de zonas residenciais com aspirações dos subúrbios americanos, onde os mesmos traziam a população para uma faixa livre rodeadas por áreas verdes.

Essa característica de cidade jardim, segundo Armando de Godoi, proporcionava a população um ar de campo e uma melhoria da qualidade de vida. Segundo Alvares (1942) em relatório proposto por Coimbra Bueno, mostra as pretensões de Armando de Godoi em intercalar as áreas urbanizadas:

...é cômodo morar em lugar sossegado e bem arejado, com ar fresco e puro, e para isso, zonas residenciais foram dispostas em toda a periferia da cidade, junto as faixas de bosques que circundam. Estas zonas envolvem todas as outras zonas, exceto a industrial, que fica isolada em uma extremidade. Como naturalmente, nem todas as casas podem estar na periferia, foram reservados os Bosques naturais dos Buritis, do Botafogo e do Capim Puba, e mais as praças para garantirem aeração em todos os pontos da cidade (ALVARES , 1942).

Com essa afirmação, o plano de Armando de Godoi, mostra a sua disponibilidade em integrar as áreas urbanas com áreas verdes, implantando assim, uma cidade verde no coração do Brasil.

Neste a criação de grandes áreas verdes integrada aos espaços urbanos, dentre eles segundo Ribeiro (2004, p. 73) podemos citar os parques Jardim dos Mortos, o Bosque Bandeirantes, o parque Capim Puba, o parque Zoológico e o Jardim Botânico. Outras áreas como a avenida Parque, a represa Jaó e o Yacht Clube, mereceram destaque no plano de Armando de Godoi.

### **1.11.5 Plano diretor – Luís Saia**

Cada plano tem sua história, e a história de cada plano conta a história de como uma cidade foi construída e concebida. Como foi colocado até o momento, a criação da nova capital passa por uma descrição das vontades e sonhos de vários senhores.

Após um começo conturbado, com a troca de arquitetos e uma vontade política cada vez mais acentuada, a nova capital começa a ter forma e assim a cidade de Goiânia tem iniciada a sua história.

Com o passar dos anos a capital tem seu crescimento traçado pelos planos de Atílio Correa Lima e de Armando de Godoi, a nova cidade cresceu com a marca do planejamento e se inseriu no movimento nacionalista de integração denominado de a “*marcha para o Oeste*”. Com isto, MOYSÉS (2004, p. 131) cita que:

Goiânia pode assim ser encarada como a imaginação utópica da época. Perspectiva de uma nova vida, de um novo tempo, ideologicamente disseminado pela Revolução de 30, esperança de dias melhores, de ruptura com o passado, de sonho a ser conquistado, de concretizado de um projeto político.

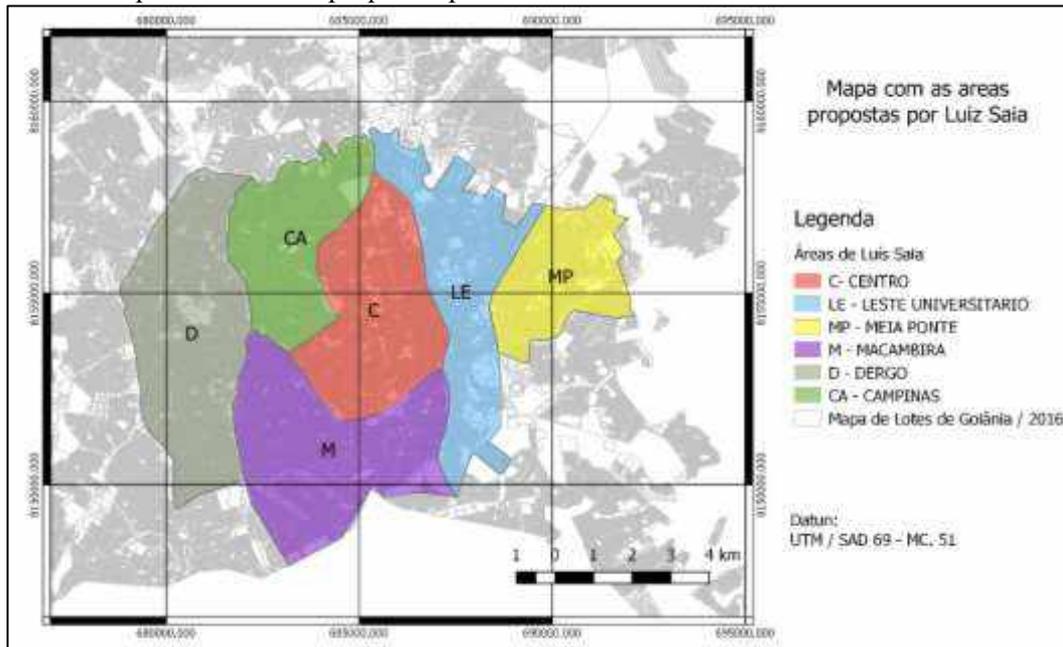
Com essa afirmação, a nova capital aspirava esperança e prosperidade para a região central, onde a necessidade de crescimento se mostrava cada vez mais em função da construção de uma nova capital federal.

Deste modo, a capital de Goiás, crescia conforme os planos de Atílio e Armando de Godoi, porém, com esse crescimento vieram as especulações imobiliárias, e um crescimento não planejado com a criação de bairros e loteamento sendo aprovados com pouca ou nenhuma condição de crescimento.

Assim, diante desse quadro, em 11 de setembro de 1959, o então prefeito de Goiânia, o senhor Jaime Câmara, promulga a lei Nº 1.566 do corrente ano, que suspende a aprovação de novos loteamentos particulares e propõe uma nova diretriz para esses empreendimentos.

Com isto, o então prefeito da cidade de Goiânia, convida o urbanista Luís Saia para propor essas novas regras de crescimento e com isso criar um plano diretor para a nova capital. Em seus estudos Luís Saia, dividia a cidade em seis partes, em que deveria ser diagnosticado os problemas enfrentados pela cidade (Figura 17).

Figura 17 - Mapa com as áreas propostas por Luís Saia



Fonte: Adaptado de Oliveira (2001).

Diante dos fatos levantados, Luís Saia, começa a diagnosticar quais os pontos onde a prefeitura deveria agir, de forma mais enérgica, e assim começa a elaborar um plano de ação para os novos anos fazendo uma radiografia dos problemas da cidade. Luís Saia e sua equipe, observaram desde a concepção do projeto de Atilio Correa Lima até os problemas causados pelo crescimento da cidade.

Dentre os pontos levantados, Luís Saia e sua equipe apontaram os seguintes pontos:

1. Restauração das áreas dos córregos urbanos, como regularização dos cursos d'água, saneamento básico e a instalação de avenidas expressas nos fundos de vale;
2. Restauração das vielas e áreas das quadras centrais, que dariam acesso as garagens subterrâneas, e com isto melhorar o aproveitamento dos espaços;
3. No caso do setor Sul, uma melhor distribuição dos espaços públicos pois eles seriam fontes dos problemas gerados ao bairro;
4. Distribuição dos espaços comerciais, fixando normas e lugares, separando por tipos e necessidade (RIBEIRO, 2004);

Assim, Luís Saia começa a diagnosticar e atuar nos principais problemas da nova capital. Com essas ações esperava-se solucionar os problemas do avanço dos loteamentos e da especulação imobiliária sofrida na cidade. Na Figura 17 são indicados os pontos de

maior conflito encontrados pela equipe de Luís Saia, pois o crescimento da nova capital alterou seu projeto inicial com as grandes avenidas e os Park-Ways<sup>1</sup>.

Porém, as propostas de Luís Saia, foram arrojadas com a criação de pontos focais, locais de reunião do público em geral colocados em locais estratégicos, esses pontos foram assim definidos em seu projeto: núcleo central, centros comerciais, estação ferroviária, estação aeroviárias, penitenciária, sanatório, cemitério, unidade industrial, unidade universitárias, central de abastecimento e parques.

Em resumo o plano era bastante arrojado, porém não era bem visto pela população e pela força política. Na atual conjuntura com a criação da nova capital e a revolução de 64, o então Governador foi deposto e assim os planos de Luís Saia não foram executados, só sendo implantados em partes nos planos de 1985.

#### **1.11.6 Plano diretor – Jorge Willein**

Com o crescimento da nova capital, essa projetada para uma população de 50 mil habitantes, chega ao início dos anos 70 com uma população de 389.784 habitantes. (IBGE, 1970)

Nota-se então, um crescimento em que a necessidade por espaço se torna cada vez mais frequente, assim como a necessidade de organizar os espaços urbanos. Com o surgimento de uma expansão horizontal, conseqüentemente novos bairros com camadas mais populares são implantados e uma verticalização da área Central se mostra muito frequente no final dos anos 60, como mostrado na Figura 18 (ARRAIS, 2016).

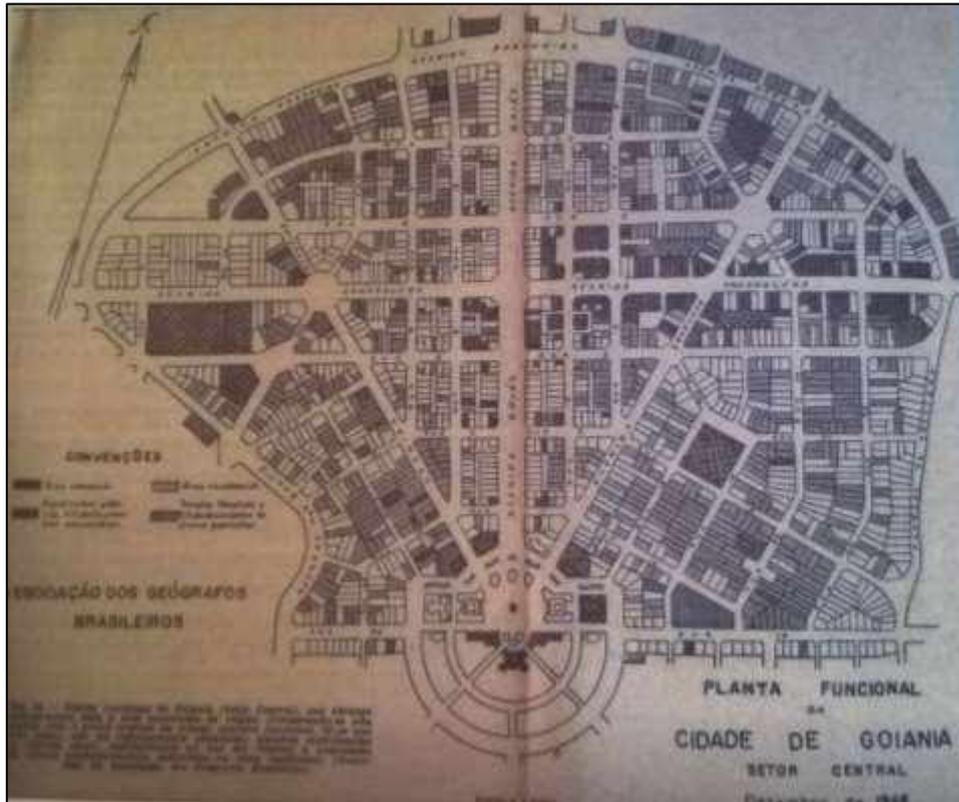
Contudo, esse aglomerado urbano na região central, veem forçando a população a migrar cada vez mais para as áreas periféricas, fazendo com que o município ficasse cada vez maior. Segundo Bernardes (2009, p40) apud Arrais (2016) mostra que:

“Os operários que construíram Goiânia, em sua maioria, participaram de experiências comuns, homogêneas, nas obras, nas vilas onde moravam, nas suas relações com o comercio nascente, com o Estado, nas formas de representação e organização. O urbano que aí surge é constituído pela participação de sujeitos que, embora construtores deste próprio espaço, são privados em sua grande maioria de usufruírem dos resultados da produção do seu trabalho”

---

<sup>1</sup> Dentro do conceito paisagístico os Park-Ways, isto é, avenidas – parques responsáveis pela interligação dos parques legitimando assim, os sistemas de áreas verdes. (LIMA, 2007)

Figura 18 - Planta funcional de Goiânia – 1948



Fonte: Arrais (2016)

Nesse contexto, a capital de Goiás se mostrava em uma desordem urbana, necessitando de uma reorganização desses espaços. Com a Revolução de 64 e o início do período militar, o atual governo convida o Arquiteto Jorge Welheim para em meados de 1969 iniciar a retomada dos planos de reorganização dos espaços urbanos da capital (RIBEIRO, 2004).

Com os inícios dos trabalhos de Jorge Welheim, esse norteou os seguintes problemas na capital: a falta de organização na criação dos novos loteamentos, um crescimento vertiginoso principalmente na área central, carência ou falta de projetos de habitação e assim a um crescimento desordenado e com uma falta do poder público.

Um outro fator levantado pela equipe de Jorge Welheim, foi a taxa de crescimento atrelado ao uso de áreas verdes, principalmente nos fundos de vales, ocupando-se de forma irregular essas áreas. Neste contexto, os trabalhos de Jorge Welheim, se tornam cada vez mais dispendioso.

Uma das saídas de Jorge Welheim foi a criação de um plano de ação denominado PDIG - o Plano de Desenvolvimento Integrado de Goiânia. Uma forma de organizar seus

trabalhos foi dividi-lo em tópicos e assim diagnosticar cada um deles, apresentando as seguintes estruturas (RIBEIRO, 2004):

- 1 – Racionalizar os usos do solo, e compatibilizar as estruturas urbanas;
- 2 – Hierarquização do sistema viários, garantindo a eficiência dos usuários;
- 3 – Melhoria do sistema econômico, criando polos regionais;
- 4 – Criar diretrizes de crescimento, organizados pelo Estado, mostrando os vetores e as necessidades de cada região;
- 5 – Melhoria da máquina pública, de forma a qualificar os servidores para melhor atendimento à população e por consequência a expansão do Estado;

Deste modo, Jorge Welheim, cria condições de organização do espaço urbano. Porém a atual conjuntura política e militar não permitia essas intervenções, ficando o planejamento urbano limitado.

Nesse panorama, a cidade ficava a mercê de uma especulação imobiliária que em meados dos anos 60, estava preocupada em ordenar o crescimento da cidade em função das classes mais abastadas, ficando a massa mais populosa da capital, deslocada para as áreas periféricas.

#### **1.11.7 Plano diretor Engevix Engenharia S.A**

Com o final dos anos 70 e início dos anos 80, a nova capital ganha o status de metrópole, com os mesmos problemas, ou seja, um crescimento desordenado, uma população mais urbana do que rural, e uma falta de políticas públicas e de um planejamento ordenado para a cidade.

De acordo com Moysés (2004, p. 161), a taxa média de crescimento de Goiânia no final da década de 70 foi de 12,3 %, chegando a uma população de 780.681 habitantes. Deste modo nos anos de 80 a 90, houve a necessidade de uma abordagem diferenciada.

Ao final da década de 80, a prefeitura de Goiânia contrata a empresa Engevix Engenharia S.A. para elaborar outro plano diretor para a capital e assim construir projetos operacionais onde se propunham a solução global dos problemas, revisando todo o sistema administrativo, de fiscalização, gestão e regularização da cidade (CAIXETA, et al., 2015).

Nesse contexto, a empresa desenvolveu o plano diretor de 1992 denominado PDIG/92 – Plano Diretor de Goiânia, neste apresentou inicialmente uma abordagem das principais variáveis socioeconômicas com suas diretrizes administrativas e econômicas.

Verificou -se o inchaço da capital, parte da população fez um processo de migração para a cidade limítrofe, acarretando uma redução na taxa de crescimento da capital e gerando um aumento da taxa de crescimento desses municípios.

Segundo Ribeiro (2004, p. 99), os municípios que mais sofreram com essa migração foram os de Aparecida de Goiânia e Hidrolândia que a priori levou a queda da população de Goiânia e causando um aumento da renda percapita desses municípios.

Um ponto importante apresentado no novo plano diretor foi a estruturação de uma carta de risco de Goiânia, que apontou uma diminuição das áreas verdes do município devido a uma especulação imobiliária e de uma falta de organização do poder público em manter suas áreas.

Com isto, a criação de macrozonas foi uma saída encontrada pela Engevix . Para a criação destas foram definidos alguns critérios como: prioridade na ocupação dos vazios urbanos existentes; disponibilidade de abastecimento de água; maior grau de integração na trama urbana; delimitação preferencial através de barreiras físicas e divisas naturais e a incorporação de parcelamentos aprovados ou clandestinos (RIBEIRO 2004, p. 112).

Uma das soluções apontadas para diminuir as ocupações irregulares no município, foi a criação de áreas verdes, solucionando a falta de políticas sobre as áreas de fundo de vales, e das áreas invadidas pela população.

Como solução, criou-se um cinturão verde no entorno de alguns mananciais, como o do córrego Macambira. Essa solução englobaria desde a criação de uma área verde de proteção, a retirada da população que invadia a região (RIBEIRO 2004, P.115).

Assim, após as décadas de 30 a 90 a cidade de Goiânia, passa pelos mesmos problemas que as grandes metrópoles, sofrendo com a especulação imobiliária fazendo com que o município fique cada vez mais inchado.

Uma solução foi a criação de grandes áreas verdes e este era um dos projetos de Atilio Correa Lima denominada “as cidades jardins”, fazendo à Goiânia dos anos 90 conter 46 unidades de conservação. E assim possibilitar uma qualidade de vida a esses locais se

diferenciando das demais regiões da cidade, porém a especulação imobiliária em torno dessas regiões vem interferindo no crescimento delas.

Algumas regiões que apresentavam um baixo adensamento populacional, com a criação dessas áreas verde estão sofrendo com a alta taxa de veículos e trânsito cada vez mais caótico, como é o caso do Parque Flambyante, Bosque dos Buritis e Parque Areião. Onde eles se encontram em plena ocupação imobiliária.

Deste modo, o plano da Engenvix implanta as áreas verdes como uma solução para a melhoria da qualidade de vida da população, porém a falta de um planejamento na ocupação dessas áreas vem gerando um maior impacto e com isto causando um crescimento desordenado nas áreas limítrofes delas.

### **1.12 Projeto Macambira / Anicuns – PUAMA**

Seguindo a proposta de Atilio Correa e Lima, em 2007 cria-se as condições de implantação da área de proteção dos mananciais e com a lei complementar nº 171, de maio de 2007 dispõe sobre a implantação do novo plano diretor de Goiânia, em seu Art. 2º determina que:

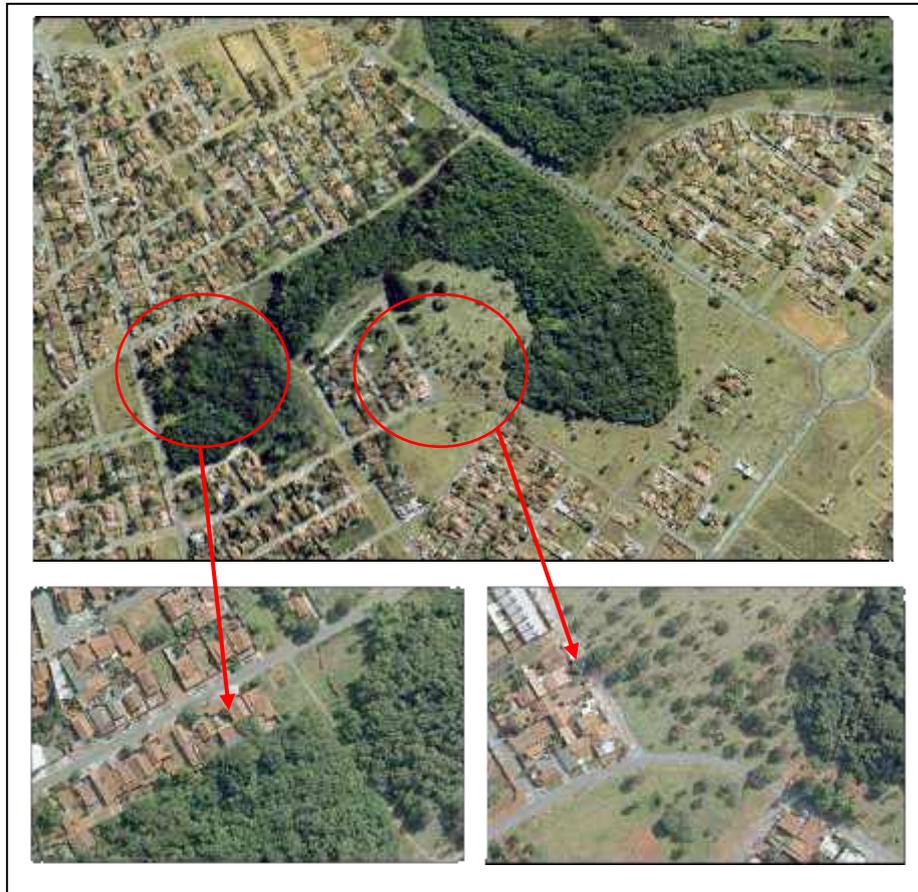
“A política Urbana do município de Goiânia sustentar-se-á nos princípios de igualdade, oportunidade, transformação e qualidade, tendo por objetivo o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, garantindo à população a requalificação do território do município e uma cidade mais justa e sustentável.”

Com essa proposta, o município de Goiânia propõe a organização de suas áreas e dar-se-á um melhor destino as mesmas. Em seu plano diretor no Art. 133, coloca como metas a implantação de áreas de *Especial Interesse Ambiental*, nestas fica acordado que as áreas com degradação ou em regeneração, áreas de interesse ambiental ou de fragmentos de vegetação sejam protegidas, com a implantação de projetos públicos ou de públicos-privados, com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população que por ela for atendida.

Já de acordo com o parágrafo 1º da referida lei, fica criado o **Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns – PUAMA**. Esse projeto corresponde a um conjunto de ações a serem desenvolvidas pela Prefeitura Municipal de Goiânia, por meio de uma UEP - Unidade Executora do Programa, focadas essencialmente na questão ambiental e sua sustentabilidade. Porém um dos desafios das UEP é a retirada da população que se encontra

dentro das áreas limites do parque, e muitas dessas áreas são construções irregulares – invasões. (Figura 19)

Figura 19 – Ortofoto da área do ano de 2006 indicando as construções dentro dos limites do parque PUAMA

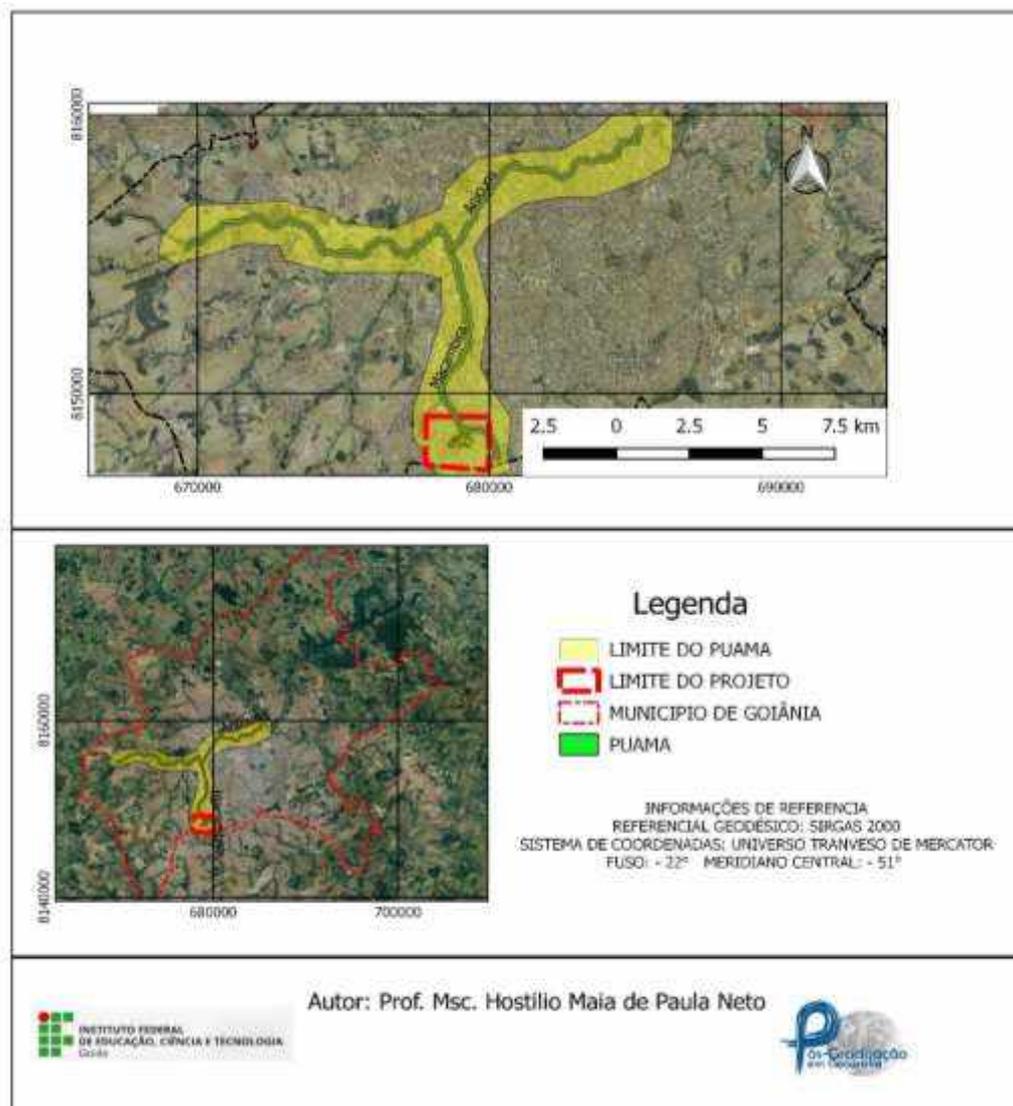


Fonte: Elaborado pelo Autor.

O projeto está focado na área de influência do córrego Macambira e do Ribeirão Anicuns, prevendo ações de caráter ambiental e estrutural em toda a sua extensão, por meio da implantação de um parque Linear com 23,7 Km de extensão, acompanhando esses dois cursos d'água com uma abrangência de 30 m para cada lado dos mesmos. Em sua função principal é a proteção da Sub-bacia do Ribeirão Anicuns, constituída pelos Córregos Macambira, Pindaíba, Buriti, dos Buritis, Santa Helena e Ribeirão Anicuns.

Porem a implantação afetara toda a região do entorno como mostra a Figura 20, ficando toda a área em destaque sujeita a alterações desde a criação de novas áreas de urbanização até a reorganização do espaço urbano.

Figura 20 – Mapa de Localização do projeto PUAMA – Parque Urbano Ambiental Mcambira / Anicuns



Fonte: adaptado de Oeste (2008)

No ato da implantação do parque PUAMA, ele foi definido em setores fazendo um total de 11 setores. E como o mesmo não foi implantado de uma única vez, a prefeitura de Goiânia em conjunto com a UEP, estabeleceu um cronograma de execução colocando os setores 1,2 e 3 como o ponto de partida para a implantação do parque.

E para sua construção o parque PUAMA fora dividido em núcleos assim definidos: parque de vizinhança, núcleo de estar, núcleo socioeconômico e estações de ginásticas.

### 1.12.1 Parque vizinhança

Foram adotados como parque de Vizinhança 6 áreas com dimensões e condições adequadas para receberem equipamentos esportivos, áreas de recreação infantil, área de convivência, academia de ginástica e núcleo de conforto público para atendimento da população, com facilidade de acesso, num raio de até 1 km (Figura 21).

Os núcleos de conforto público é um conjunto arquitetônico composto por ampla laje de cobertura que abriga os blocos de portaria, administração, sanitários públicos e área de estar coberta.

Figura 21 - Parque de vizinhança PUAMA no ano de 2017



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 1.12.2 Núcleo de estar

Os núcleos de estar são distribuídos ao longo do parque, com uma distância que varia de 200 metros a 1200 metros. Estas áreas são compostas por pequenas praças com pergolados, a serem cobertos com trepadeiras, com bancos, mesas, bebedouros, estações de ginásticas, lixeiras e bicicletário (Figura 22).

Figura 22 - Núcleo de Estar – parque PUAMA



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 1.12.3 Núcleos Socioambientais

Os núcleos socioambientais que integram o parque são compostos de dois conjuntos arquitetônicos composto por ampla laje de cobertura que abriga equipamentos públicos e áreas de administração.

A área externa da edificação é composta por áreas verdes como jardins e áreas de estar, e elementos de usos públicos (Figura 23).

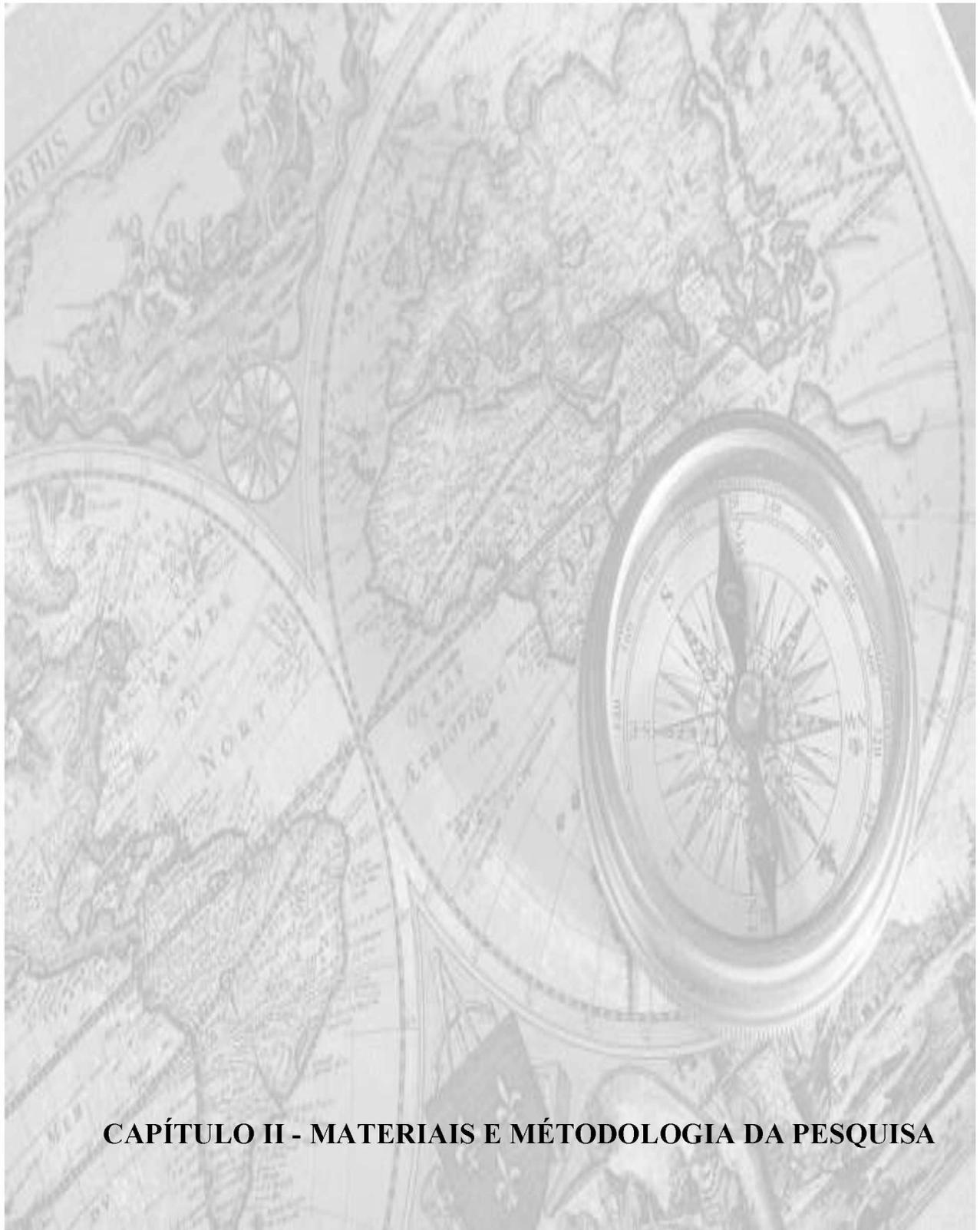
Figura 23 - Imagem do núcleo sócio ambiental do parque PUAMA



Fonte: <https://www.opopular.com.br/editorias/cidade/macambira-anicuns-por-aqui-as-obras-continuam-1.1217189> - data de acesso: 29/01/2017

#### **1.12.4 Estação de Ginásticas**

As estações de ginásticas, em sua maioria, estão implantadas nos núcleos de estar, fazendo um conjunto de usos para a prática de esportes, contendo pista de caminhada, pista de skate e equipamentos de ginásticas padrão.



## **CAPÍTULO II - MATERIAIS E MÉTODOLOGIA DA PESQUISA**

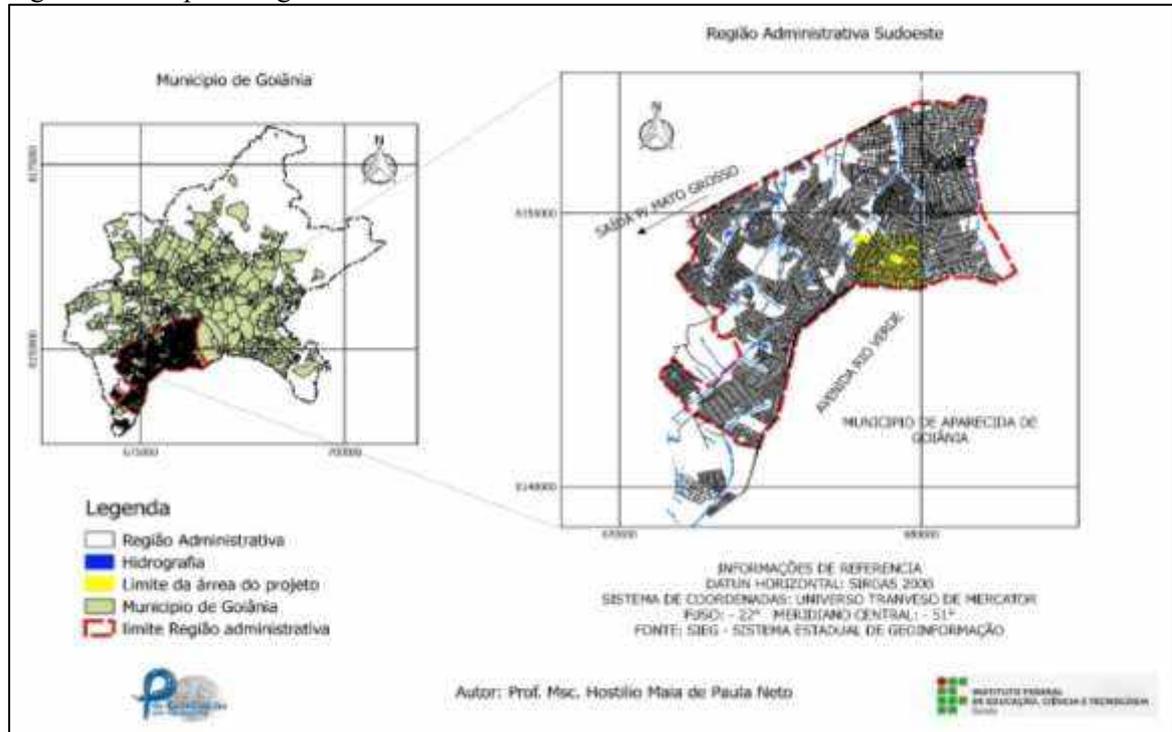
## 2.1. Materiais

Nesta etapa do projeto são apresentados os materiais utilizados para compor a base de dados e a descrição da área de estudo. Nos itens a seguir são discriminados os elementos que compõem essa base de dados.

### 2.1.1. Área de estudo

A área de recorte para a execução do projeto faz parte do projeto PUAMA situado na região Sudoeste do município de Goiânia (Figura 24), localizada entre as coordenadas geográficas de  $16^{\circ} 49' 54''$  e  $16^{\circ} 41' 14''$  de latitude Sul, e  $49^{\circ} 23' 27''$  e  $49^{\circ} 17' 13''$  de longitude Oeste do meridiano de Greenwich.

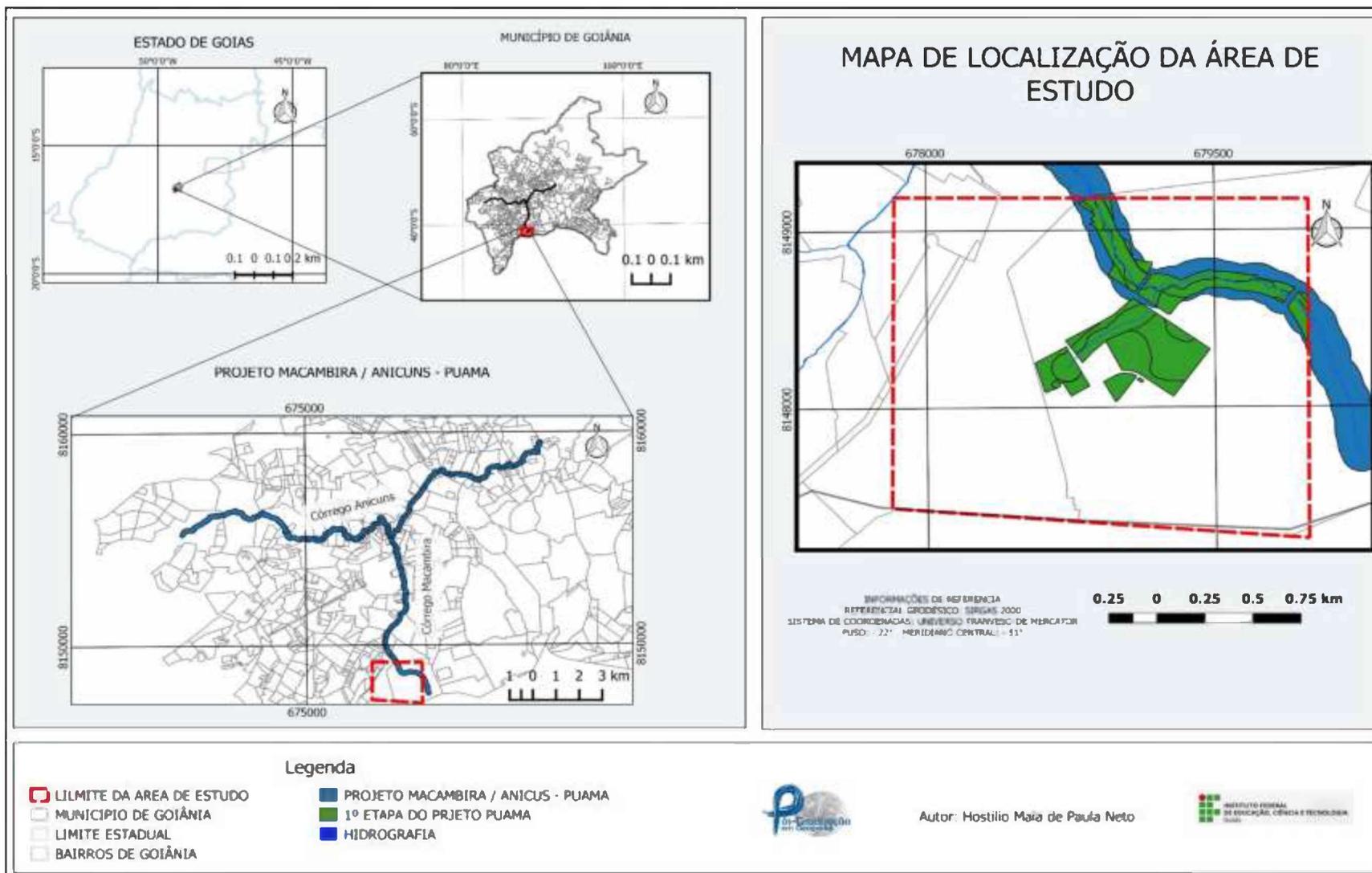
Figura 24 - Mapa da região administrativa Sudoeste de Goiânia



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A pesquisa será realizada na parte inicial do PUAMA, compreendendo a primeira etapa de sua construção e, assim, pode-se estabelecer um período de análise, que compreende os anos de 2006, 2011 e 2016 e ocupando os bairros: *Jardim Faiçalville*, *Jardim Presidente* e *Residencial Flamingo*, tendo uma área ocupada de 5,268 Km<sup>2</sup> de extensão localizada entre as coordenadas:  $X= 678034 - 681014$  e  $Y= 8147229 - 8149965$  (Figura 25).

Figura 25 - Área do projeto – Córrego do Cedro e Nascente do Córrego Macambira

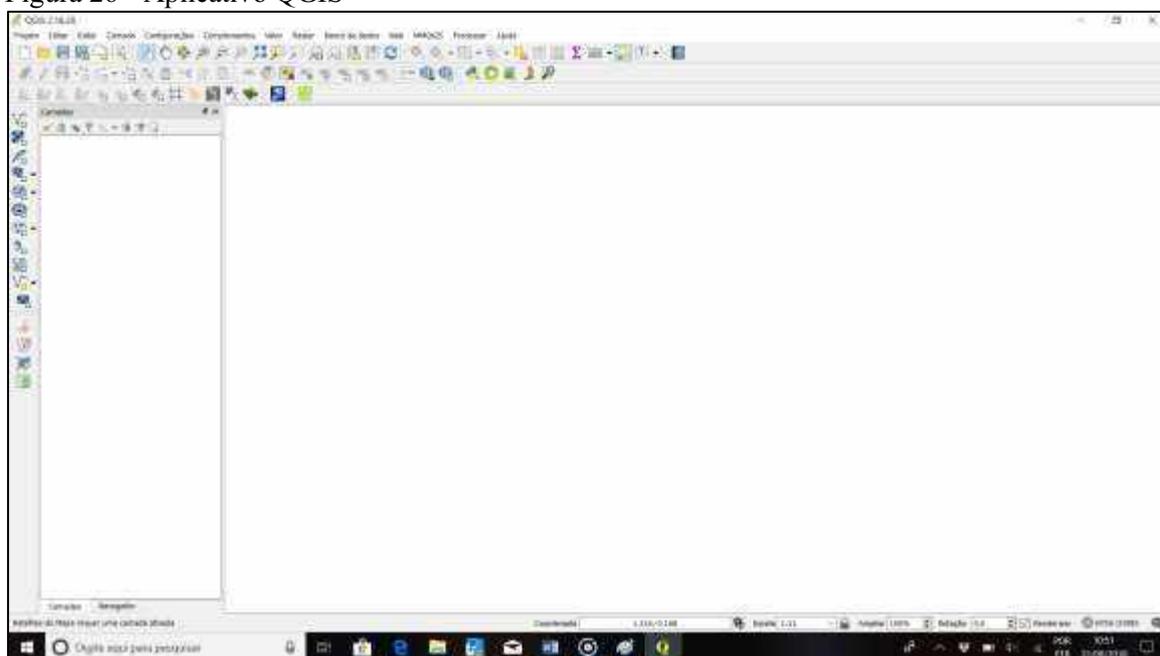


### 2.1.2. Imagens do período de análise

Para o mapeamento do uso do solo foram estabelecidos três períodos de análise assim definidos: no ano de 2006 antes da instalação do parque, no ano de 2011 no período de construção da primeira etapa e no ano de 2016 que compreende a entrega dessa etapa.

Para a organização dos dados foi utilizado o aplicativo QGIS<sup>2</sup>, que é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto, que possibilita a integração de várias informações em uma única base (Figura 26), neste foram importados as imagens disponibilizadas pela SEPLAN - Secretaria de Planejamento Municipal de Goiânia (Figura 28 e Figura 29) são apresentadas as imagens dos anos de 2006, 2011 e 2016 respectivamente, sendo que as mesmas estavam em DATUM diferentes, com isto foi necessário à criação de uma nova imagem para cada ano em um mesmo DATUM assim definido: Referencial Geodésico – SIRGAS 2000 e projeção UTM – Universo Transverso de Mercator.

Figura 26 - Aplicativo QGIS



Fonte: Elaborado pelo Autor.

---

<sup>2</sup> QGIS é um *software* livre com código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados.

Figura 27 - Carta imagem da área do projeto ano 2006

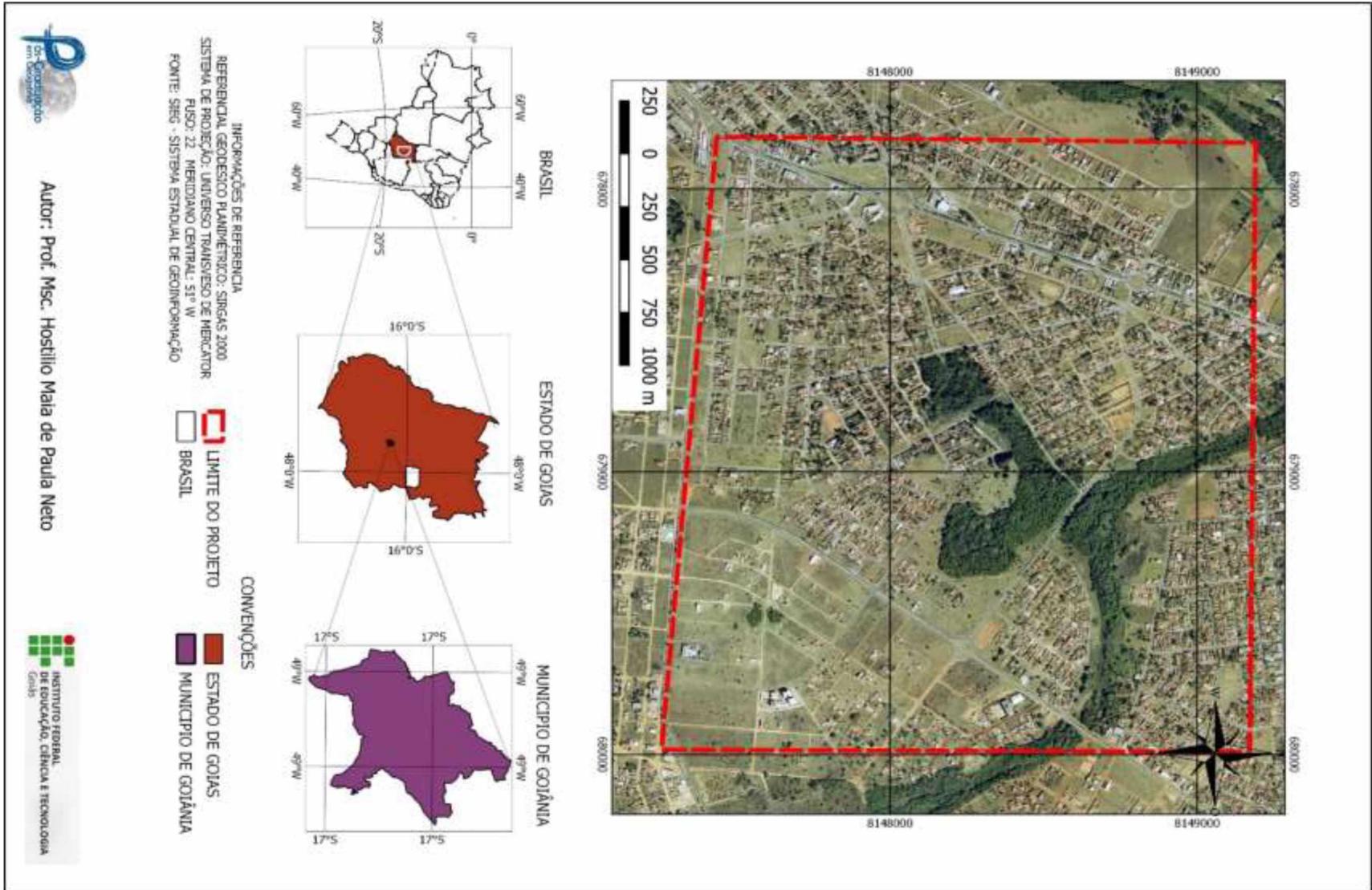


Figura 28 - Carta imagem da área do projeto ano 2011

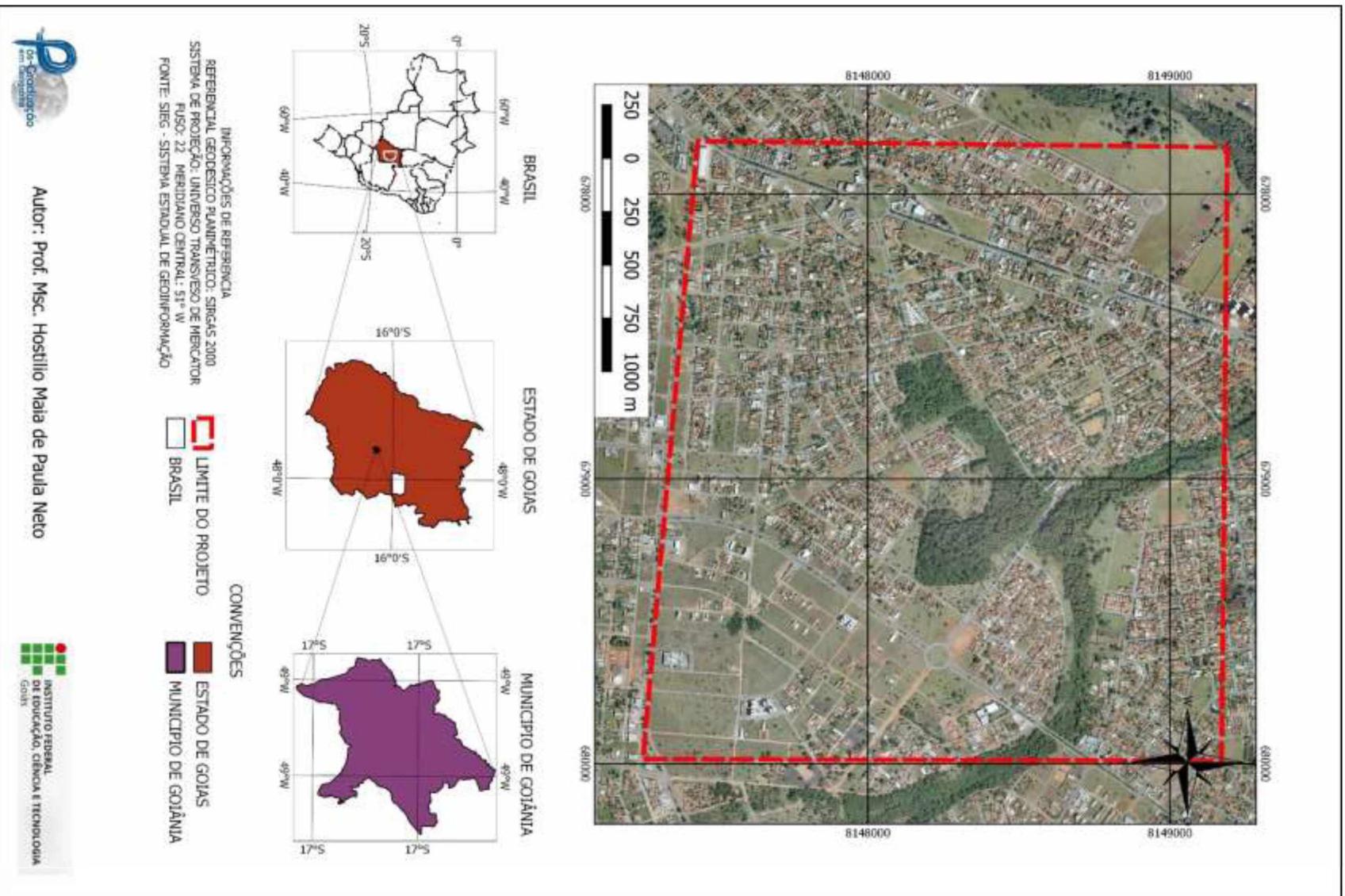
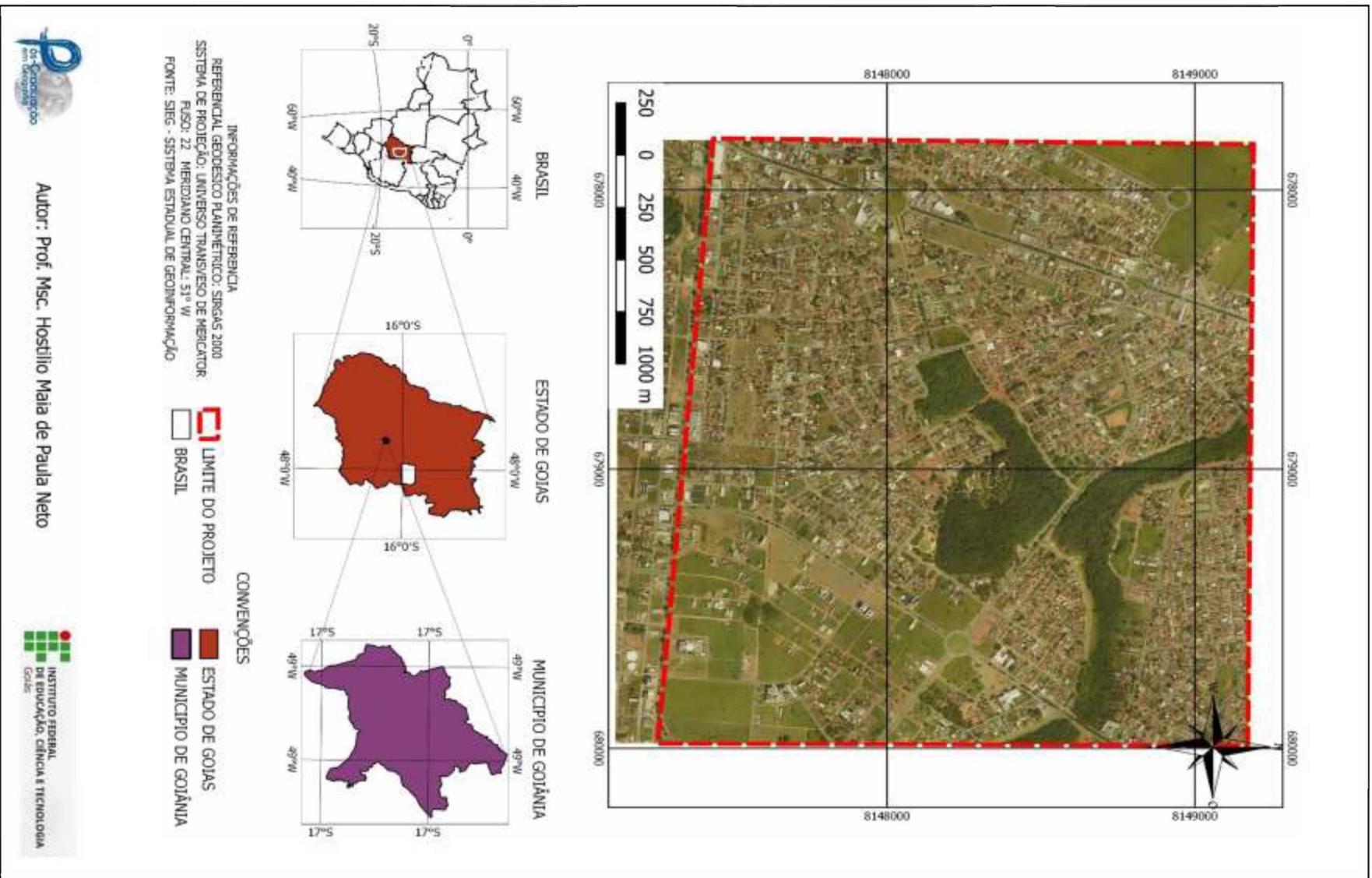


Figura 29 - - Carta imagem da área do projeto ano 2016



### 2.1.3. Base planimétrica

Para apoiar os trabalhos foram utilizados os dados do MUBDG – Mapa Urbano Digital de Goiânia disponibilizado pela SEPLAN, e que continha as seguintes categorias: Bairros, Lotes, Segmentos de vias, Zoneamento e Hidrografia. Todos em Formato *shapfile* e reprojitados para o DATUM – SIRGAS 2000 e projeção UTM (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Para a caracterização da topografia, a base altimétrica do MUBDG contém dados com interpolação de curvas de nível de 5 metros, assim ficando muito extrapolado. Dessa forma, foi utilizada uma base de dados fornecida pelo departamento de GEOMATICA do IFG – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do estado de Goiás, que continha uma disponibilidade de 84 pontos altimétricos (ANEXO 01), dentro da área do projeto, todos no DATUM – SIRGAS 2000 e projeção UTM (Figura 31). Com isto foi gerado uma base Altimetrica para a área do projeto com um intervalo de curva de 1 x 1 metro, contendo assim uma melhor visualização de sua topografia (Figura 32).

Figura 30 - Base cartográfica da área do projeto

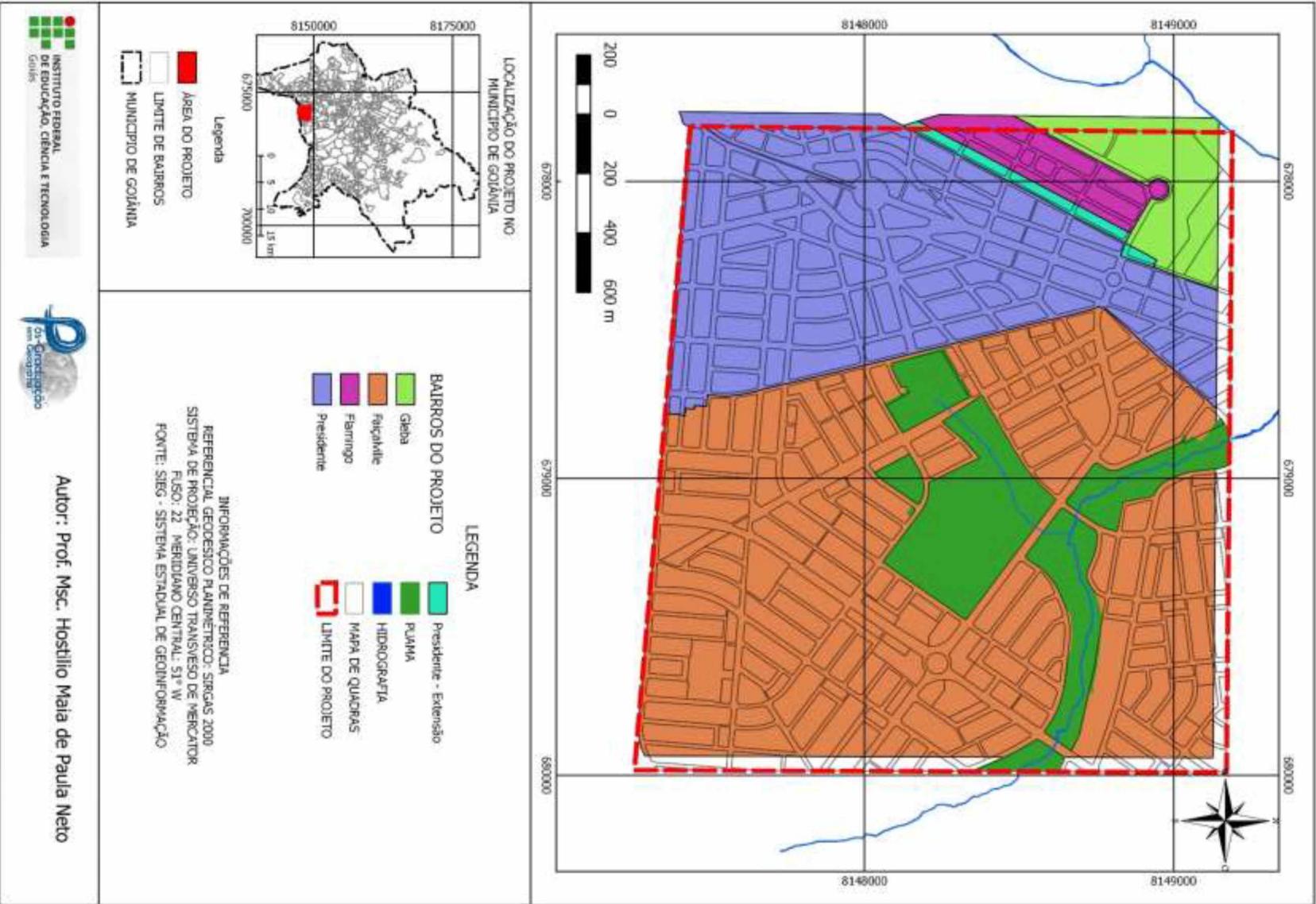


Figura 31- Imagem com a distribuição dos pontos de controle da área do projeto

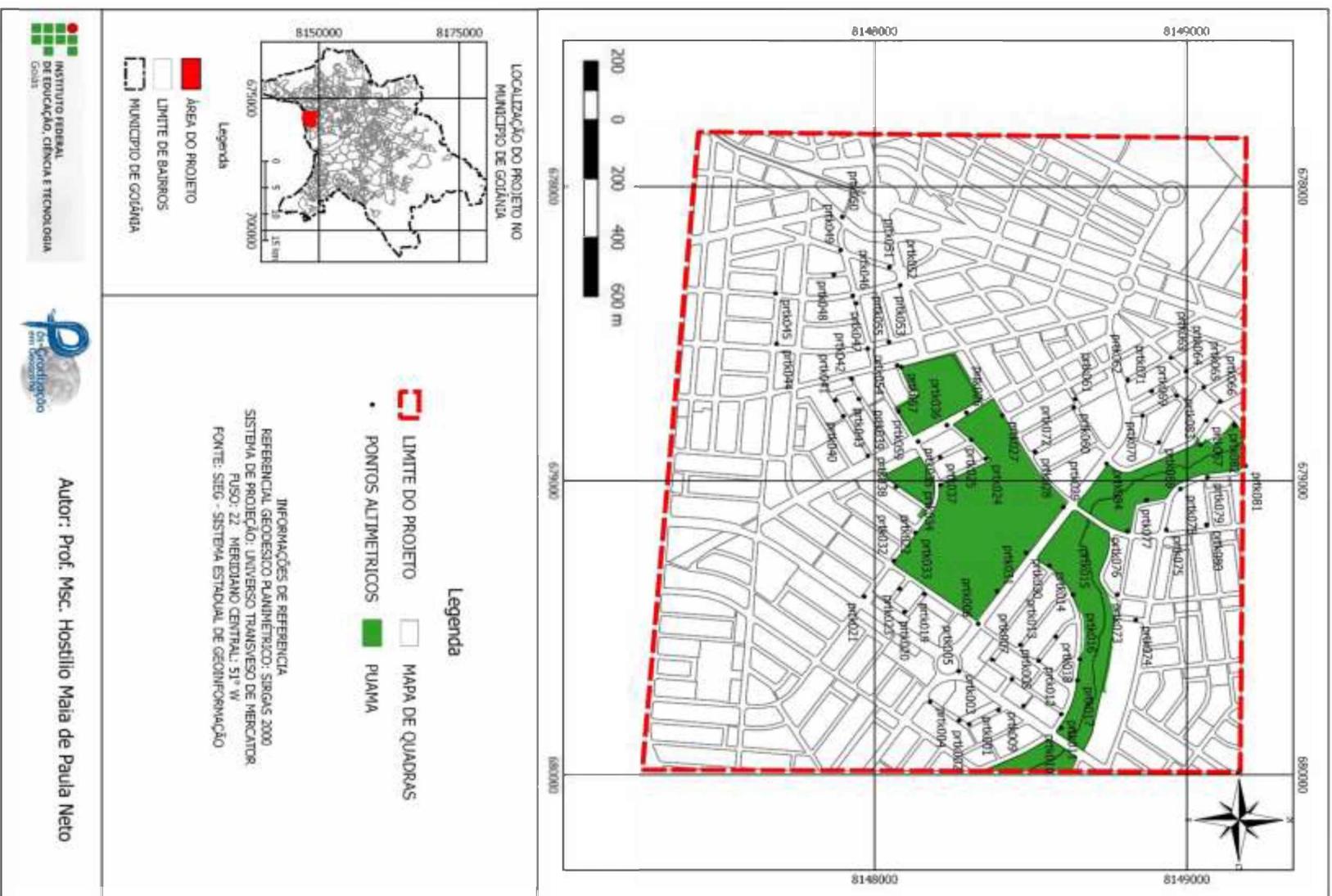
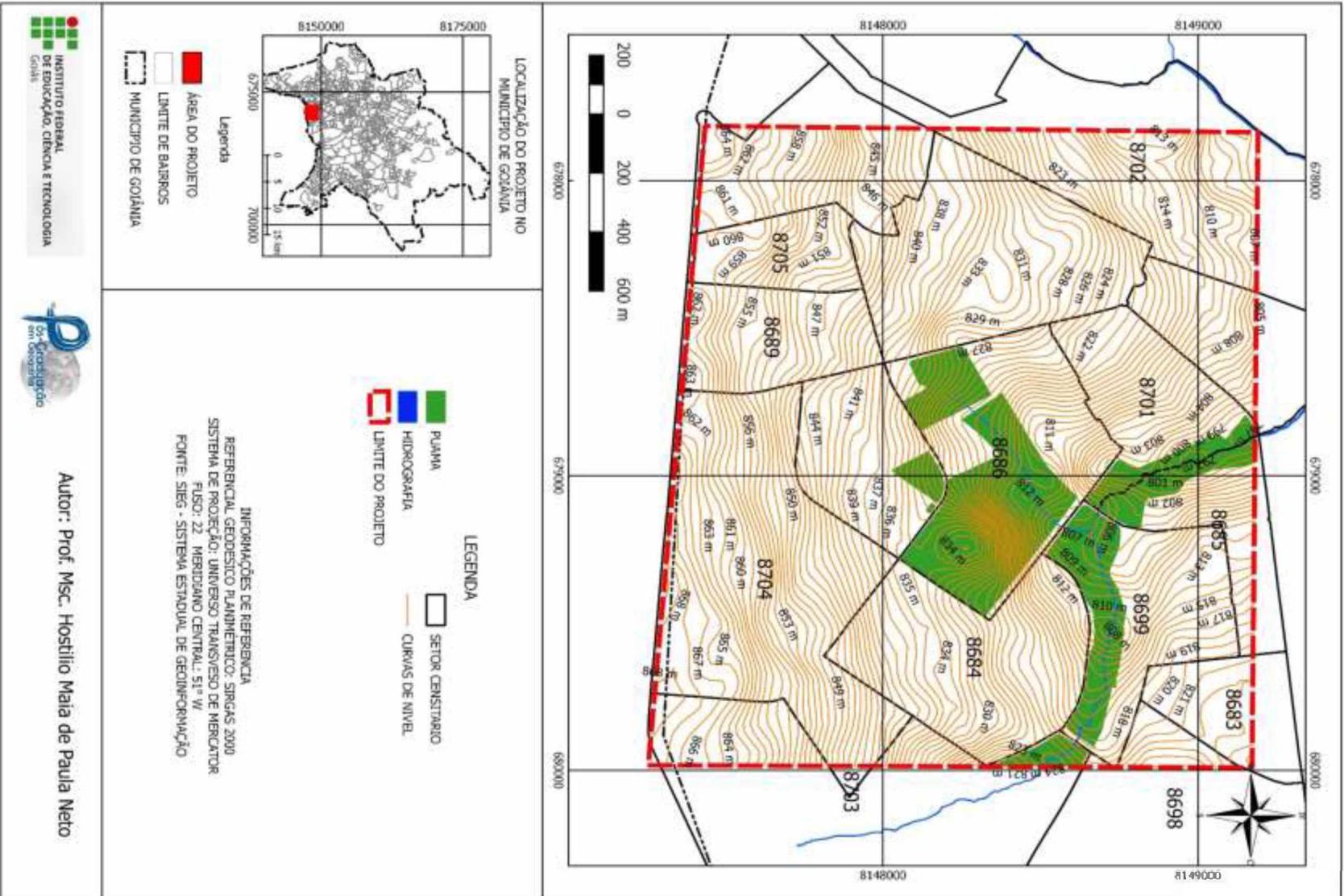


Figura 32 - Mapa de curvas de nível da área do projeto

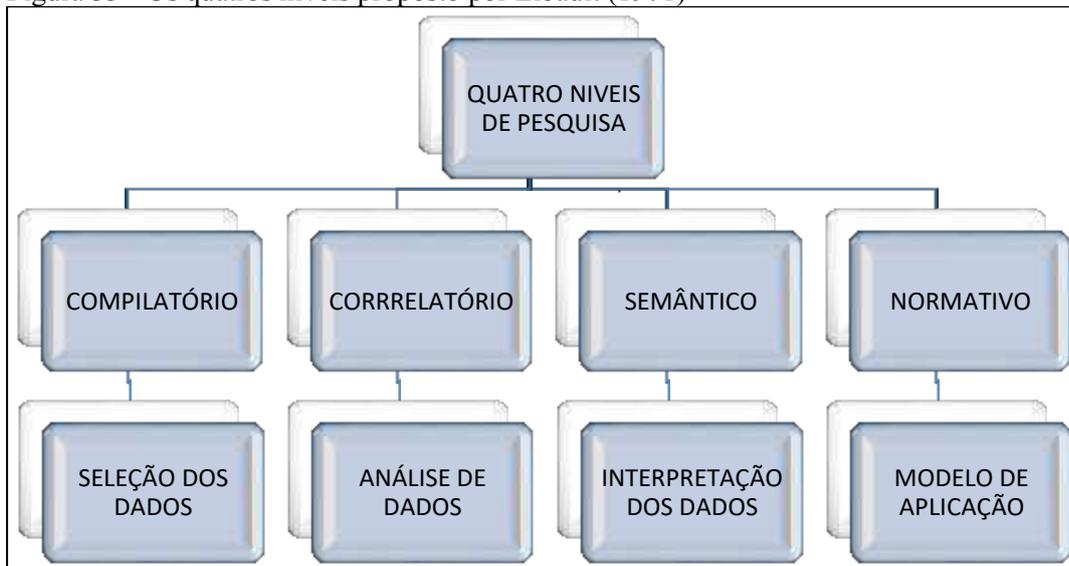


## 2.2. Metodologia da pesquisa

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos seguindo a proposta de Libault (1971), que determina a instrução metodológica em etapas de acordo com os objetivos traçados. Em suas instruções são propostos quatro níveis sendo assim distribuídos: um nível compilatório, um nível correlatório, um nível semântico e um nível normativo (Figura 33).

Desta forma, com a organização em níveis, segundo Libault (1971), a utilização dessa metodologia mantém a pesquisa organizada e direcionada sem fugir dos objetivos que foram traçados.

Figura 33 - Os quatros níveis proposto por Libault (1971)



Fonte: adaptado de Libault(1971).

No nível inicial ou Compilatório são definidos os parâmetros iniciais da pesquisa determinando a área de estudo e o seu referencial bibliográfico com o intuito de dar confiabilidade à pesquisa, e nesta fase também são definidos os materiais utilizados para a pesquisa, suas descrições e informações.

Na fase correlatória, sendo dedica à análise dos dados da pesquisa pautando-se na necessidade de cada objetivo traçado, verificando se os dados definidos na fase inicial são capazes de responder às necessidade da mesma. Nessa fase foi construído um Sistema de Informação Geografica – SIG, isto se fez necessario pela heterogeneity dos dados, pois, no nível compilatório com a definição dos materiais os mesmos encontravam-se

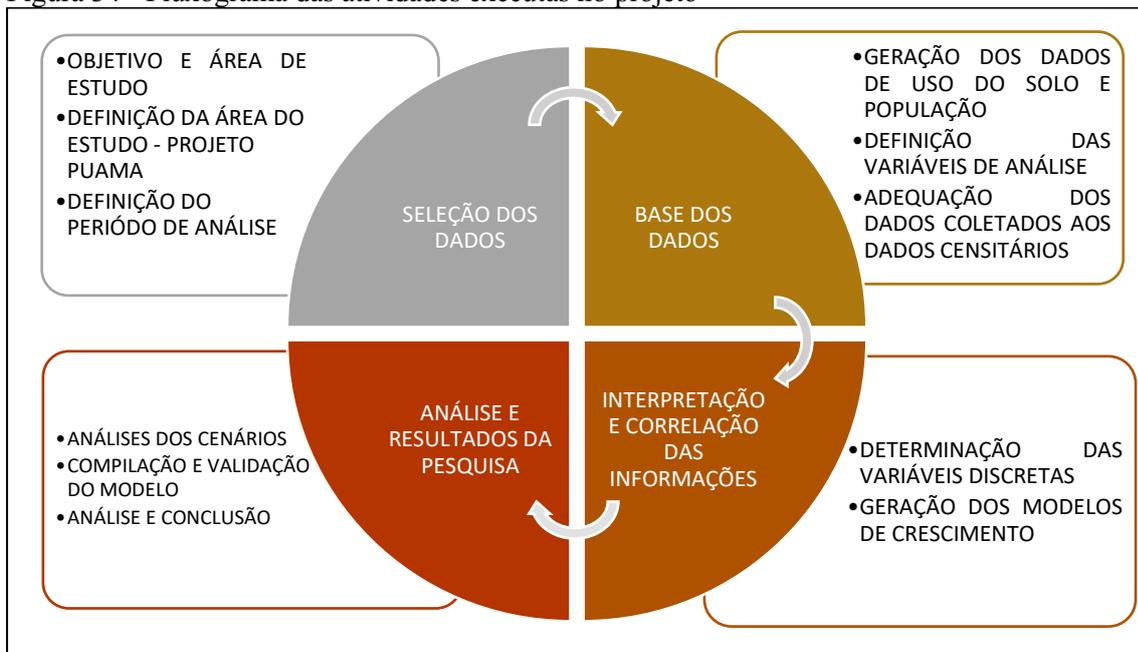
separados, logo houve a necessidade da organização em um ambiente SIG para que se pudesse analisar e verificar a sua correlação.

No nível Semântico foram determinados os padrões de análise dos dados e com o banco de dados definido foi possível a unificação das informações e assim criar uma metodologia de análise em cenários. Nesse sentido, a padronização das informações em uma única base de dados foi de fundamental importância, criando uma unidade para que o sistema possa verificar as correlações entre cada informação e assim criar um modelo para um futuro próximo.

No nível Normativo são mostrados os resultados obtidos na pesquisa e as conclusões obtidas com a correlação das informações, demonstrando os resultados através de mapas e tabelas, com o intuito de informar se os objetivos traçados foram alcançados. Nesse nível é necessária a centralização das informações, e assim a construção de SIG é fundamental, pois como as informações estão centralizadas e uniformizadas em uma única base, o uso de modelo de previsão pode mostrar como os dados coletados se normalizaram e se fundiram em uma resposta a um cenário futuro.

Com os dados organizados em níveis, os procedimentos para alcançar cada objetivo foi desenvolvido de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 34.

Figura 34 - Fluxograma das atividades executadas no projeto

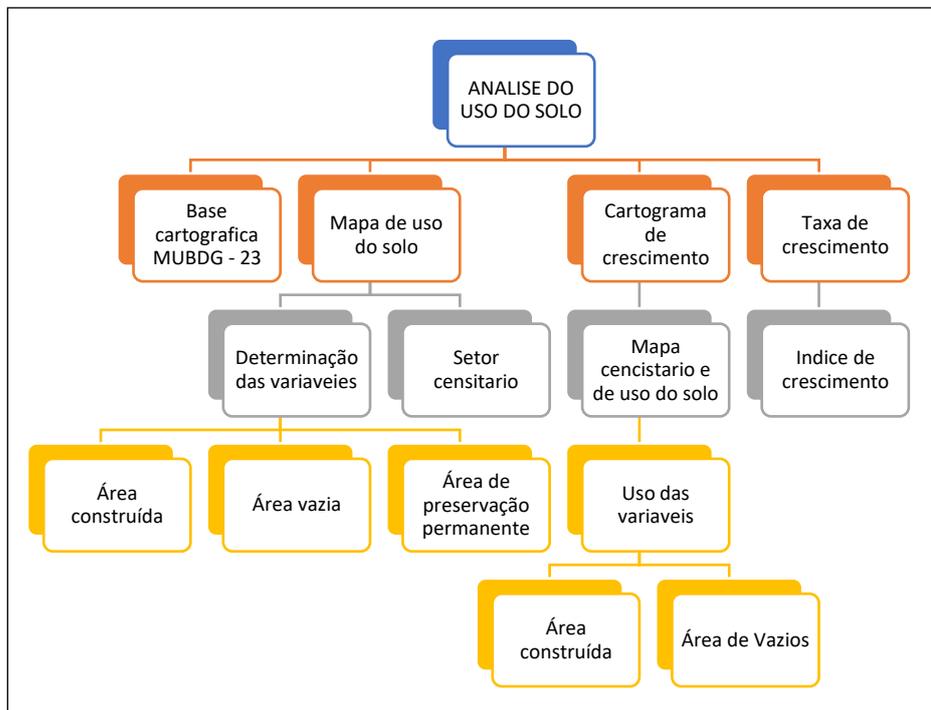


Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 2.2.1. Análise do uso do solo

Para caracterização do uso do solo foi utilizado o fluxograma apresentado na Figura 35, que mostra em etapas como foi elaborado o dado de uso do solo e suas respectivas variáveis.

Figura 35 - Fluxograma de caracterização do uso do solo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na primeira etapa do projeto foram elaborados os mapas bases: mapa com as divisas de lotes, mapa altimétrico e mapa com as imagens de cada época determinando assim uma base de dados em SIG<sup>3</sup>, com isto fora necessário a unificação das bases vetoriais e a determinação do limite da área de estudo. Após esse trabalho inicial, a necessidade de composição de uma base de uso do solo com os limites unificados e adequados à base do IBGE e, assim, determinando para cada ano de análise uma descrição do uso do solo.

Para a segunda etapa “*CONSTRUÇÃO DO MAPA DE USO DO SOLO*” foram definidas três variáveis assim descritas:

- **Área Vazia** – essa variável é composta por **Vazios Urbanos** que por sua vez não será contada pelas áreas do parque PUAMA pois seriam apenas as áreas de lotes vazios

<sup>3</sup> Para a construção da base de dados foi utilizado o aplicativo QGIS versão 2.18.20

dentro da área de estudo com o intuito de avaliar as áreas que poderiam ser propícias a mudanças na sua configuração;

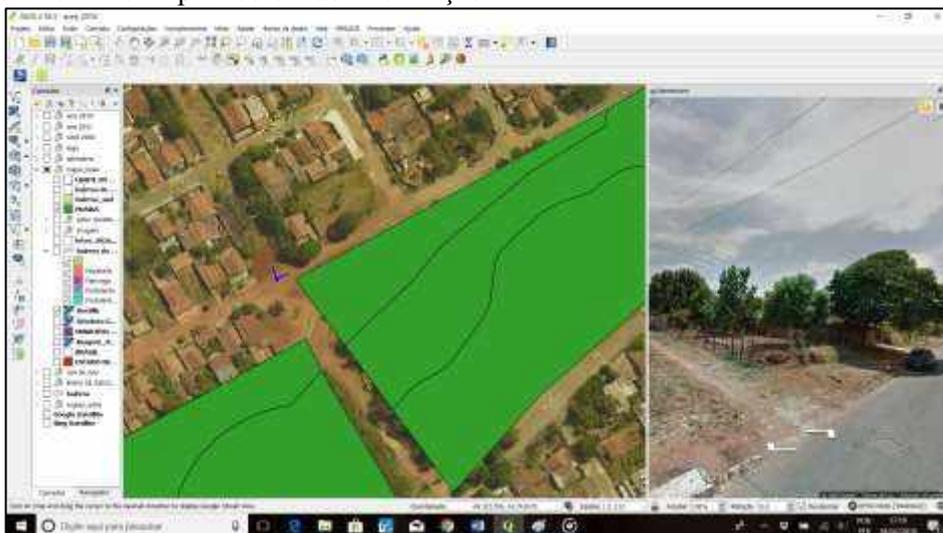
- **Áreas Construídas** - essa variável foi utilizada com intuito de localizar onde seriam as áreas com ocupação e se elas ficariam ocupadas após a implantação do parque;

- **APP** – essa variável é composta pela Área de Preservação Permanente determinada como à área do parque PUAMA e esta seria a região onde a preservação se faz necessária.

O Mapa de uso solo foi elaborado por meio das imagens áreas de 2006, 2011 e 2016 fornecidas pela prefeitura de Goiânia, sendo que o ano de 2006 foi determinado como referência para o projeto. Isto foi necessário para ser ter um parâmetro de entrada e assim poder estabelecer como o crescimento iria ocorrer a partir do mesmo e também neste ano o parque ainda não estava implantado.

Para confirmação de cada lote verificado foi utilizado a ferramenta **STREET VIEW** integrada ao aplicativo QGIS, através da ferramenta **Go2streetview** (Figura 36) que permite que se visualize os elementos do mapa e assim pode-se comparar se o levantamento fora executado com clareza e representa a realidade de campo.

Figura 36 - Ferramenta para coleta de informação



Fonte: Elaborado pelo Autor.

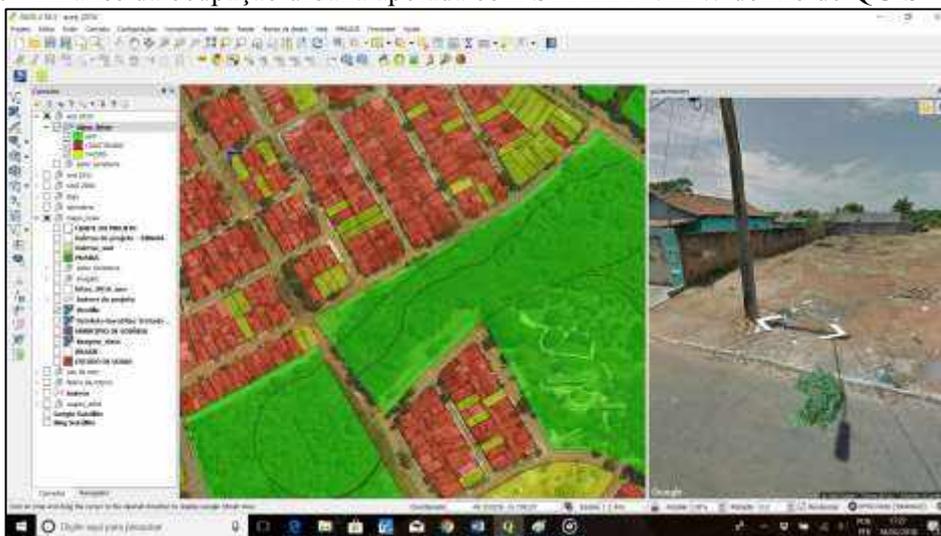
Um detalhe a ser verificado é que os dados de *Google Street* são do ano de 2016 e com isto foi estabelecido que este seria o parâmetro de validação, observando se os terrenos

de 2006 e 2011 acompanhava a característica de 2016 e, assim, validar os levantamentos a partir deste.

Para a classificação da ocupação urbana, o entendimento do conceito de vazios urbanos é necessário. Segundo Freitas & Negrão (2014, p. 483) pode-se definir vazios urbanos como uma área vaga dentro do perímetro urbano, onde tais espaços não representam necessariamente um problema público, a depender da sua destinação e uso.

Desta forma, o conhecimento desses locais torna o planejamento mais eficaz e a destinação de equipamentos públicos tendem a ser direcionada para os locais onde há mais ocupação urbana e maior aglomerado populacional. Portanto, para a definição da ocupação urbana, foi necessário a separação das áreas ocupadas e não ocupadas, na Figura 37 mostra uma imagem de 2016 onde é possível observar onde se encontra o lote vazio e com o uso da ferramenta *STREET VIEW* pode-se classifica-la de forma eficaz, e posteriormente colocar estes dados em uma tabela de atributos para análise.

Figura 37 - Análise da ocupação urbana apoiada com STREET VIEW dentro do QGIS



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com a geração do mapa de uso do solo é necessário que seja avaliado o seu crescimento por período, para isto foi utilizada a Equação (5) que define a taxa de crescimento na área de cada setor:

$$\text{taxa de crescimento} = \frac{[\text{av de referência}] - [\text{av de referência anterior}]}{[\text{av de referência}]} * 100 \quad (5)$$

Com essa avaliação foi possível a separação do seu crescimento em classes através de uma distribuição variando de Baixo, Baixo Médio, Médio, Médio Alto e Alto,

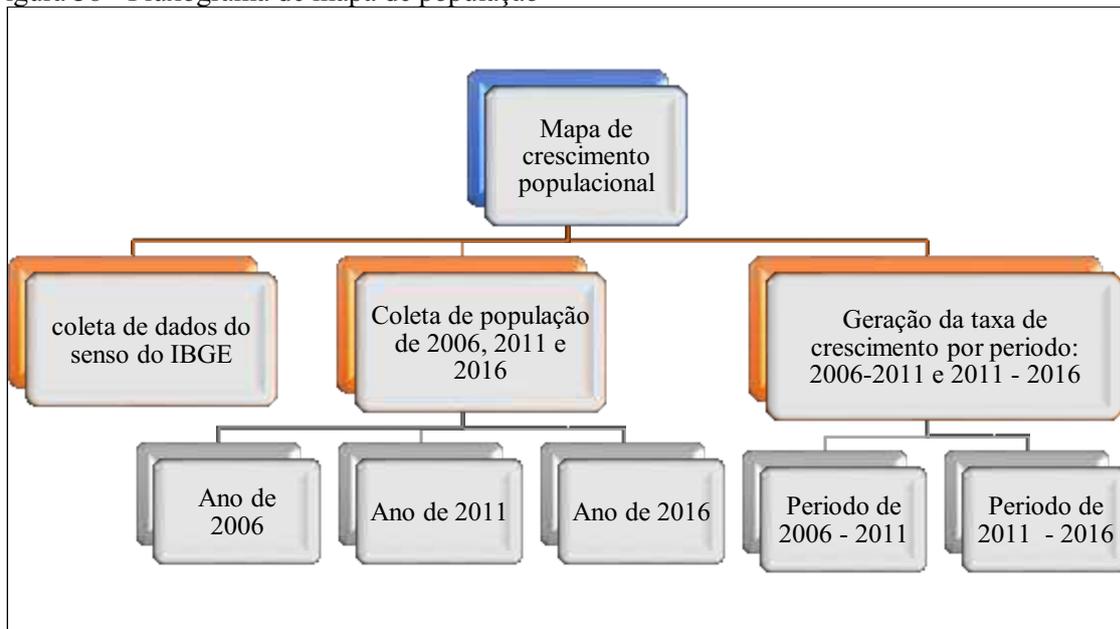
possibilitando a geração de mapas que indicam onde ocorreu o maior e menor crescimento do uso do solo.

### 2.2.2. Dados de população

Seguindo os objetivos traçados, neste item iremos tratar da taxa de crescimento da população. Neste sentido, o projeto irá apresentar uma avaliação do crescimento da população nos setores censitário e com isto verificar qual a dinâmica de seu crescimento, demonstrando como cada região se comporta com a implantação do parque PUAMA durante as três épocas definidas nos anos de 2006, 2011 e 2016.

Na Figura 38 é apresentado o fluxograma de geração do mapa de crescimento da população. Numa primeira etapa, seguindo as informações do censo do IBGE, é feita uma coleta dos dados de população referente a cada setor. Neste sentido, um questionamento se faz *“como foi o crescimento de cada setor?”*, para responder a esse questionamento foi gerado um mapa com a distribuição das informações coletadas de cada setor, mostrando como cada setor se comportou durante o período de análise.

Figura 38 - Fluxograma de mapa de população



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na análise da população foram utilizados os dados do IBGE nas três épocas do projeto assim distribuídos:

- Os dados de 2006 – foram uma estimativa fornecida pelo IBGE;

- Os dados de 2011- foram utilizados os dados do Censo demográfico de 2010 como referência para o trabalho e estimados para 2011 de acordo com as estimativas proposta por IBGE I (2011);

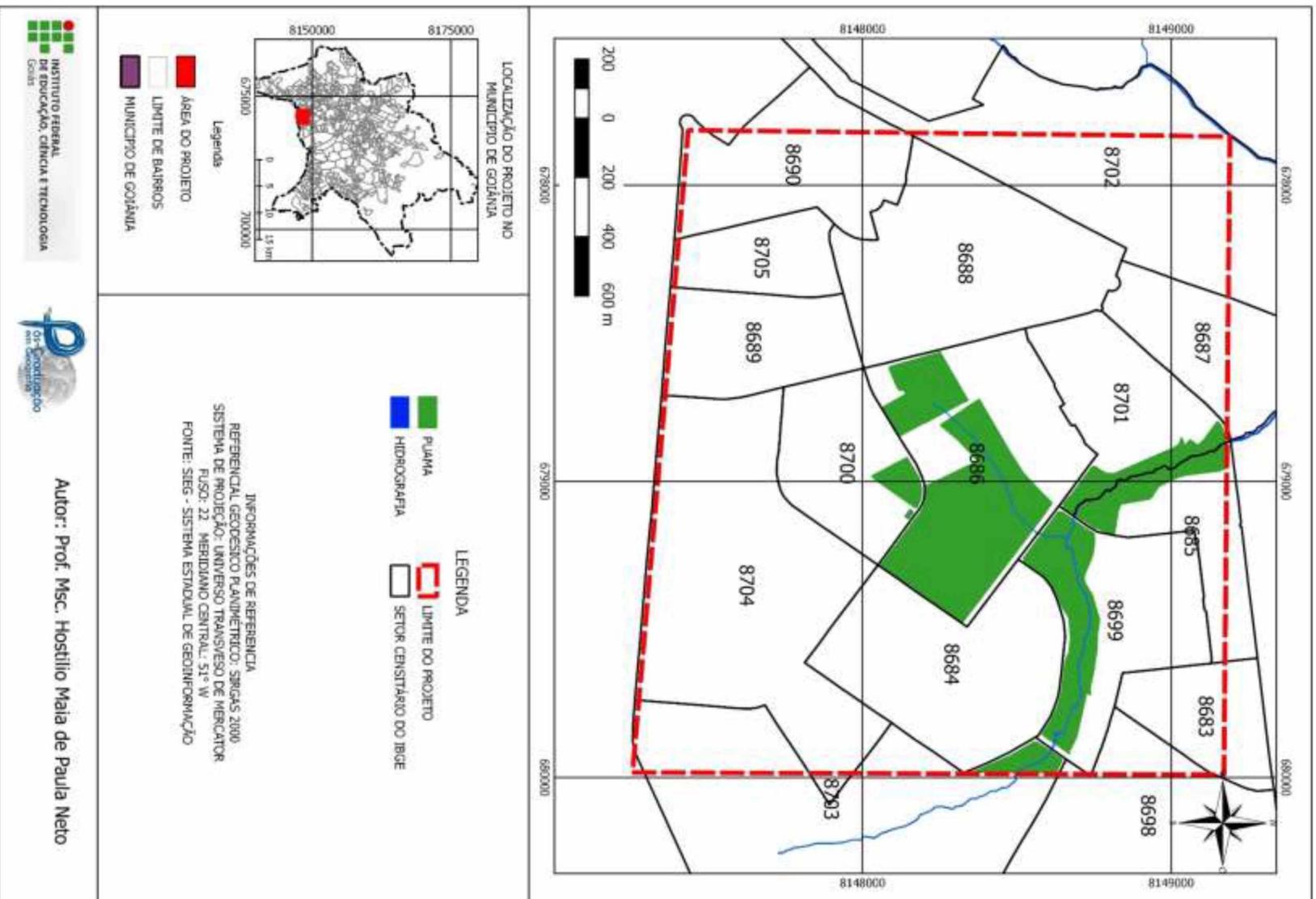
- Os dados de 2016 foram uma estimativa fornecida pelo IBGE;

Nas três épocas, a contagem da população fora estabelecida de acordo com os limites de cada setor censitário (Figura 39) e assim todo o projeto foi adequado à essas áreas possibilitando uma melhor correlação. Para melhor definição das regiões de trabalho foram utilizados os limites estabelecidos pelo censo demográfico do IBGE, gerando assim a Tabela 2, contendo os respectivos códigos de cada setor e seu limite.

Tabela 2 - Relação dos códigos de cada setor censitário e os seus limites

| ID   | CODIGO          | LIMITE   |
|------|-----------------|--|
| 8683 | 520870705320017 | "Rua Castro Alves" com "avenida Olavo Bilac"   |
| 8684 | 520870705320018 | "Avenida Nadra Bufaical" com "alameda Jose Gerson de Morais"   |
| 8685 | 520870705320019 | "Córrego macambira ou cedro" com "avenida Olavo Bilac"   |
| 8686 | 520870705320020 | "Rua presidente Rodrigues Alves" com "rua f-2"   |
| 8687 | 520870705320021 | "Avenida presidente Juscelino Kubitschek" com "córrego macambira ou cedro"                               |
| 8688 | 520870705320022 | "Rua presidente Eptácio pessoa" com "avenida presidente Bernardes"                                       |
| 8689 | 520870705320023 | "Rua presidente Wenceslau" com "rua presidente Roosevelt"  |
| 8690 | 520870705320024 | "rua presidente Eptácio pessoa" com "rua presidente RENE COTY"   |
| 8698 | 520870705320032 | "Alameda Afonso Pena" com "avenida Olavo Bilac"  |
| 8699 | 520870705320033 | "Alameda Ana Maria Morais Verano" com "rua f-9"  |
| 8700 | 520870705320034 | "Rua presidente Rodrigues Alves" com " alameda Abel Soares de Castro"                                    |
| 8701 | 520870705320035 | "Rua presidente Carlos Luiz" com "córrego Macambira ou Cedro"  |
| 8702 | 520870705320036 | "Córrego Pindaiba" com "viela da avenida presidente Jose Linhares"(garagem da rápida Araguaia exclusive) |
| 8703 | 520870705320037 | "avenida Madri" com "alameda Gilson Alves Souza"   |
| 8704 | 520870705320038 | "Alameda Alcides a. Ramão" com "alameda Abel Soares de Castro"   |
| 8705 | 520870705320039 | "Rua presidente Prudente" com "rua presidente Wenceslau"   |
| 8733 | 520870705330025 | "córrego Pindaiba" com prolongamento da "rua pindorama"  |

Figura 39 - Mapa da área do projeto com os setores censitário do IBGE



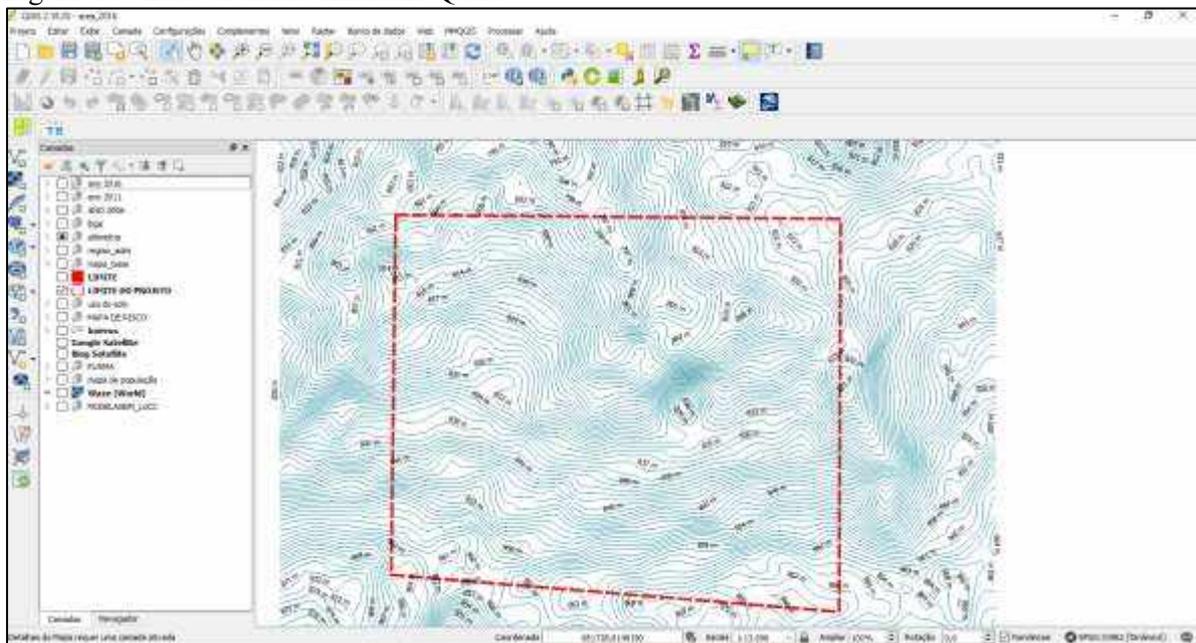
### 2.2.3. Criação da Base de dados - SIG

Na criação da base de dados foi proposto que todos os arquivos vetoriais estivessem em uma única base e em um mesmo referencial e este fora definido com as seguintes especificações cartográficas:

- Referencial Geodésico – SIRGAS 2000
- Referencial Vertical – Imbituba / SC
- Sistema de projeção – UTM
- Fuso: 22° 00' 00''
- MC – Meridiano central: O 51° 00' 00''

Contudo, para o alcance dos objetivos, a unificação de todos os arquivos fora necessária. Sendo assim, fora criado um banco de dados dentro do aplicativos QGIS (Figura 40) com as informações disponíveis para conclusão do projeto.

Figura 40 - Base de dados criada no QGIS



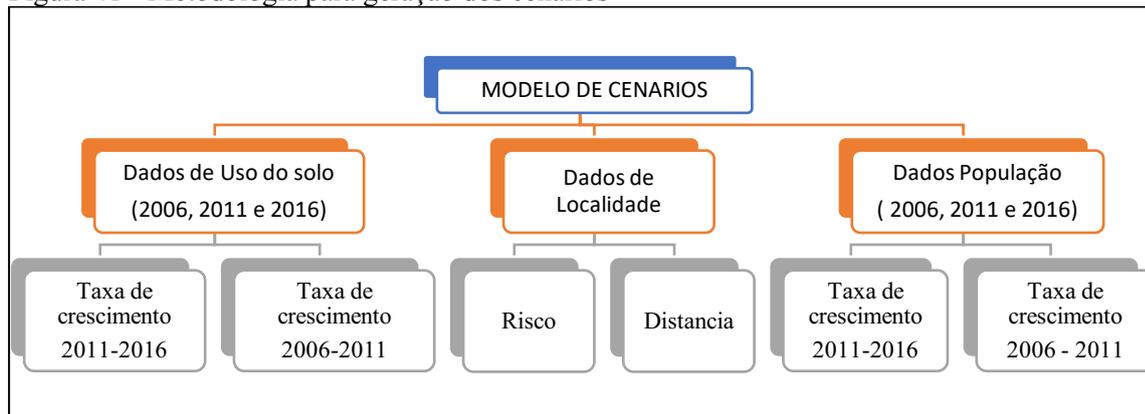
Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 2.2.4. Modelagem da dinâmica futura

Para execução da modelagem dinâmica e análise dos cenários foi proposta a utilização de uma ferramenta que possibilite a unificação dos dados e a geração de uma análise de cada um cenário. E para a execução desse processo definiu-se a metodologia

apresentada na Figura 41, onde é apresentada a sequência de ações para a análise de cada cenário.

Figura 41 - Metodologia para geração dos cenários



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como pode-se observar na Figura 41, a metodologia é baseada em etapas, iniciando com a definição do uso do solo em cada período de análise e logo após essa definição é construída a base de localidade. Esta base apresenta a localização de cada entidade e o Risco de ocupação dela. E por fim, foram estruturados os dados de população, estes foram definidos de acordo com as informações do IBGE com o intuito de diagnosticar como estava a população na área de estudo no período de análise.

### 2.2.5. Criação do modelo

Para a modelagem dos cenários futuros, uma necessidade é a definição das informações em uma única base de dados. Porém, apenas a criação da base não permite a análise dos cenários, assim fora necessário a união de todas as informações do projeto para a geração dos cenários.

Portanto, para a criação de um modelo que permitisse a união de todas as informações coletadas foram utilizada as CA, procedimento este executado em duas etapas, sendo a primeira com a criação de uma base celular contendo a área do projeto utilizando o aplicativo “*Fill Cell - Gerenciador de Scripts*”<sup>4</sup> (Figura 42).

<sup>4</sup> O Gerenciador de Scripts é uma ferramenta que tem por intuito auxiliar a construção de um Script de Preenchimento de Célula através da geração de informação dentro da tabela de atributos.

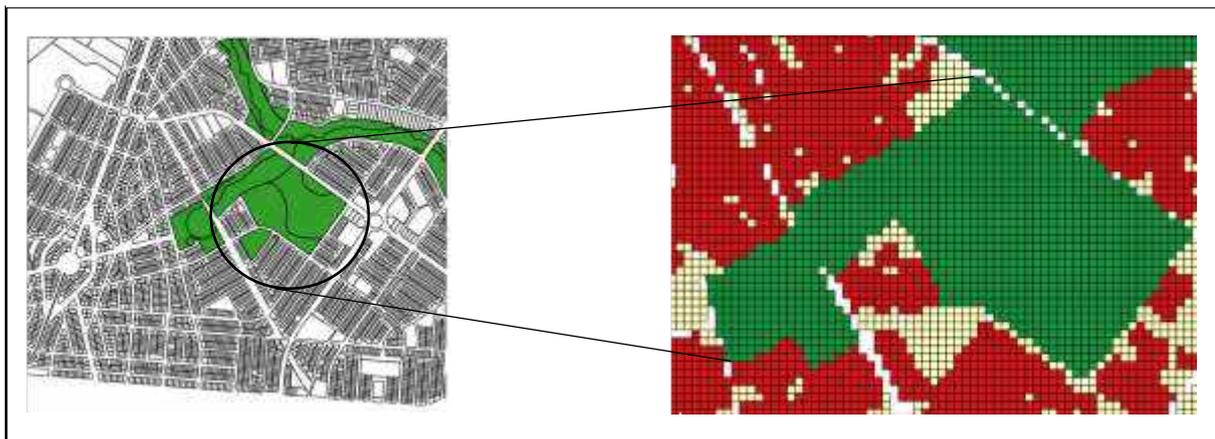
Figura 42 - Gerenciador de Scripts para construção de células.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Este por sua vez possibilita a criação das CA, permitindo que as mesmas possam receber as informações de cada variável, gerando assim, um espaço celular capaz de representar a base de dados do projeto (Figura 43).

Figura 43 - Representação da área de estudo por CA



Fonte: Elaborado pelo Autor.

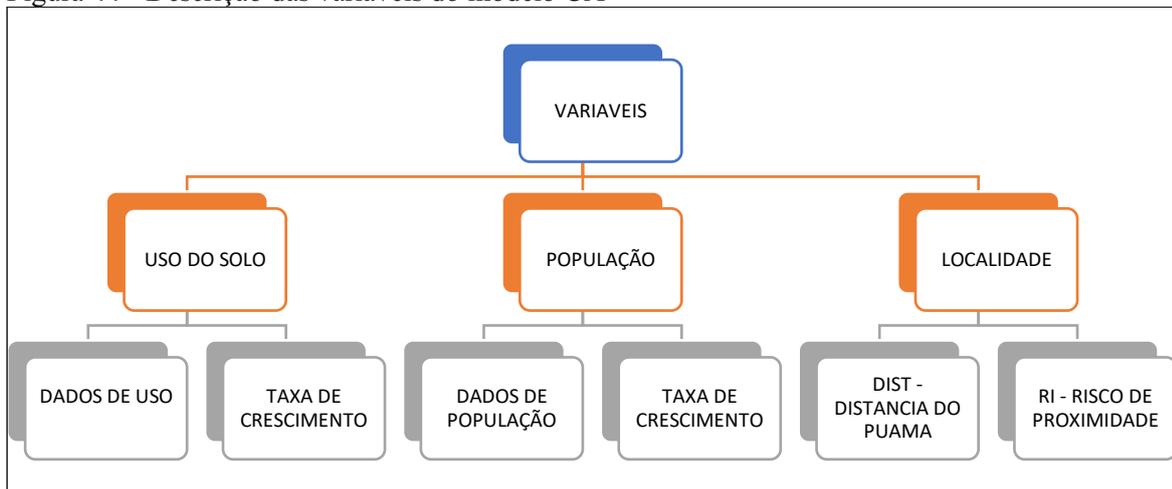
Numa segunda etapa foi determinado como o modelo iria se comportar, qual os anos de análise (2006 a 2021) e como seria determinado o processo de validação. Nestes processos foram utilizados os anos de 2011 e 2016 como pontos de validação do modelo comparando os dados gerados a partir de 2006 com os dados coletados.

### 2.2.6. Variáveis do modelo

Seguindo o modelo traçado a próxima etapa foi a parametrização das informações. Este procedimento foi necessário pois as variáveis utilizadas no modelo são discretas, ou seja, variáveis independentes uma das outras. Estes elementos podem ser considerados desde a análise de fenômenos que alteram o espaço urbano como o crescimento da população, o seu uso do solo e a dinâmica de alteração do espaço como também as análises qualitativas de como o espaço urbano vem se desenvolvendo com as demandas de mobilidade da população (FEITOSA, et al., 2007).

Para construção do modelo que represente este crescimento, devemos adaptá-lo conforme as necessidades de cada localidade, pois, como verificado nas análises do uso do solo e da população, os locais onde a população reside pode interagir e alterar o espaço urbano. Desta forma, a construção de um modelo que represente essas alterações deve conter variáveis DISCRETA, portanto, para uma melhor distribuição das variáveis, estas foram separadas em áreas conforme apresentado na Figura 44.

Figura 44 - Descrição das variáveis do modelo CA



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir da definição das variáveis foi necessário organizar as informações de forma que as mesmas pudessem ser integradas a cada célula, sendo assim, as variáveis foram separadas por ano conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela com as descrições das variáveis

| Categoria          | Componente | Variável       | Descrição   |
|--------------------|------------|----------------|---|
| <b>Uso do solo</b> | 2006       | C -Construída  | As variáveis C, V e A indicam quantos lotes foram atribuídos a cada variável para cada ano do projeto.<br><br>As variáveis U_06 e U_011 indicam a taxa de crescimento da região, sendo sua variação de determinado entre 0 – 1 e a variável U_06 representando a taxa de crescimento entre os anos de 2006 a 2011, e a variável U_011 a taxa de crescimento de 2011a 2016   |
|                    |            | V – Área Vazia |   |
|                    | 2011       | A – App        |   |
|                    | 2016       | U_06<br>U_11   |   |
| <b>População</b>   | 2006       | P_06           | As variáveis P_06, P_11 e P_16, indicam qual a população residente em cada setor censitário, representando os anos do projeto 2006, 2011 e 2016 respectivamente.<br><br>As variáveis C_06 e C_011 indicam a taxa de crescimento da população em cada setor censitário, sendo sua variação de determinado entre 0 – 1 e a variável C_06 representando a taxa de crescimento entre os anos de 2006 a 2011, e a variável C_011 a taxa de crescimento de 2011a 2016 |
|                    |            | P_11           |   |
|                    | 2011       | P_16           |   |
|                    | 2016       | C_06<br>C_11   |   |
| <b>Localidade</b>  |            | RI             | A variável DIST representa a distância que cada lote se encontra da área do PUAMA, sendo sua distância contada em metros (M).<br><br>A variável RI indica qual as zonas de maior risco de impacto na região do parque PUAMA, sendo sua variação determinado entre 0 a 1.  |
|                    |            | DIST           |   |

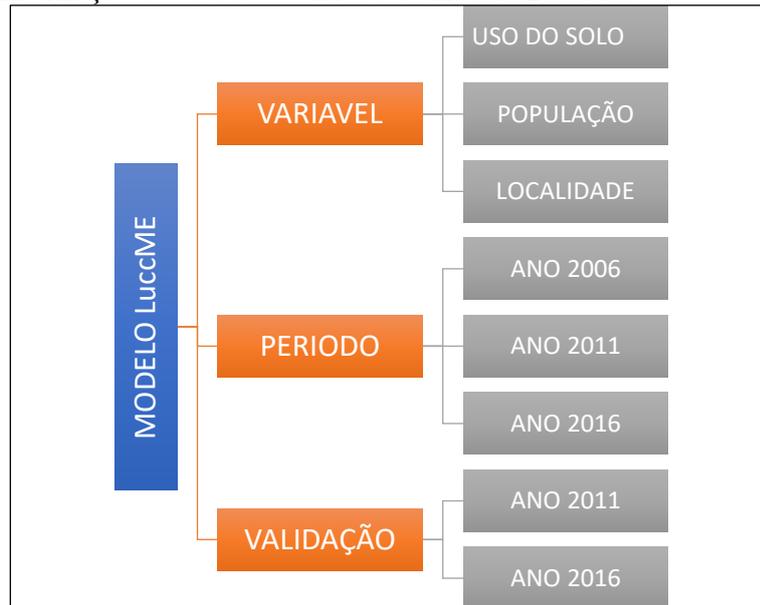
Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 2.2.7. Modelo de simulação de eventos

Para a criação do modelo de simulação foi utilizado o aplicativo LuccME<sup>5</sup> fornecido pelo INPE. E para uma melhor generalização das informações foi utilizado uma modelagem para a entrada dos dados como apresentado na Figura 45.

<sup>5</sup> Site do LuccME para download: [http://lucme.ccst.inpe.br/download\\_pt/](http://lucme.ccst.inpe.br/download_pt/). Acessado em 01/10/2018

Figura 45 - Parametrização dos dados de entrada do modelo LuccMe.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Neste sentido, o aplicativo LuccME permite que sejam incorporados tanto variáveis discretas como variáveis contínuas (dependente) estabelecendo ao usuário uma formulação de como o modelo irá se desenvolver, e assim poder verificar como será o crescimento de uma região.

Como apresentado na Figura 45 o modelo é determinado de acordo com a sua entrada de dados e para isto ele foi organizado tendo como o parâmetro inicial os dados do ano de 2006. Este procedimento permite que utilizem os dados de 2011 e 2016 para a validação do modelo em uma segunda etapa.

### 2.2.8. Modelo de 2006

Como proposto, o modelo de entrada foi o ano de 2006 e este apresentou as informações iniciais para a modelagem dos eventos de 2011, 2016 e 2021 gerando assim um arquivo padrão onde foi colocada cada variável definida no projeto.

Na Figura 46 é apresentada a área de 2006 com os seus respectivos lotes e para cada lote foram inseridos os valores de cada variável, com o intuito de criar um ponto de origem do sistema, esse procedimento foi executado em cada lote do ano de 2006, totalizando uma amostra de 4870 lotes contendo as seguintes variáveis:

C\_2006; A\_2006 e V\_2006 – contendo a contagem de cada uso do solo modulado de 0 e 1 identificando que 0 indica a ausência de uso e 1 quando o uso é identificado;

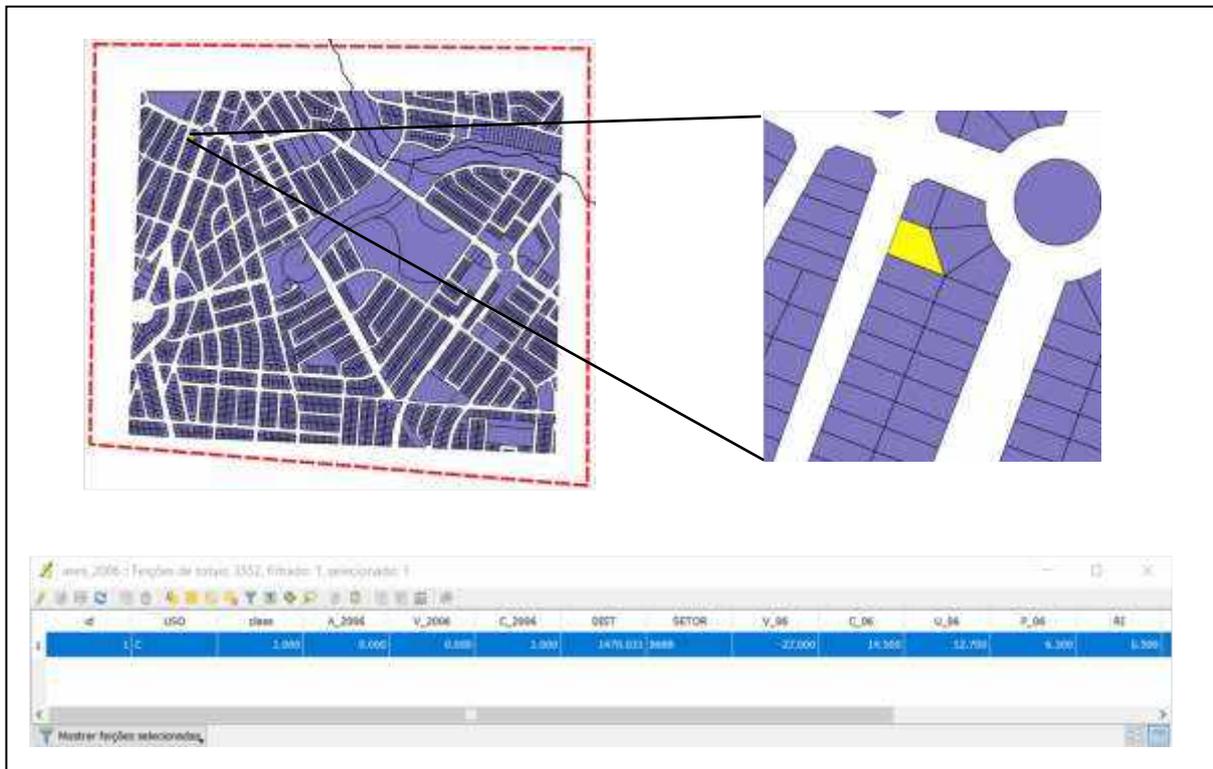
DIST – Distância do lote ao parque;

C\_06 - Taxa de crescimento da população dado em %;

U\_06 – Taxa de crescimento do uso do solo dado em %;

RI – Taxa de risco de ocupação;

Figura 46 - Modelo de simulação de 2006



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, como apresentado no ano de 2006, o mesmo procedimento fora aplicado nos anos de 2011 e de 2016, gerando assim, uma base com 4870 lotes de amostra para cada ano, sendo possível organizar a base de dados no *software* QGIS para os anos de 2011 e 2016, porem, para a criação de um modelo de simulação para o ano de 2011 foi necessária a criação de uma base com as CA de cada ano em uma única base.

Para a geração do modelo CA foi utilizado o aplicativo *Fill Cell - Gerenciador de Scripts*<sup>6</sup> (Figura 47), este possibilita a criação de CA através de dados do tipo *SHAPEFILE*, e assim atribui a cada célula uma informação dentro de uma tabela de atributo.

<sup>6</sup> O Gerenciador de Scripts é uma ferramenta oferecida ao usuário que tem por intuito auxiliar a construção de um Script de Preenchimento de Célula.

Figura 47 - Gerenciado de Células Autônomas - CA



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, a criação das CA levou em conta cada informação das variáveis determinadas no modelo, com isto foi possível gerar um modelo do projeto dentro do aplicativo para o ano de referência contendo todas as informações de cada ano em uma única base.

Para a unificação dos dados dentro do modelo CA, foi necessária a generalização da área do projeto e como a menor informação a ser representada são os lotes estes foram construídos com uma dimensão de 10 x 10 metros. Com isto a representação dos lotes em CA tem sua representação com menor generalização da realidade de cada unidade (Figura 48).

Figura 48 - Criando o modelo CA



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após a definição da área a ser criada foi necessária a união de todas as informações de cada ano de análise, assim o aplicativo permite a união de todas as tabelas em um só modelo possibilitando a geração de uma única tabela de atributos para aplicação da simulação (Figura 49).

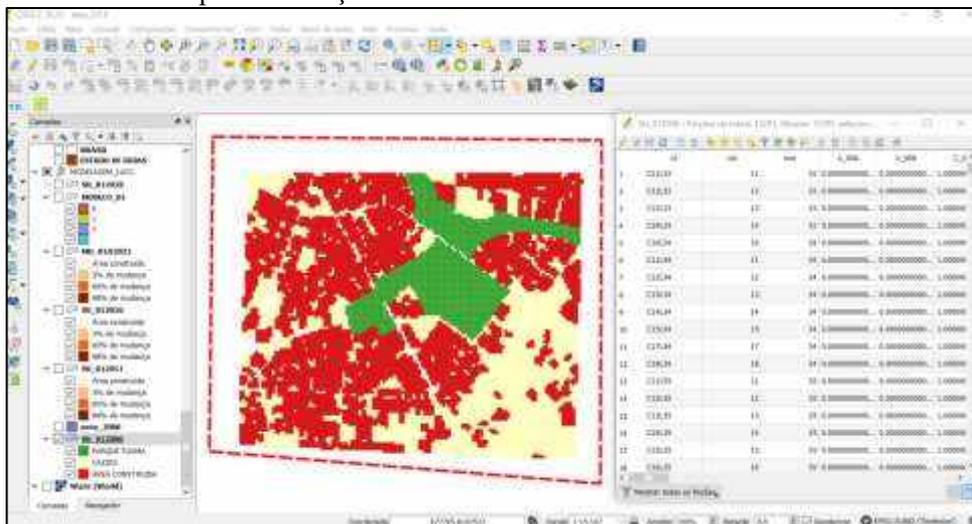
Figura 49 - Preenchimento de cada célula com as variáveis



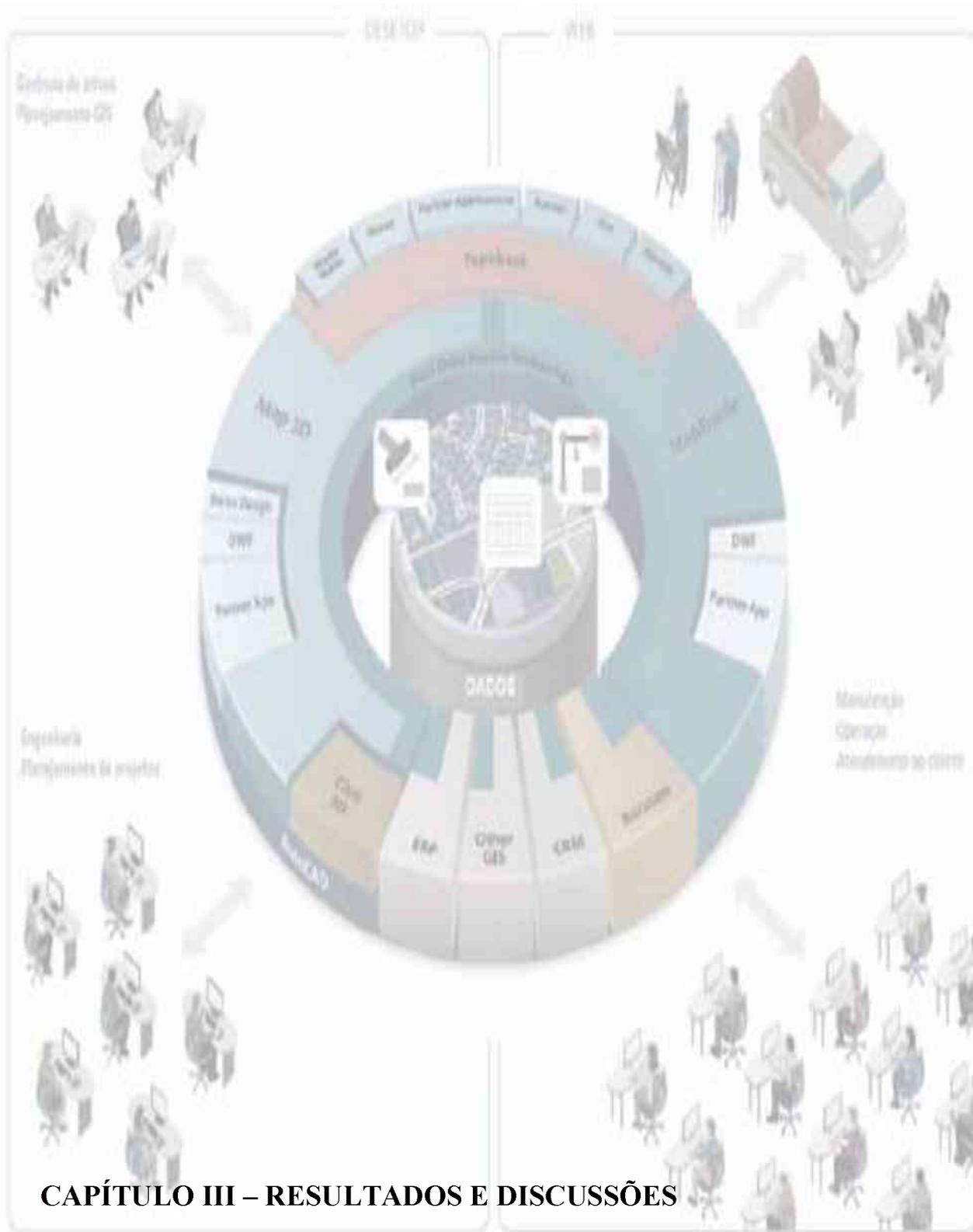
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, com todas as variáveis organizadas, o modelo contendo os dados de cada ano na tabela de atributo foram organizados em um único arquivo *shapefile*, e assim pode-se organizar os dados para a simulação dos eventos (Figura 50).

Figura 50 - Modelo CA para simulação



Fonte: Elaborado pelo Autor.



Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa seguindo os objetivos traçados, sendo que o mesmo está estruturado em tópicos e no primeiro tópico são mostrados os resultados da modelagem do uso do solo com suas variáveis e a dinâmica da região nas datas estabelecidas. Seguindo essa dinâmica, são apresentados os resultados da modelagem da população contendo a distribuição da mesma e seu mapa de crescimento e, por fim, com estas informações é gerada a modelagem da área do projeto.

### **3.1 Análise do uso do solo**

De acordo com os objetivos traçados, a identificação do uso do solo é uma ferramenta fundamental para o conhecimento do ambiente, assim como as técnicas voltadas à sua obtenção. Com essa informação é possível o conhecimento do espaço geográfico como um recurso para a tomada de decisão sobre a função do território estudado, sendo assim, a determinação do seu uso possibilita a análise da dinâmica de crescimento da região.

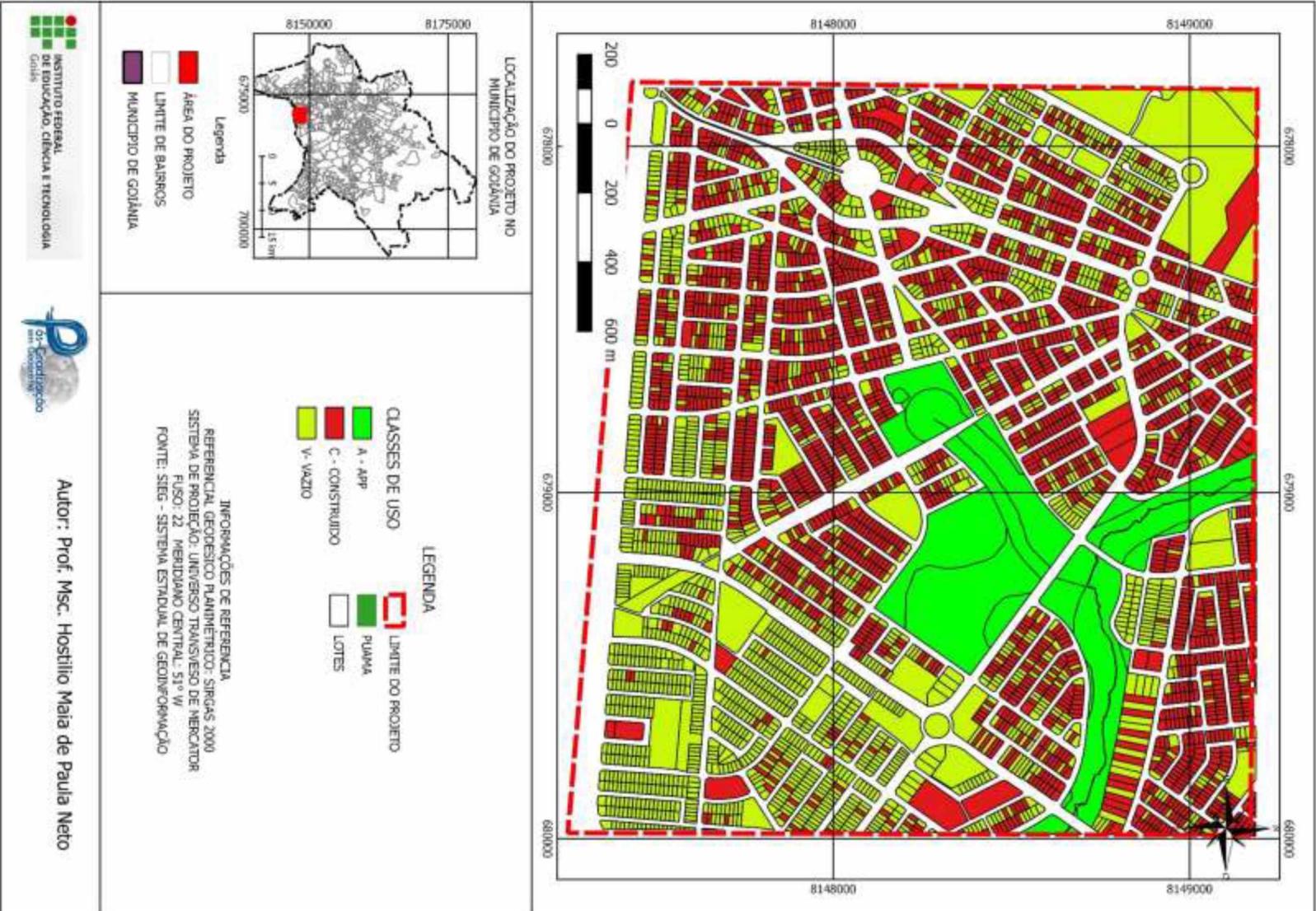
Com essa proposta, a análise do crescimento permite que se determine como a região se desenvolveu e assim propor melhoria no seu planejamento, e com estes parâmetros, mostrar a forma de ocupação de uma área. Mas, contudo, apenas a análise em uma única data não nos fornece subsídios ao estudo de como a região se desenvolveu, logo existe a necessidade de uma análise temporal para a identificação desse crescimento.

Portanto, o estudo da dinâmica de crescimento não se manteve apenas em única data, está fora desenvolvida em três épocas sendo assim determinadas nos anos de 2006, 2011 e 2016. E neste capítulo serão apresentados os resultados dessa análise com os resultados de seu crescimento.

#### **3.1.1 Análise do solo no ano de 2006**

De acordo com o fluxograma da Figura 35 foram estabelecidos as informações de entrada do mapa de uso do solo e com isto determinadas as informações do ano de 2006. Na Figura 51 é apresentado esse resultado onde foram encontrados 4871 lotes na área de estudo e assim classificados como: **A** – Área verde (APP), **C** – Área construída e **V** – Área vazia (Vazios urbanos).

Figura 51 - Mapa de uso do solo da área de estudo no ano de 2006



Para a geração do mapa uso do solo no ano de 2006 foi necessário a separação das informações em seus respectivos setores censitários conforme as informações disponibilizadas pelo IBGE, e assim poder determinar em qual região eles se encontram e quais serão as áreas com maior impacto. Com isto, os dados apresentados na Figura 51 foram separados e cruzados com as informações de cada setor produzindo as informações da Tabela 4 onde é possível identificar como cada setor se comportou.

Tabela 4 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2006

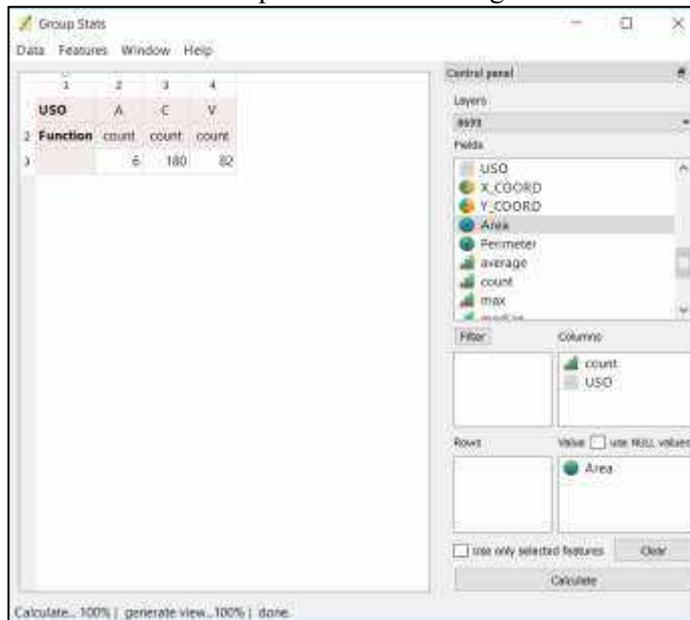
| Código dos Setores   | Uso do solo 2006   |       |                  |       |         |      | total |
|----------------------|--------------------|-------|------------------|-------|---------|------|-------|
|                      | Lotes Ocupados (C) |       | Lotes Vazios (V) |       | APP (A) |      |       |
|                      | N°                 | (%)   | N°               | (%)   | N°      | (%)  |       |
| <b>8683</b>          | 121                | 81,76 | 27               | 18,24 |         | 0    | 148   |
| <b>8684</b>          | 200                | 45,45 | 240              | 54,55 |         | 0    | 440   |
| <b>8685</b>          | 125                | 89,29 | 10               | 7,14  | 5       | 3,57 | 140   |
| <b>8686</b>          | 195                | 68,18 | 81               | 28,32 | 10      | 3,5  | 286   |
| <b>8687</b>          | 152                | 79,17 | 40               | 20,83 |         | 0    | 192   |
| <b>8688</b>          | 384                | 65,2  | 205              | 34,8  |         | 0    | 589   |
| <b>8689</b>          | 208                | 69,1  | 93               | 30,9  |         | 0    | 301   |
| <b>8690</b>          | 157                | 58,15 | 113              | 41,85 |         | 0    | 270   |
| <b>8698</b>          | 70                 | 76,09 | 22               | 23,91 |         | 0    | 92    |
| <b>8699</b>          | 180                | 67,16 | 82               | 30,6  | 6       | 2,24 | 268   |
| <b>8700</b>          | 240                | 78,18 | 67               | 21,82 |         | 0    | 307   |
| <b>8701</b>          | 182                | 81,61 | 38               | 17,04 | 3       | 1,35 | 223   |
| <b>8702</b>          | 106                | 40,93 | 153              | 59,07 |         | 0    | 259   |
| <b>8703</b>          | 27                 | 10,98 | 216              | 87,8  | 3       | 1,22 | 246   |
| <b>8704</b>          | 201                | 21,43 | 737              | 78,57 |         | 0    | 938   |
| <b>8705</b>          | 102                | 59,3  | 70               | 40,7  |         | 0    | 172   |
| <b>TOTAL / MEDIA</b> | 2650               | 54,40 | 2194             | 45,04 | 27      | 0,55 | 4871  |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para a geração dos dados da Tabela 4 foi utilizada a ferramenta **GRUPO STATS** do QGIS na qual possibilita a contagem de cada informação do setor e disponibiliza-la em uma

tabela do EXCEL, conforme apresentado na Figura 52 que apresenta a contagem do setor 8699, onde foram quantificados 6 unidades de áreas verdes (A), 180 unidades de áreas construídas (C) e 82 unidades de áreas vazias (V).

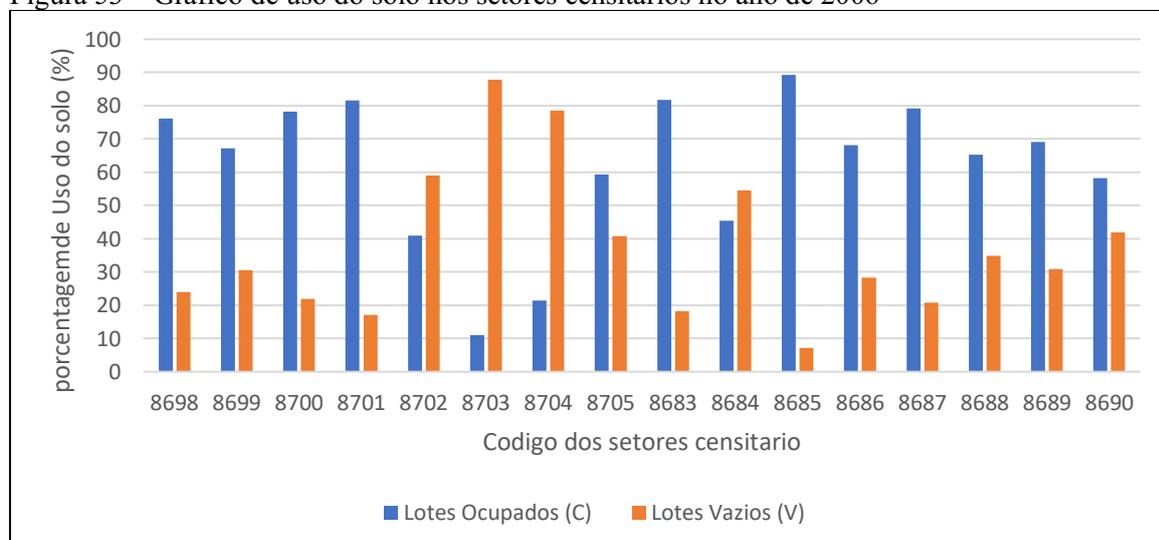
Figura 52 - Ferramenta GRUPO STATS para análise e contagem dos atributos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com as informações obtidas (Tabela 4) então as mesmas foram distribuídas em um gráfico (Figura 53) para uma melhor análise e com essa espacialização verificou-se que os setores 8702, 8703, 8704 e 8684 contêm um maior número de lotes vagos, demonstrando serem áreas com maior poder de alteração e ocupação.

Figura 53 – Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2006



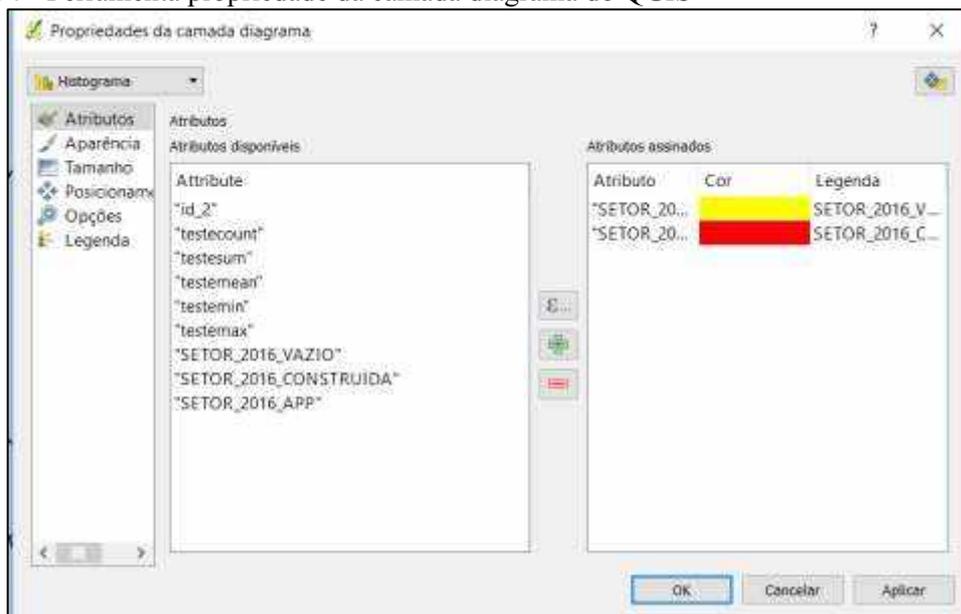
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Desta forma, pode-se observar que os setores 8702, 8703, 8704 e 8684 seriam as áreas com maior possibilidade de crescimento em contra partida, os setores 8698, 8699, 8700, 8701, 8685, 8688 8689 e 8690 contém um maior número de lotes ocupados, demonstrando área que menor possibilidade de crescimento.

Como pode-se observar na Figura 53, a distribuição do uso do solo não é uniforme, portanto, para uma análise mais detalhada do seu crescimento foi necessário à criação de um cartograma. Este possibilita a espacialização dos dados de cada setor em um gráfico e ele é plotado dentro de cada área de influência, que no caso são cada setor censitário e segundo Araujo (2008, p. 6) as representações dos espaços onde há necessidade de mostrar os elementos não se preocupa com a precisão pois sua geração já foi definida na construção dos mapas e neste sentido, a criação de cartogramas permitiu a visualização das informações nas áreas de análise.

Com isto, foi necessária a geração de uma análise por período através de seus cartogramas executados através da ferramenta **PROPRIEDADE DA CAMADA DIAGRAMA** do QGIS, (Figura 54). Esta ferramenta possibilita o cruzamento de dois ou mais atributos de uma tabela e assim a geração de um gráfico dentro de cada setor censitário indicando como está a sua distribuição.

Figura 54 - Ferramenta propriedade da camada diagrama do QGIS



Fonte: Elaborado pelo Autor.

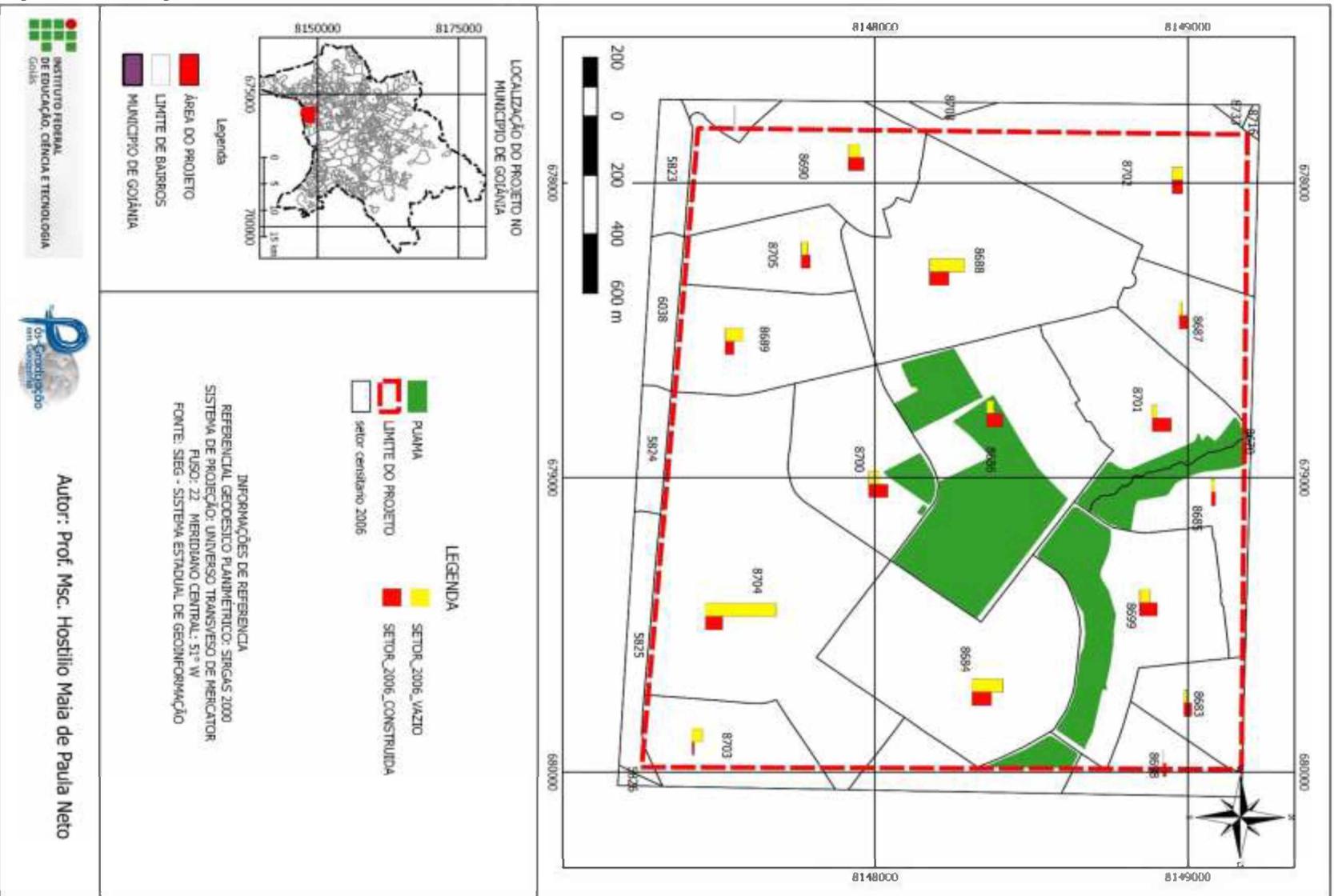
Um cuidado a ser tomado é quanto a área do parque, essa não irá ser colocada dentro de cada cartograma pois nessa etapa serão avaliados apenas o crescimento do uso e assim verificar como foi o comportamento do uso de cada lote.

Na Figura 55, pode-se verificar o resultado do cartograma de 2006. Em uma primeira análise fora determinado que os setores com crescimento acima de 50% conteriam maior probabilidade de crescimento. Neste sentido, os setores com maior potencial de alteração foram: 8684, 8702, 8703 e 8704.

Outra observação, fora que os setores 8684, 8685, 8686, 8688, 8699, 8700 e 8701 fazem limite com a área do parque, ficando à mercê de uma maior ocupação urbana. E como observado na Figura 55 no ano de 2006 estes setores já contém um maior número de lotes ocupado a exceção do setor 8684, ficando este, com a maior possibilidade de crescimento na região.

Sendo assim, a análise em apenas uma data não possibilita a afirmação que estes setores sofrerão um maior crescimento ficando a necessidade de uma avaliação dos anos de 2011 e 2016 com intuito de verificar se o crescimento é constante ou se houve uma variação nestas áreas.

Figura 55 - Cartograma de uso do solo do ano de 2006

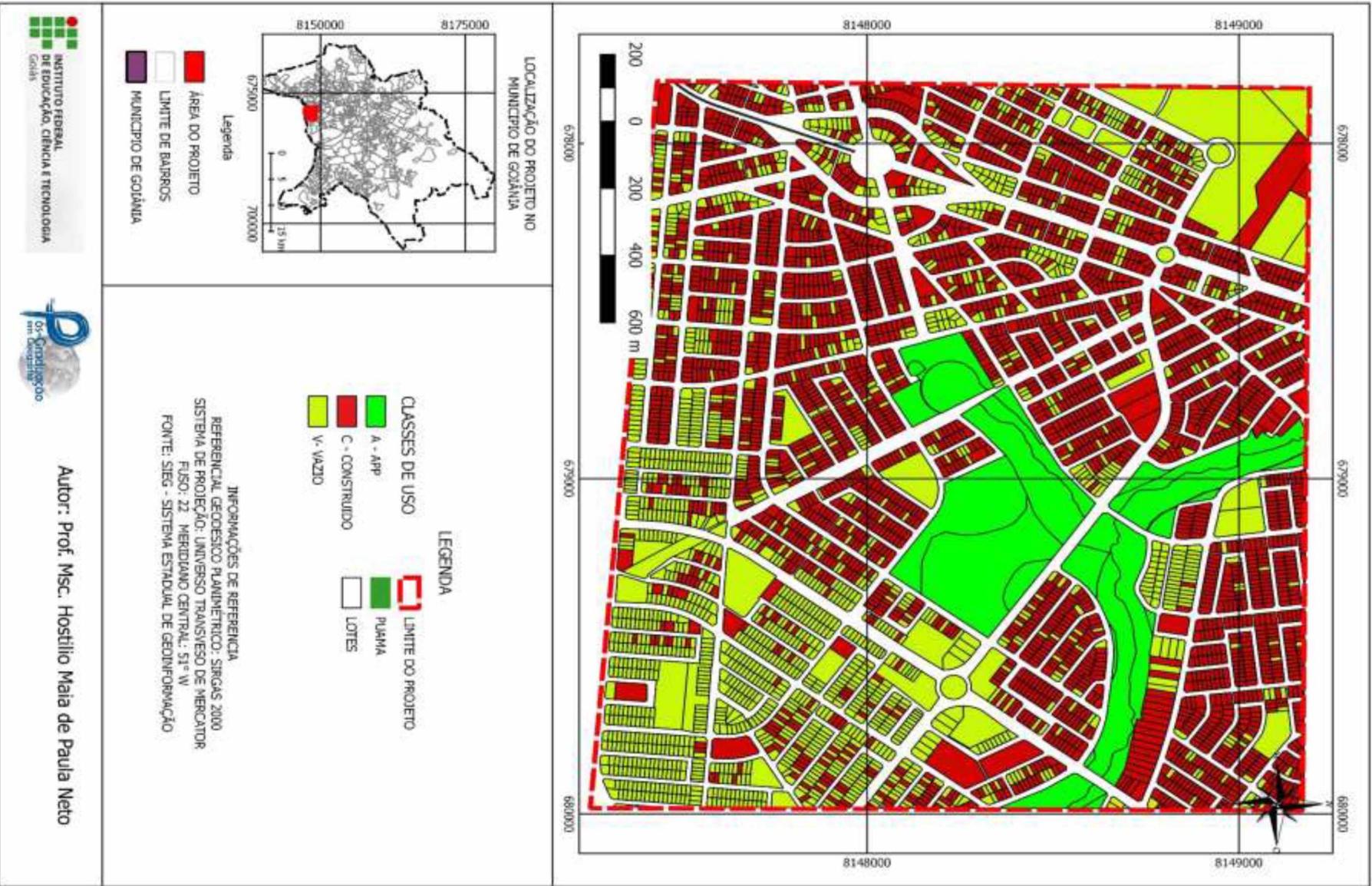


### **3.1.2 Análise do solo no ano de 2011**

Como determinados nos objetivos do projeto e de acordo com o fluxograma da Figura 35, foi estipulado que o ano de 2006 seria o ponto de partida para as análises de uso do solo e que para se determinar o crescimento da região será gerado para cada ano um mapa de uso do solo com a metodologia proposta para o ano de referência.

Logo, com a determinação do mapa de uso do solo de 2006 (Figura 51) e com a metodologia proposta, este foi utilizado como referência e assim gerou-se o mapa de uso do solo para o ano de 2011. Para se manter um padrão, o mapa base para a geração do uso do solo foi o mesmo utilizado para o ano de 2006. Esse cuidado visa padronizar a geração de cada variável, sendo assim foi utilizada a mesma base fornecida pela prefeitura de Goiânia contendo os 4871 lotes na área de estudo e classificados como: **A** – Área verde (APP), **C** – Área construída e **V** – Área vazia (Vazios urbanos). Com a base definida utilizou-se a imagem de 2011 no aplicativo QGIS e gerou-se o mapa da Figura 56 onde são apresentados os usos dos solos encontrados na área para o referido ano.

Figura 56 - Mapa de uso do solo no ano de 2011



Seguindo a metodologia aplicada no ano de 2006, foi utilizada a ferramenta **GRUPO STATS** (Figura 52) para contagem de cada informação do ano de 2011 permitindo a montagem da Tabela 5 e separando os usos de cada setor no referido ano.

Tabela 5 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2011

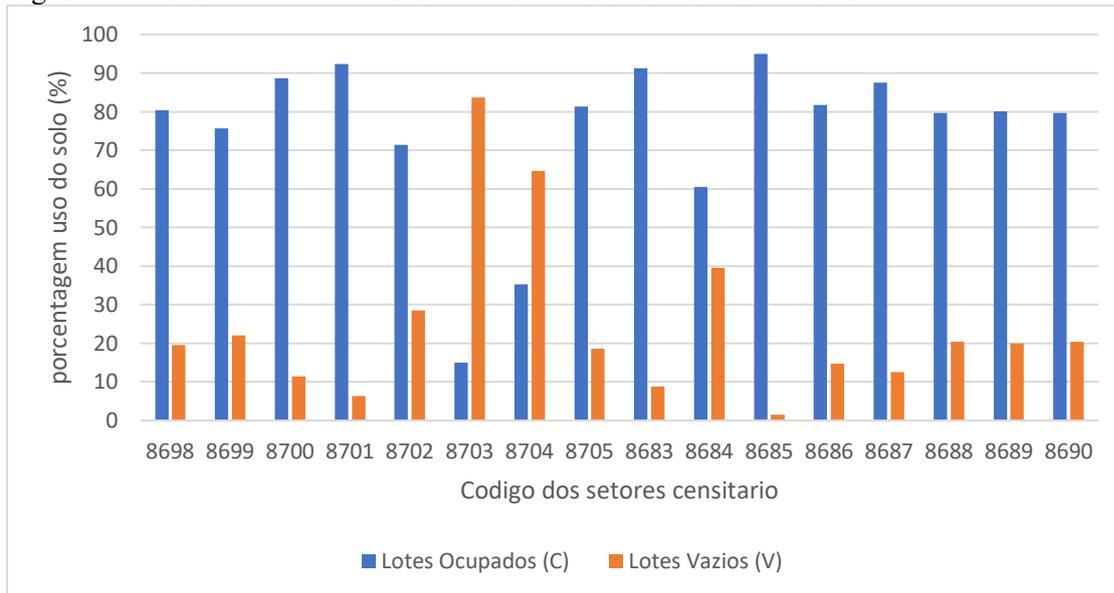
| Código dos Setores   | Uso do solo 2011   |       |                  |       |         |      |       |
|----------------------|--------------------|-------|------------------|-------|---------|------|-------|
|                      | Lotes Ocupados (C) |       | Lotes Vazios (V) |       | APP (A) |      | total |
|                      | N°                 | (%)   | N°               | (%)   | N°      | (%)  |       |
| 8683                 | 131                | 88,51 | 17               | 11,49 |         | 0    | 148   |
| 8684                 | 249                | 56,59 | 191              | 43,41 |         | 0    | 440   |
| 8685                 | 129                | 92,14 | 6                | 4,29  | 5       | 3,57 | 140   |
| 8686                 | 227                | 79,37 | 49               | 17,13 | 10      | 3,5  | 286   |
| 8687                 | 167                | 86,98 | 25               | 13,02 |         | 0    | 192   |
| 8688                 | 440                | 74,7  | 149              | 25,3  |         | 0    | 589   |
| 8689                 | 229                | 76,08 | 72               | 23,92 |         | 0    | 301   |
| 8690                 | 186                | 68,89 | 84               | 31,11 |         | 0    | 270   |
| 8698                 | 72                 | 78,26 | 20               | 21,74 |         | 0    | 92    |
| 8699                 | 196                | 73,41 | 65               | 24,34 | 6       | 2,25 | 267   |
| 8700                 | 257                | 83,44 | 51               | 16,56 |         | 0    | 308   |
| 8701                 | 200                | 89,69 | 20               | 8,97  | 3       | 1,35 | 223   |
| 8702                 | 153                | 59,07 | 106              | 40,93 |         | 0    | 259   |
| 8703                 | 35                 | 14,23 | 208              | 84,55 | 3       | 1,22 | 246   |
| 8704                 | 256                | 27,29 | 682              | 72,71 |         | 0    | 938   |
| 8705                 | 129                | 75    | 43               | 25    |         | 0    | 172   |
| <b>TOTAL / MEDIA</b> | 3056               | 62,74 | 1788             | 36,71 | 27      | 0,55 | 4871  |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para se obter uma melhor visualização das informações geradas, elas foram distribuídas em um gráfico de barra (Figura 57). Neste é possível analisar em qual (ou quais) setores contêm a maior concentração de lotes vagos. Esta indicação permite avaliar em qual região se concentra a maior possibilidade de crescimento, e observando a Figura 57 é possível verificar que os setores 8703 e 8704 continuam com essa maior concentração, demonstrando que o seu crescimento ao longo de 2006 e 2011 fora considerável, tendo um aumento nas áreas ocupadas de 10,98% para 14,23% de crescimento para o setor 8703 e de 21,43% para 27,29% de crescimento para o setor 8704.

Com isto é possível verificar que os dois setores apresentam uma maior possibilidade de crescimento ao longo do período de análise.

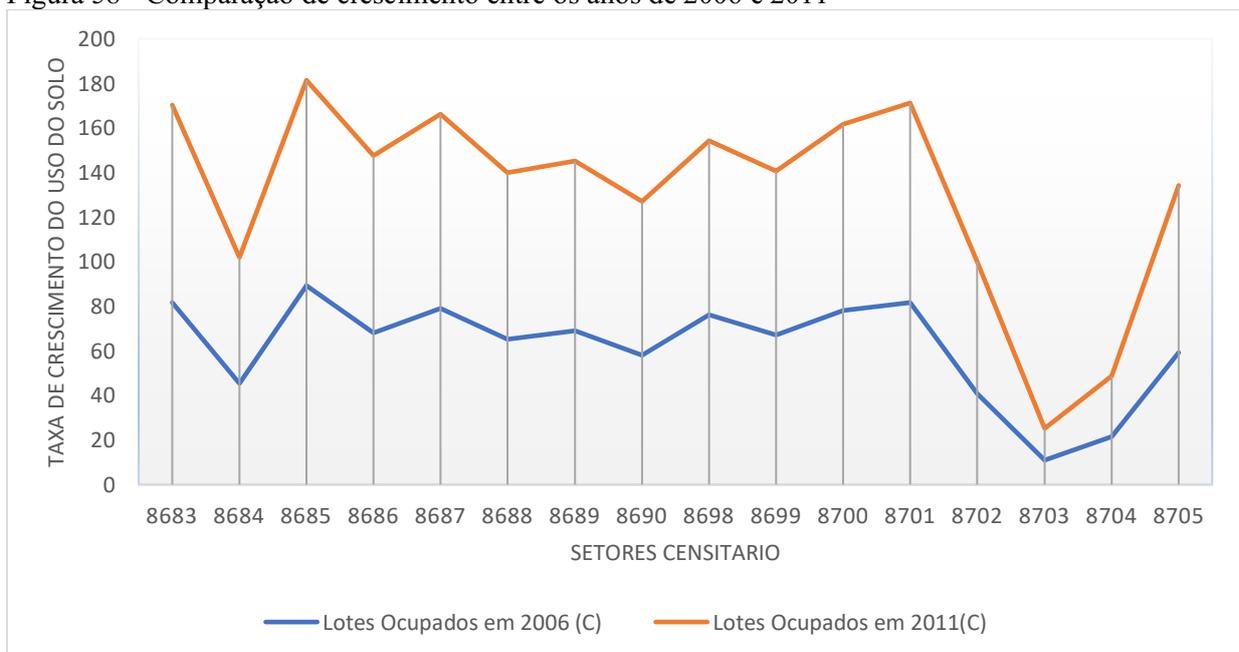
Figura 57 - Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2011



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Contudo ao se analisar os anos de 2006 e 2011, nota-se que o crescimento na região vem se mantendo (Figura 58), mostrando que a região ao entorno do parque vem aumentando a sua ocupação (setores 8685, 8699, 8684, 8700, 8688 e 8701) passando de 54,40% em 2006 para 62,74 % em 2011. Demonstrando que a região está crescendo a uma taxa de 15,33% nesse período.

Figura 58 - Comparação de crescimento entre os anos de 2006 e 2011

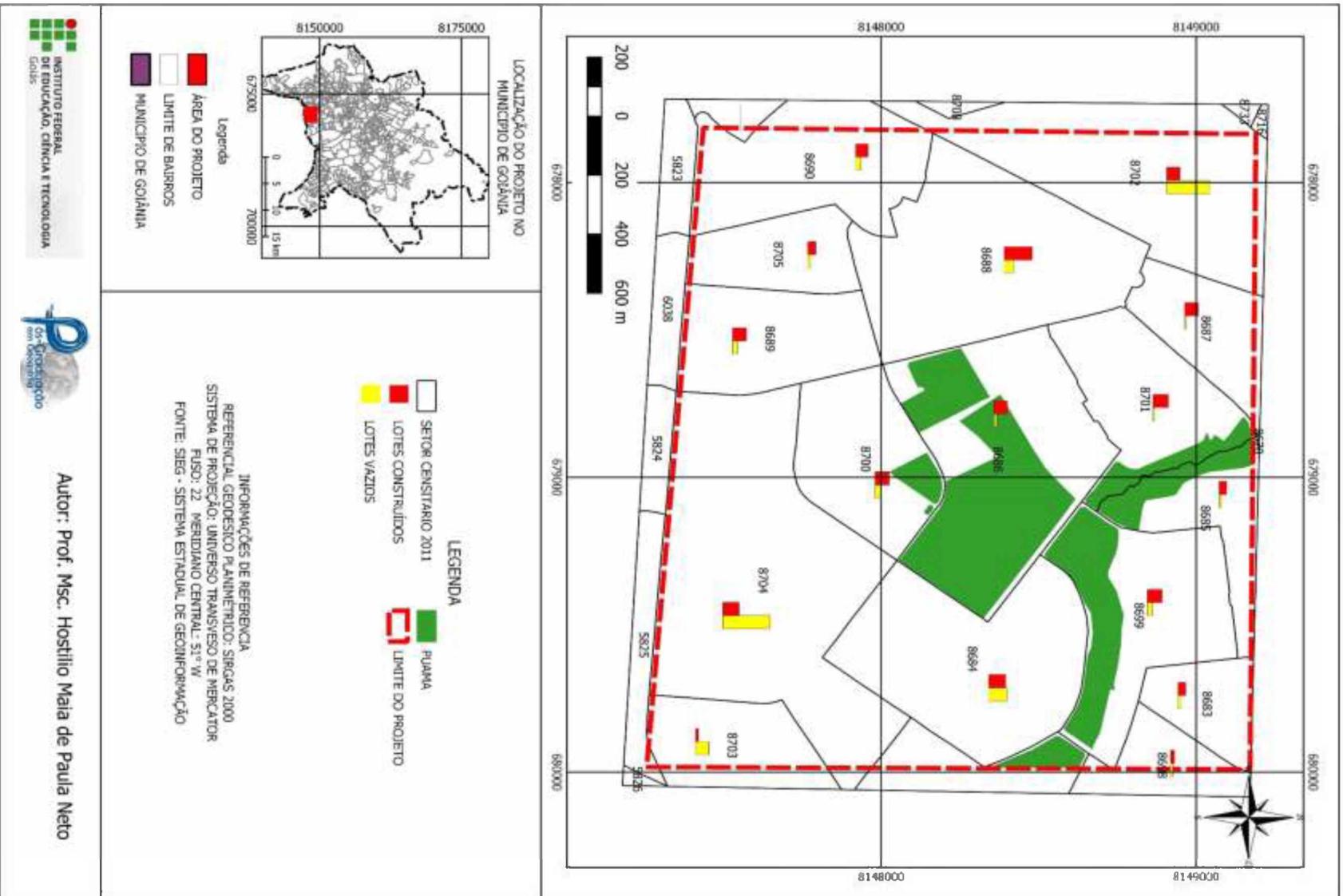


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para uma melhor visualização desse crescimento, foi gerado o CARTOGRAMA para o ano de 2011 (Figura 56) com o intuito de verificar onde esse crescimento está presente se próximo ao parque ou não. Com a geração do CARTOGRAMA é possível verificar que todos os setores obtiveram um crescimento na sua taxa de ocupação, e pela proximidade ao parque, o setor 8684, apresenta um crescimento de 24,51%, demonstrando em uma primeira análise que a sua proximidade ao parque vem influenciando no seu crescimento, ou seja com a implantação do parque e com a possibilidade de lotes vagos (com uma maior proximidade ao mesmo) esse setor tende a se destacar no seu crescimento.

Com isto, a geração de uma terceira análise no ano de 2016 nos mostrara se o seu crescimento fora constante ou somente uma característica de crescimento que não é influenciada pela construção do parque.

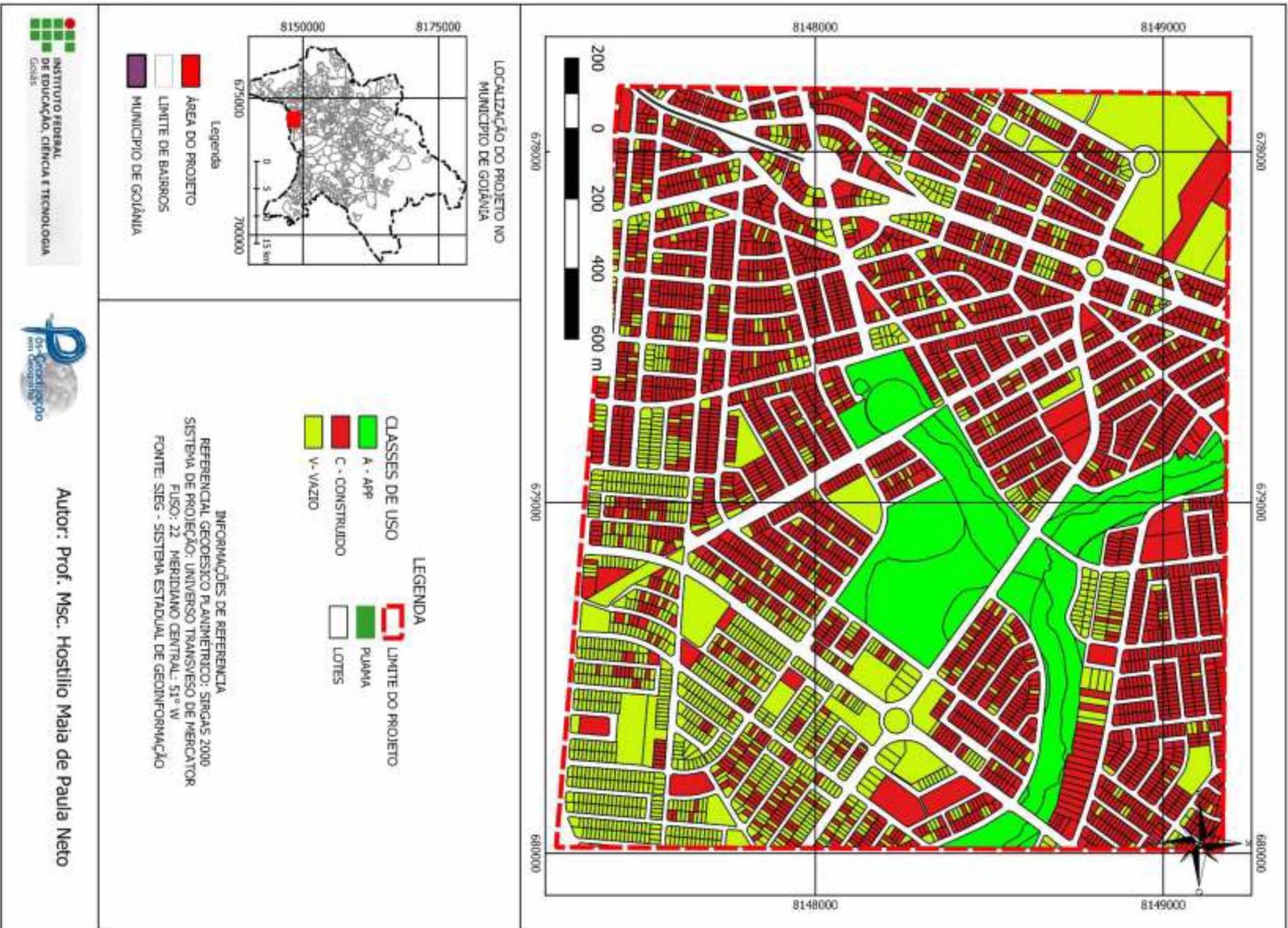
Figura 59 - Cartograma de uso do solo do ano de 2011



### **3.1.3 Análise do solo no ano de 2016**

Como trabalhado nos anos de 2006 e 2011, verificou um crescimento em média de 15,33% nos dois períodos de análise, desta forma, o levantamento no ano de 2016 será utilizado para verificar se esse crescimento se confirma. E para manter a correspondência com os dados de 2006 e 2011 foi utilizada a mesma base fornecida pela prefeitura de Goiânia contendo os 4871 lotes na área de estudo e assim classificados como: **A** – Área verde (APP), **C** – Área construída e **V** – Área vazia (Vazios urbanos). Com a base definida, utilizou-se a imagem de 2016 no aplicativo QGIS e gerou-se o mapa apresentado na Figura 60, onde são apresentados os usos do solo encontrados na área para o referido ano.

Figura 60 - Mapa de uso do solo no ano 2016



Seguindo a metodologia aplicada no ano de 2006, foi utilizada a ferramenta **GRUPO STATS** (Figura 52) para contagem de cada informação do ano de 2016 permitindo a montagem da Tabela 6 e separando os usos de cada setor no referido ano.

Tabela 6 - Distribuição do uso do solo da área de estudo para o ano de 2016

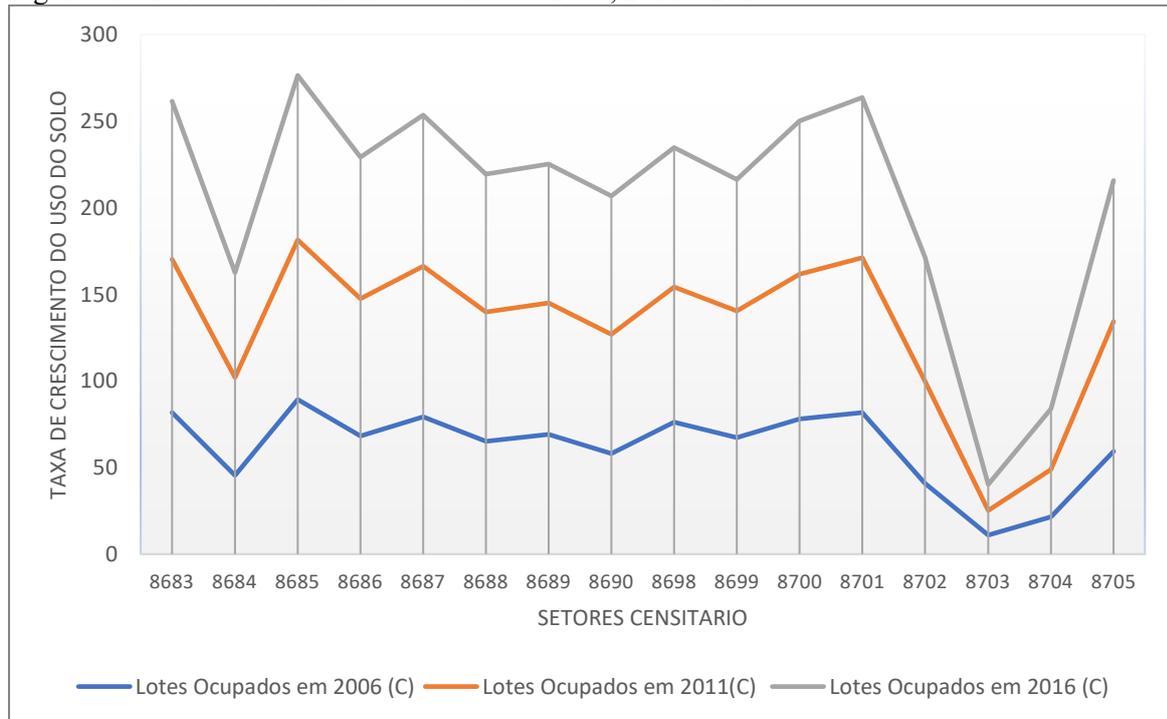
| Código dos Setores   | Uso do solo 2016   |       |                  |       |         |      |       |
|----------------------|--------------------|-------|------------------|-------|---------|------|-------|
|                      | Lotes Ocupados (C) |       | Lotes Vazios (V) |       | APP (A) |      | total |
|                      | Nº                 | (%)   | Nº               | (%)   | Nº      | (%)  |       |
| <b>8683</b>          | 135                | 91,22 | 13               | 8,78  |         | 0    | 148   |
| <b>8684</b>          | 266                | 60,45 | 174              | 39,55 |         | 0    | 440   |
| <b>8685</b>          | 132                | 94,96 | 3                | 1,44  | 5       | 3,6  | 140   |
| <b>8686</b>          | 234                | 81,82 | 42               | 14,69 | 10      | 3,5  | 286   |
| <b>8687</b>          | 168                | 87,5  | 24               | 12,5  |         | 0    | 192   |
| <b>8688</b>          | 469                | 79,63 | 120              | 20,37 |         | 0    | 589   |
| <b>8689</b>          | 241                | 80,07 | 60               | 19,93 |         | 0    | 301   |
| <b>8690</b>          | 215                | 79,63 | 55               | 20,37 |         | 0    | 270   |
| <b>8698</b>          | 74                 | 80,43 | 18               | 19,57 |         | 0    | 92    |
| <b>8699</b>          | 202                | 75,66 | 59               | 22,1  | 6       | 2,25 | 267   |
| <b>8700</b>          | 273                | 88,64 | 35               | 11,36 |         | 0    | 308   |
| <b>8701</b>          | 206                | 92,38 | 13               | 5,83  | 4       | 1,79 | 223   |
| <b>8702</b>          | 185                | 71,43 | 74               | 28,57 |         | 0    | 259   |
| <b>8703</b>          | 37                 | 15,04 | 206              | 83,74 | 3       | 1,22 | 246   |
| <b>8704</b>          | 331                | 35,29 | 607              | 64,71 |         | 0    | 938   |
| <b>8705</b>          | 140                | 81,4  | 32               | 18,6  |         | 0    | 172   |
| <b>TOTAL / MEDIA</b> | 3308               | 67,93 | 1535             | 31,50 | 28      | 0,57 | 4870  |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como apresentado nos anos de 2006 e 2011 o seu crescimento foi em média de 15,33% e assim uma análise no ano de 2016 fora necessária, com o levantamento da na Tabela 6, pode-se comparar os três períodos de análise (2006, 2011 e 2016) como apresentado na Figura 61. Nesta é possível verificar que o crescimento ao longo do período de análise se mostra em queda passando dos 15,33 % nos anos de 2006 a 2011 para 8,25% para o período de 2011 a 2016.

Esta análise nos mostra que a região vem diminuindo o seu crescimento, este se mostra uma tendência do município de Goiânia como apresentado na Figura 10, que com os dados do IBGE mostrou que a taxa de ocupação do município veem diminuído nesse período, e este fato segundo o IBGE se deve a crise econômica do período de 2014.

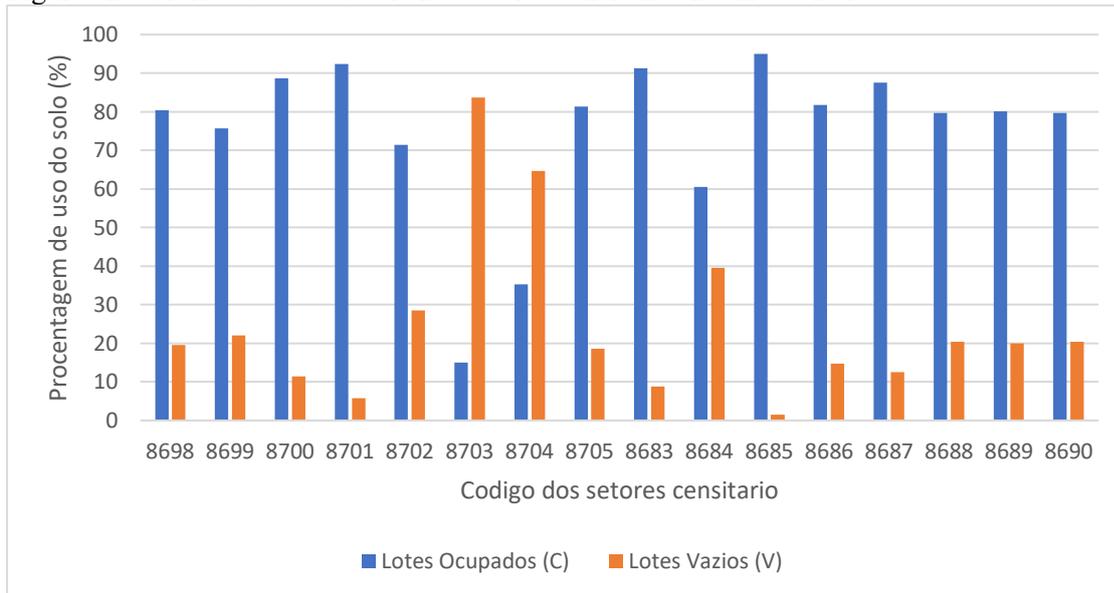
Figura 61 - Taxa de Crescimento dos anos de 2006, 2011 e 2016



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto a região está se mostrando com um crescimento menor que o apresentado nos períodos anteriores e para se obter uma melhor visualização das informações geradas, a mesma fora distribuída em um gráfico de barra (Figura 62) e neste é possível analisar em qual (ou quais) setores contém o maior concentração de lotes vagos e ocupados. Esta indicação permite avaliar em qual região se concentra a maior possibilidade de crescimento, e observando as informações da Figura 57 e a Tabela 6 e possível verificar que os setores 8703 e 8704 continuam com essa maior concentração de lotes vagos e com isso uma maior possibilidade de crescimento, porem como visto nos anos de 2006, 2011 e 2016 esses setores aparecem com menor crescimento e assim não sofrendo influência da construção do parque (Figura 61).

Figura 62 - Gráfico de uso do solo nos setores censitários no ano de 2016

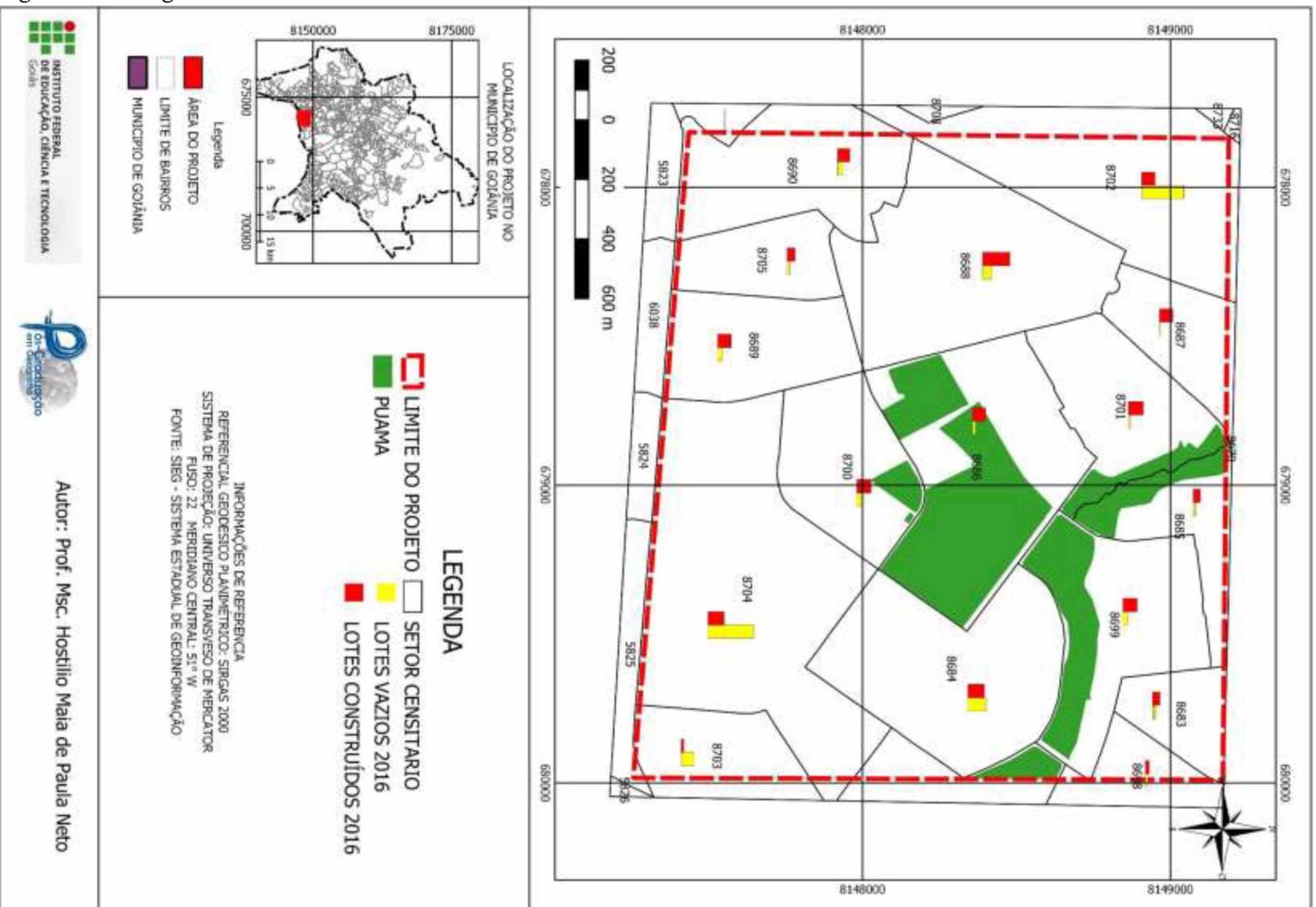


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para uma melhor visualização desse crescimento, foi gerado o CARTOGRAMA para o ano de 2016 (Figura 63) neste é possível observar que as áreas ao entorno do parque continuam com o maior crescimento, apresentando assim que o mesmo vem influenciando no crescimento da região.

Portanto com os dados gerados nos três períodos os mesmos nos mostraram que o crescimento da região vê sendo influenciado pela criação do parque mostrando que a região ao entorno se concentra o seu maior crescimento.

Figura 63 - Cartograma de uso do solo do ano de 2016



### 3.1.4 Avaliação do crescimento do uso do solo

Como visto no capítulo 3.1.3, o crescimento do uso do solo não foi regular, este nos mostrou que em cada ano de análise a região se comportou diferentemente, assim foi necessário a análise por período e com isto pode-se estabelecer uma relação de crescimento e verificar em qual região ocorreu a maior e a menor alteração.

E para verificar esse crescimento foi aplicada a Equação (5) e gerada a Tabela 7 apresentando assim a taxa de crescimento para cada setor, este por sua vez foi tabelado em períodos de 2006 a 2011 que representa o início da construção do parque e de 2011 a 2016 que representa a implantação do mesmo.

Tabela 7 - Taxa de crescimento do uso do solo

| Taxa de crescimento (%) |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Cod_setor               | 2006-2011 | 2011-2016 |
| 8698                    | 2,78      | 2,7       |
| 8683                    | 5,34      | 2,96      |
| 8684                    | 20,48     | 6,39      |
| 8685                    | 3,1       | 2,27      |
| 8686                    | 14,1      | 2,99      |
| 8687                    | 8,98      | 0,6       |
| 8688                    | 12,73     | 6,18      |
| 8689                    | 9,17      | 4,98      |
| 8690                    | 15,59     | 13,49     |
| 8699                    | 8,16      | 2,97      |
| 8700                    | 6,61      | 5,86      |
| 8701                    | 9         | 2,91      |
| 8702                    | 30,72     | 17,3      |
| 8703                    | 22,86     | 5,41      |
| 8704                    | 21,48     | 22,66     |
| 8705                    | 20,93     | 7,86      |

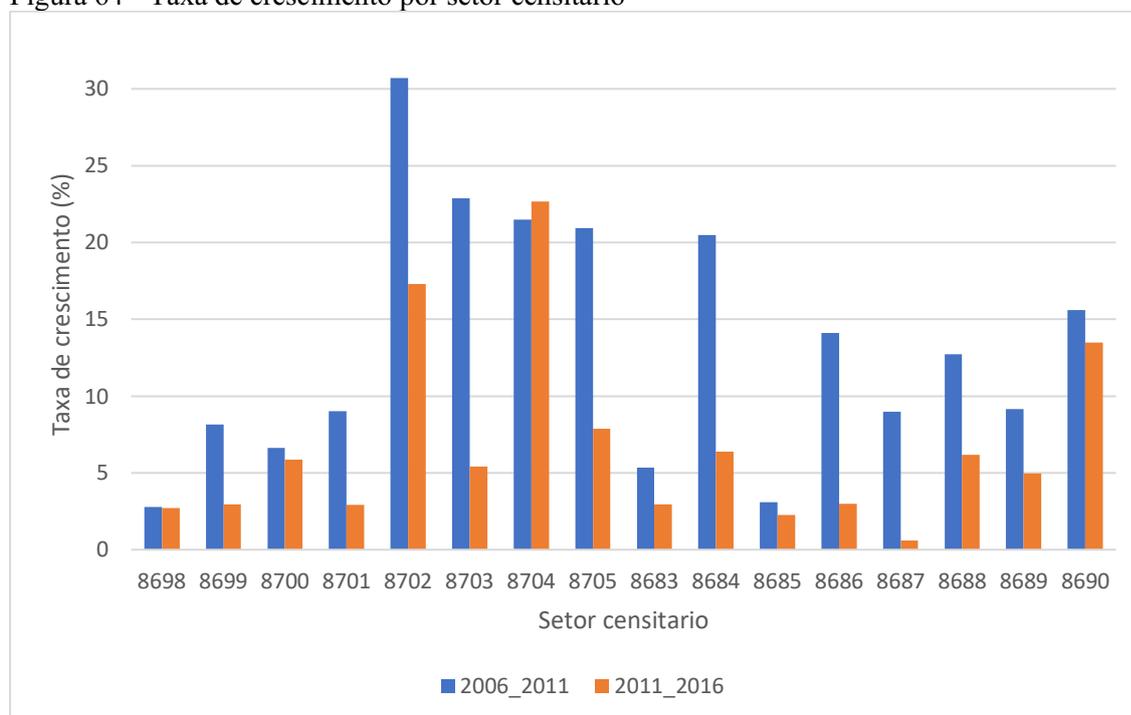
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como apresentado na Tabela 7 o crescimento da região no início da análise (2006-2011) é mais incisivo tendo em média um crescimento de 15,33% e com isto algumas áreas se destacam como os setores 8684, 8702, 8703, 8704 e 8705 cresceram acima dessa media. E como o setor 8684 se encontra no entorno do parque, este se mostra com maior possibilidade de alteração devido a criação do parque.

Outro setor a se destacar nesse crescimento é a área 8702 onde o seu crescimento no período de 2006 a 2011 atingiu 30,72 % de crescimento, evidenciando uma especulação imobiliária crescente na região.

Porém, entre os anos de 2011 e 2016 este crescimento não se mostrou contínuo, um fator que pode se averiguar é que em algumas regiões os crescimentos foram mínimos chegando a 0,60 % (Figura 64).

Figura 64 - Taxa de crescimento por setor censitário



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como visto nos dados apresentados na Figura 64 o crescimento da região não ocorre de forma ordenada, porém isto já era esperado, e para uma melhor organização foi estipulado uma separação dos dados em 5 (cinco) de crescimento: BAIXO, BAIXO MÉDIO, MÉDIO, MÉDIO ALTO E ALTO (Tabela 8).

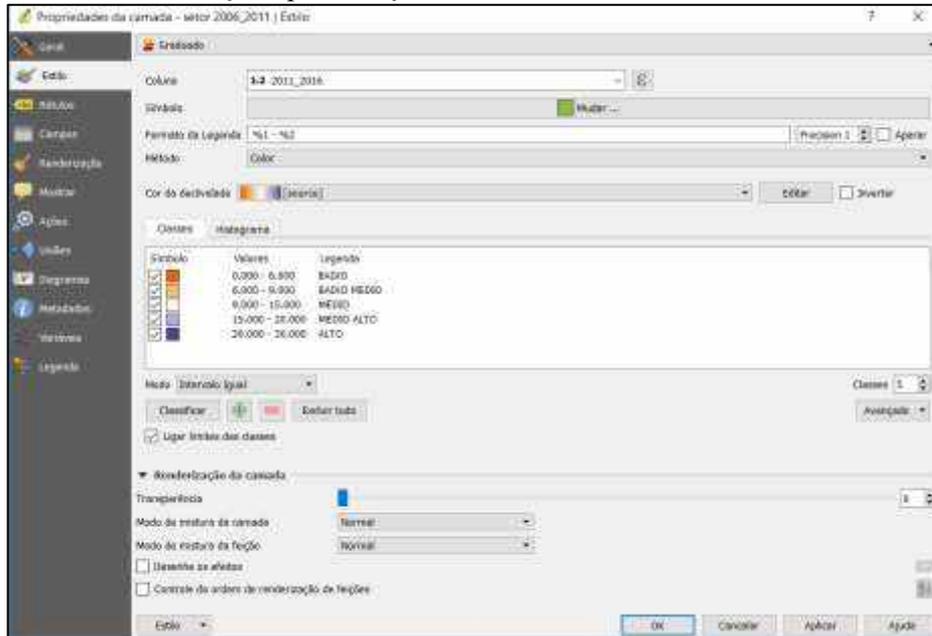
Tabela 8 - Intervalo de avaliação do crescimento

| INTERVALO (%) | CATEGORIA  |
|---------------|------------|
| 0 – 6 %       | BAIXO      |
| 6 – 9 %       | BAIXO ALTO |
| 9 – 15 %      | MÉDIO      |
| 15 – 20%      | MÉDIO ALTO |
| ACIMA DE 20 % | ALTO       |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As classes foram definidas de acordo com os dados e os mesmo foram tabelados com o uso da ferramenta do QGIS – **PROPRIEDADE DA CAMADA**, este gerou os intervalos para cada classe como apresentado na Figura 65.

Figura 65 - Ferramenta do QGIS para criação dos intervalos de crescimento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após essa análise foi possível a criação dos mapas de cada época, de 2006 a 2011 e de 2011 a 2016. Nas Figura 66 e Figura 67 são apresentadas a distribuição do crescimento de cada época.

Figura 66 - Mapa com os intervalos de crescimento no período de 2006 a 2011

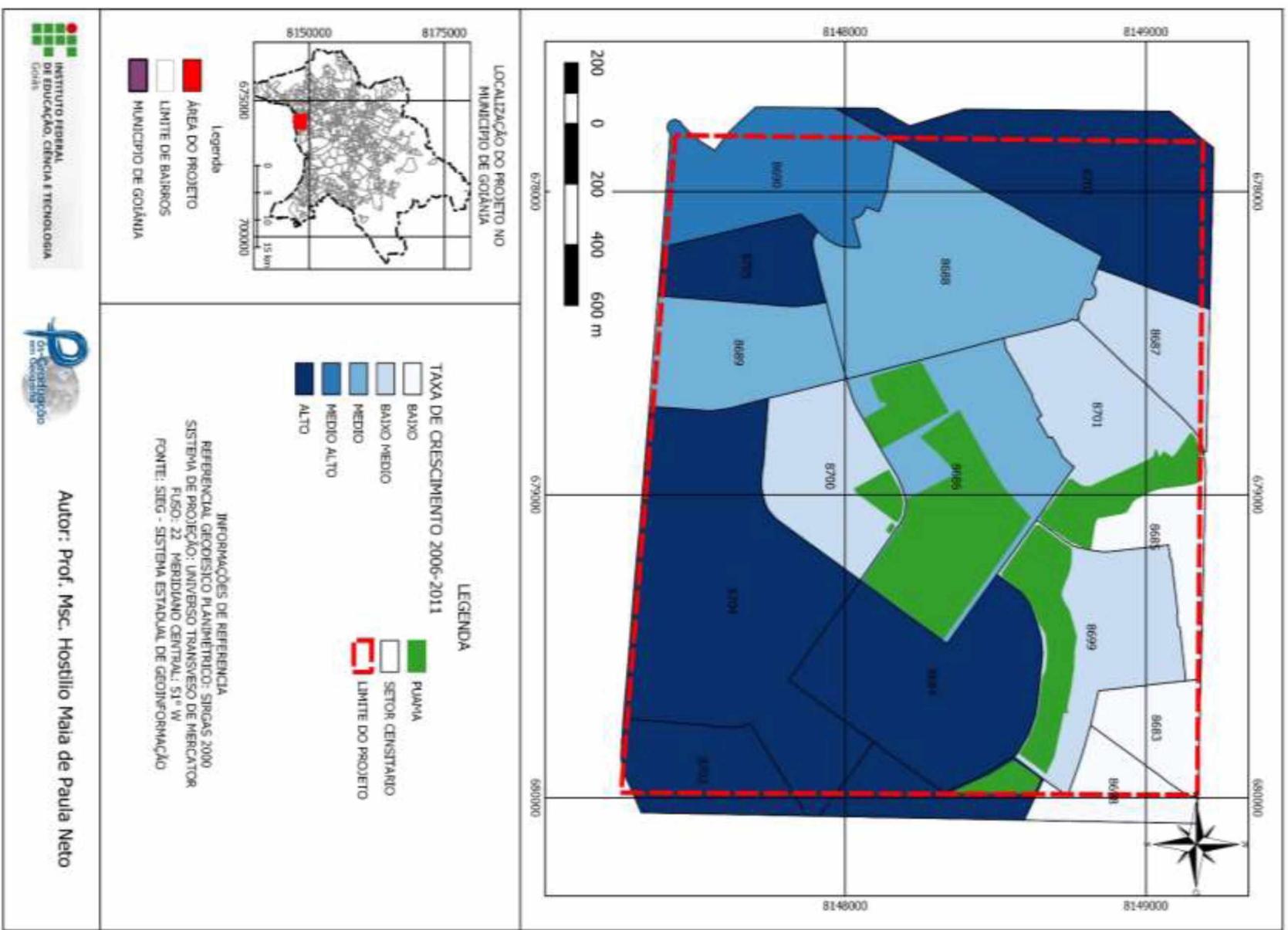
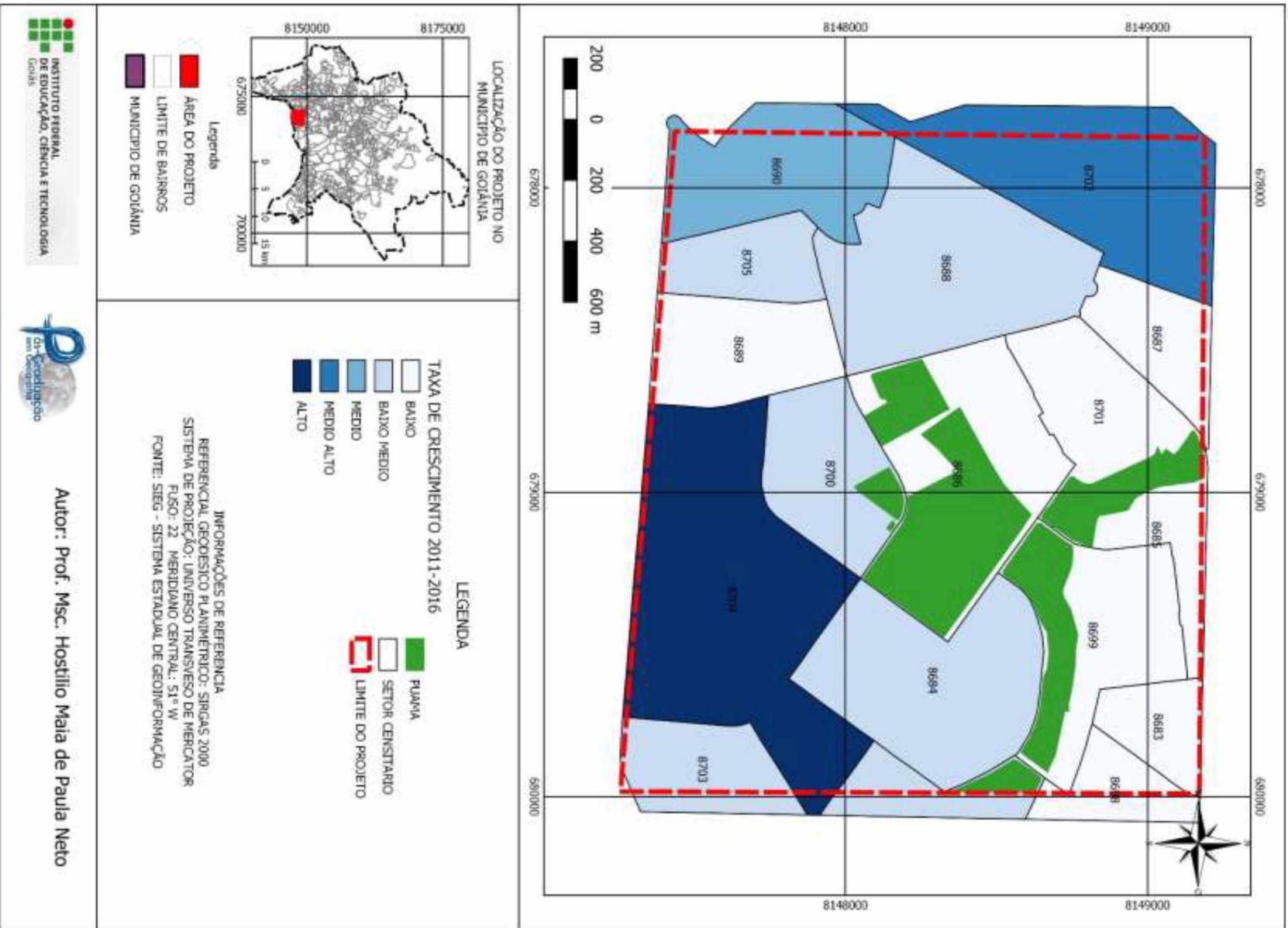


Figura 67 - Mapa com os intervalos de crescimento no período de 2011 a 2016



Com os dados especializados (Figura 66 e Figura 67) indicam que o setor 8704 contém um crescimento que aparentemente está alinhado com a implantação do parque, e o setor 8684 que se localiza ao longo do parque na sua implantação aparece com um crescimento acima da média do município de Goiânia que para o ano de 2011 foi de 1,55% (Figura 10), porém como pode ser visto com os dados apresentados o entorno do parque sofre uma diminuição em seu crescimento que em média no período de 2006 a 2011 teve um crescimento em média de 13,25% e no período de 2011 a 2016 essa média reduz para 6,72%.

Contudo, o parque PUAMA no período de sua implantação apresenta um crescimento acentuado não menor que 2,78% mostrando que a especulação imobiliária no início foi muito forte, porém, esse crescimento foi diminuindo ao longo do período de implantação (2011 a 2016) e ficando as áreas mais próximas ao parque, os setores 8684, 8688 e 8704, com um crescimento acima de 6,18%, e vale destacar que no setor 8704 o seu crescimento foi de 22,66% demonstrando uma maior ocupação do solo no período.

Portanto, com relação à variável uso do solo, está nos mostrou que a área ao entorno do parque vem crescendo e se desenvolvendo ao longo de sua implantação. Desta forma, a visualização da variável população poderá nos confirmar se com o crescimento do uso do solo, o aumento da população na região, ocorreu de forma igualitária ao uso do solo, ou se houve uma especulação imobiliária no crescimento dessa população

### **3.2 Análise do crescimento populacional**

Neste capítulo serão apresentados os resultados da contagem da população, este será dividido em três etapas sendo a primeira a descrição da população na área do projeto, em seguida a parametrização dentro do aplicativo QGIS e pôr fim a estruturação dos índices de crescimento de cada região.

#### **3.2.1 Distribuição da população**

Na análise da população, o primeiro passo foi a contagem desta população na área do projeto. Como os dados a serem utilizados foram disponibilizados pelo IBGE, estes se encontram em setores censitários e toda a base fora adequada a essa realidade. Contudo, a contagem da população feita pelo órgão, ocorrendo em duas etapas sendo uma no ano de 2000 e a outra em 2010. Neste sentido, a contagem da população seguiu as referências

dadas pelo censo do IBGE onde a contagem da população é dada pela população residente no domicílio na data de referência de cada censo (IBGE, 2011).

Para esta ação foi determinado que o ano de 2010 é o ano de referência para a população e os anos de 2006, 2011 e 2016 foram calculados segundo as estimativas aplicadas pelo IBGE (Tabela 9).

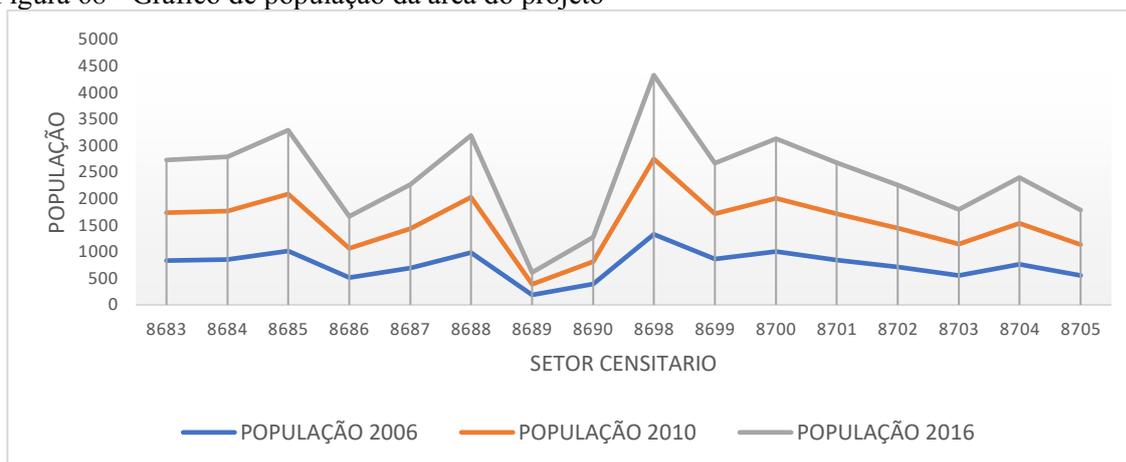
Tabela 9 - Tabela com os dados de população de cada setor

| <b>COD_SETOR</b> | <b>2006</b> | <b>2011</b> | <b>2016</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>5825</b>      | 1504        | 1606        | 1787        |
| <b>8683</b>      | 839         | 896         | 997         |
| <b>8684</b>      | 856         | 914         | 1017        |
| <b>8685</b>      | 1011        | 1079        | 1200        |
| <b>8686</b>      | 513         | 548         | 609         |
| <b>8687</b>      | 696         | 743         | 826         |
| <b>8688</b>      | 981         | 1047        | 1165        |
| <b>8689</b>      | 188         | 201         | 223         |
| <b>8690</b>      | 392         | 419         | 466         |
| <b>8698</b>      | 1330        | 1420        | 1580        |
| <b>8699</b>      | 867         | 855         | 951         |
| <b>8700</b>      | 1007        | 1004        | 1117        |
| <b>8701</b>      | 845         | 870         | 968         |
| <b>8702</b>      | 714         | 734         | 816         |
| <b>8703</b>      | 556         | 589         | 655         |
| <b>8704</b>      | 766         | 773         | 860         |
| <b>8733</b>      | 276         | 295         | 328         |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nos dados apresentados na Tabela 9, é possível verificar que cada setor censitário obteve um crescimento que a princípio não pode ser avaliado de forma isolada. Já no gráfico apresentado na Figura 68 elaborado a partir dos dados da Tabela 9 é possível verificar o aumento da população em cada setor censitário, com destaque para o setor 8698 que apresentou o maior crescimento da população entre o período de análise.

Figura 68 - Gráfico de população da área do projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto com os dados apresentados na Figura 68, a população da área do projeto contém uma distribuição não uniforme, assim as Figura 69, Figura 70 e Figura 71 apresentam essa distribuição para os anos de 2006, 2011 e 2016, respectivamente.

Figura 69 - Mapa da população do ano de 2006

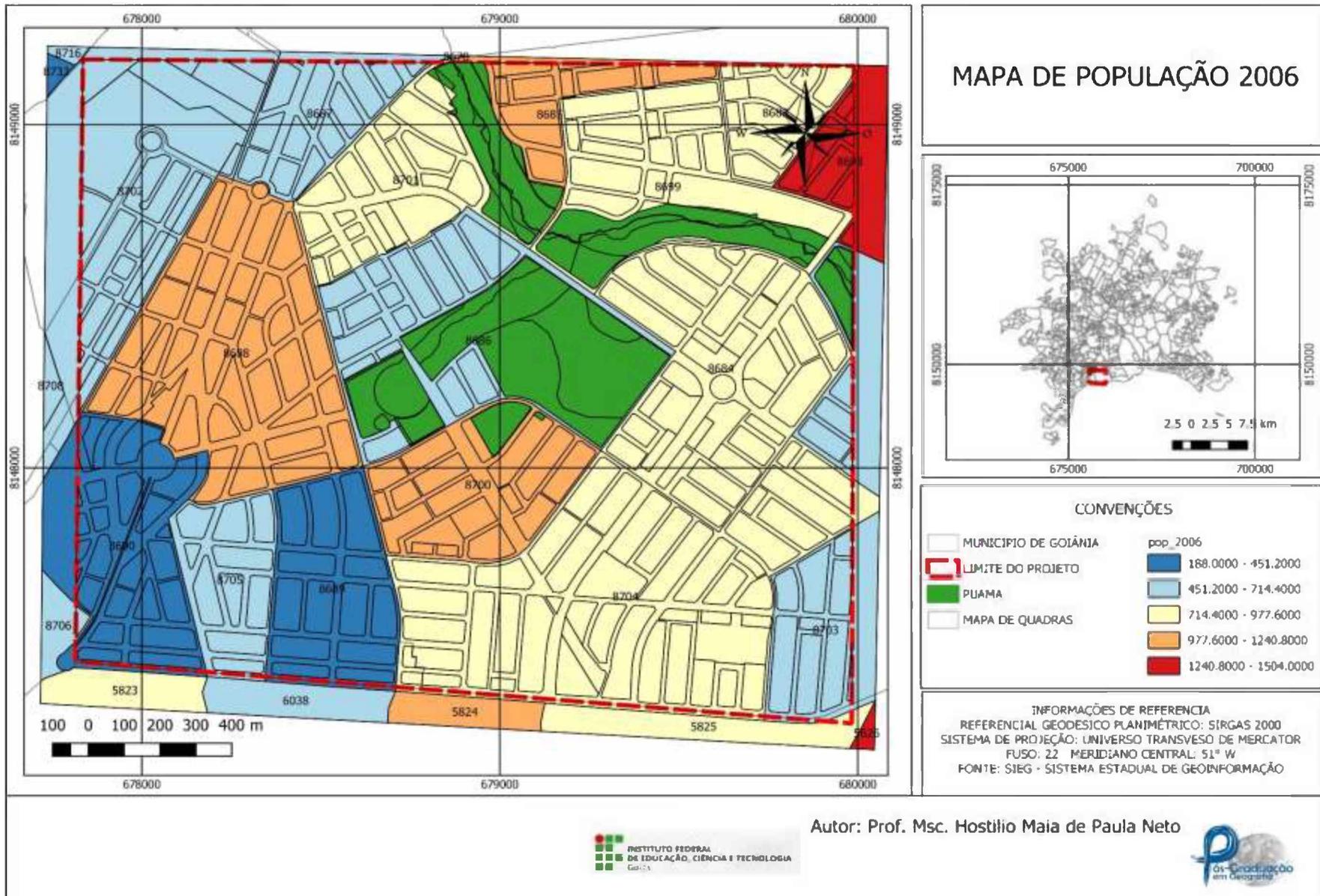


Figura 70 - Mapa da população do ano de 2011

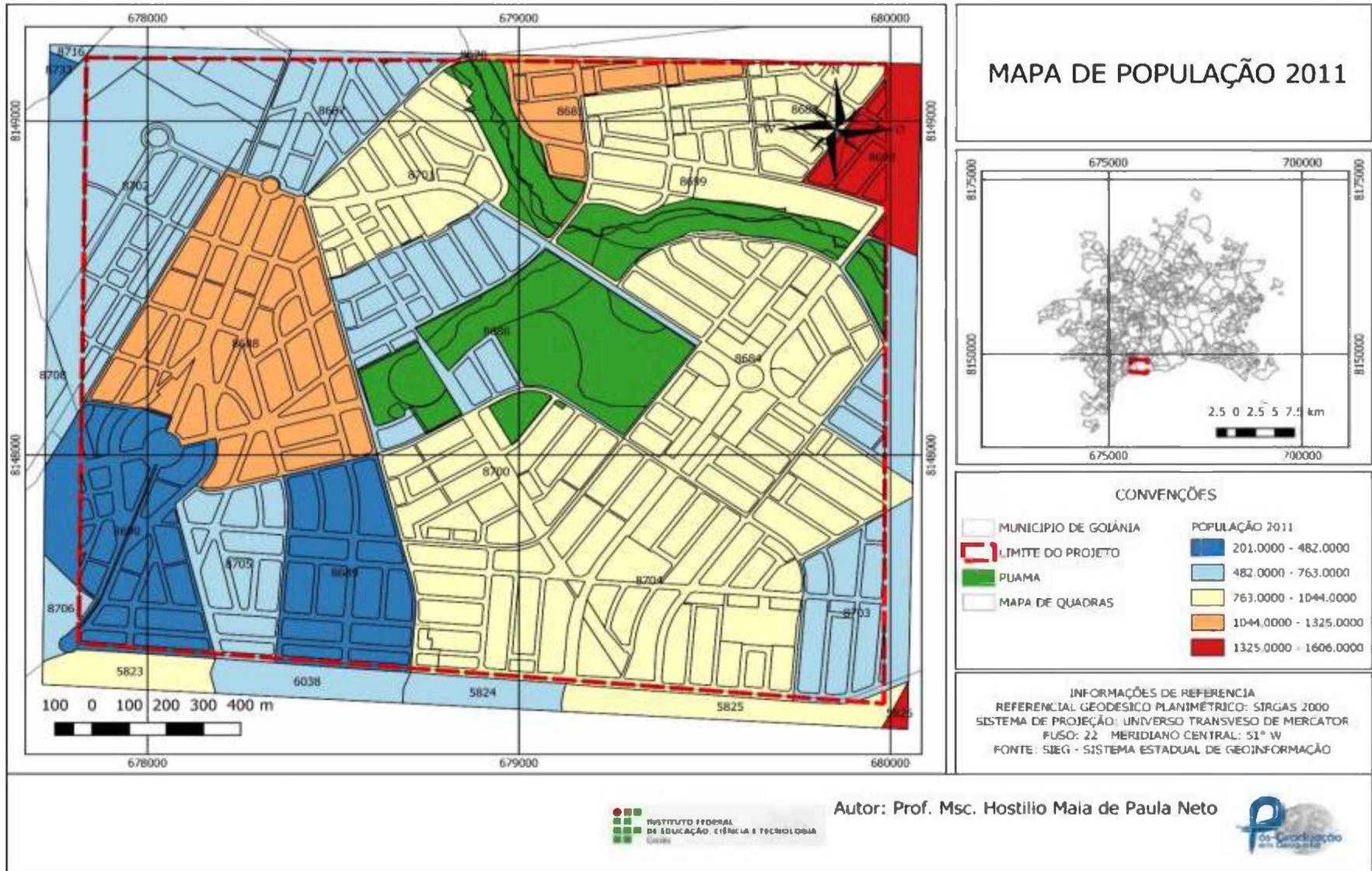
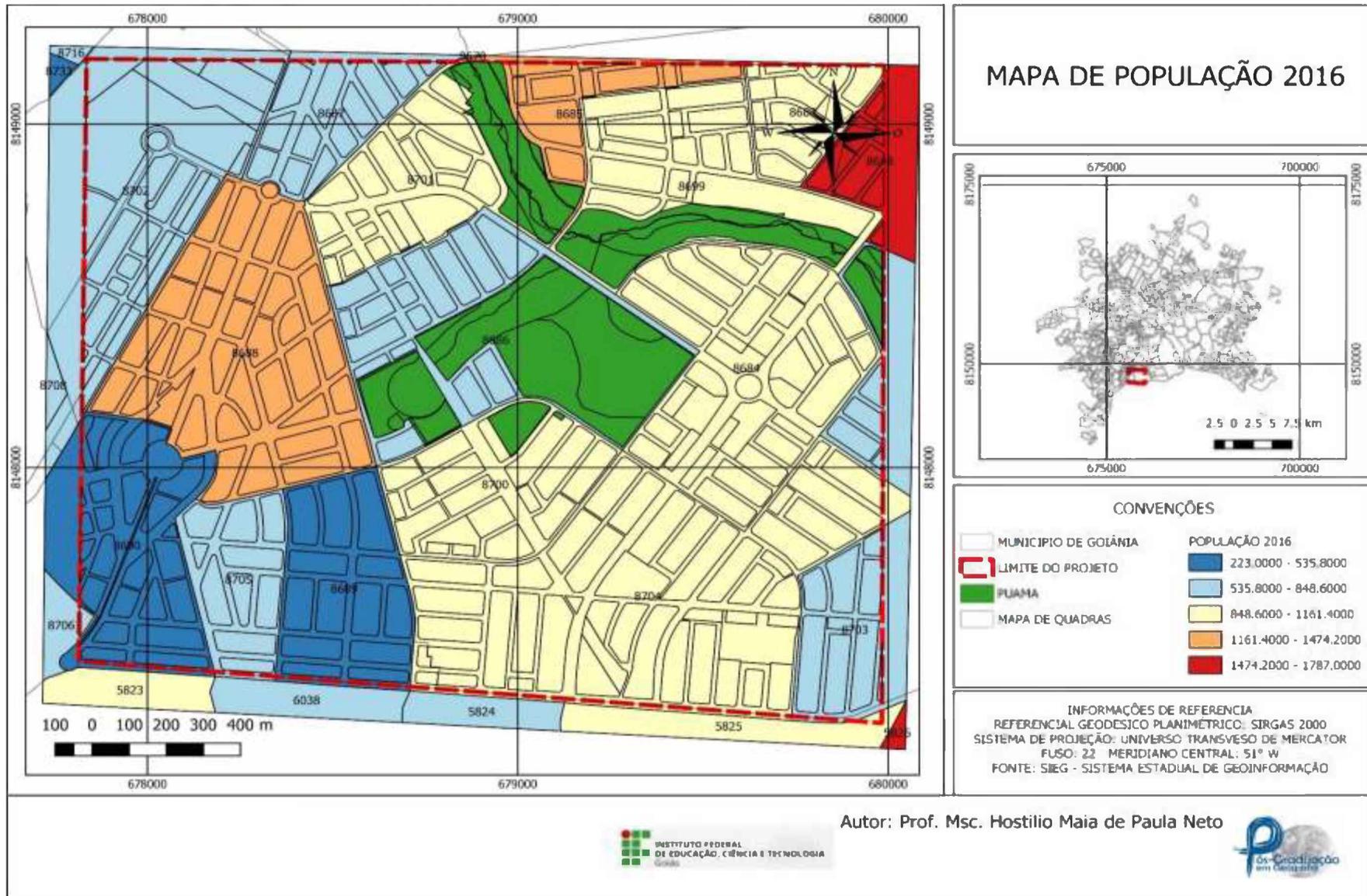


Figura 71 - Mapa da população do ano de 2016



Como apresentado nos mapas (Figura 69, Figura 70 e Figura 71) a região do entorno do parque contém a maior população da área do projeto. Neste sentido, determinou-se a taxa de crescimento da região no intuito de verificar se o crescimento na região do entorno fora maior que nas regiões periféricas.

Para verificar esse crescimento foi utilizada a Equação (05) para a determinação da taxa de crescimento e como para à análise o uso do solo utilizou-se o período de análise de 2006 a 2011 e de 2011 a 2016, esse mesmo período fora aplicado à análise da taxa de crescimento populacional (Tabela 10).

Tabela 10 - Taxa de crescimento da população

| setores | TAXA DE CRESCIMENTO DE 2006 A 2011 (%) | TAXA DE CRESCIMENTO DE 2011 A 2016(%) |
|---------|--|---------------------------------------|
| 8683    | 6,36                                   | 10,13                                 |
| 8684    | 6,35                                   | 10,12                                 |
| 8685    | 6,30                                   | 10,08                                 |
| 8686    | 6,39                                   | 10,01                                 |
| 8687    | 6,33                                   | 10,04                                 |
| 8688    | 6,30                                   | 10,12                                 |
| 8689    | 6,47                                   | 9,86                                  |
| 8690    | 6,44                                   | 10,08                                 |
| 8698    | 6,34                                   | 10,12                                 |
| 8699    | -1,40                                  | 10,09                                 |
| 8700    | -0,30                                  | 10,11                                 |
| 8701    | 2,87                                   | 10,12                                 |
| 8702    | 2,72                                   | 10,04                                 |
| 8703    | 5,60                                   | 10,07                                 |
| 8704    | 0,91                                   | 10,20                                 |
| 8705    | 3,79                                   | 10,06                                 |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como pode-se observar, o crescimento da população é maior em algumas áreas do que em outras. Em média, no período de 2006-2011 a área teve um crescimento de 4,47%, porém no período de 2011 a 2016 esse crescimento foi de 10,8%, verificando assim, uma maior concentração após o início da construção do parque.

Nos dados apresentados na Tabela 10, algumas regiões se destacam onde o seu crescimento foi maior como o setor 8699, 8700 e 8704 que no período de 2006 a 2011 obteve-se um crescimento de -1,40%, -0,30% e 0,91% respectivamente, passa no período de 2011 a 2016 ter um crescimento de 10,09%, 10,11 e 10,20% mostrando que essas áreas com início da construção do parque sofreu um maior impacto na ocupação de sua área

mostrando que a implantação do parque vêm afetando no crescimento da região do parque PUAMA.

Neste sentido, o modelo de crescimento da população foi maior no final da construção do que no início, porém isto já era esperado pois a população só migrou para a região após o início da ocupação do solo.

### **3.3 Análise de Cenários futuros**

Na construção do modelo foi necessária a parametrização das informações de uso do solo, população e de mobilidade, e organizada numa única base (SIG), com isto, para cada informação do modelo foi definida uma variável e estas modeladas em CA. Portanto, neste capítulo serão apresentadas as variáveis do modelo e como o modelo foi criado para representar a área do projeto, e num segundo momento é apresentado a simulação dos cenários futuros no período estabelecido no projeto.

#### **3.3.1 Variáveis do modelo CA**

Como apresentado nos itens 3.1 e 3.2, as alterações no uso do solo e do crescimento da população é muito irregular, o que torna complexa a definição do modelo de crescimento. Desta forma, o esforço para uma busca da compreensão do espaço urbano requer uma maior interação com os elementos que compõem a dinâmica de crescimento e as alterações deste espaço.

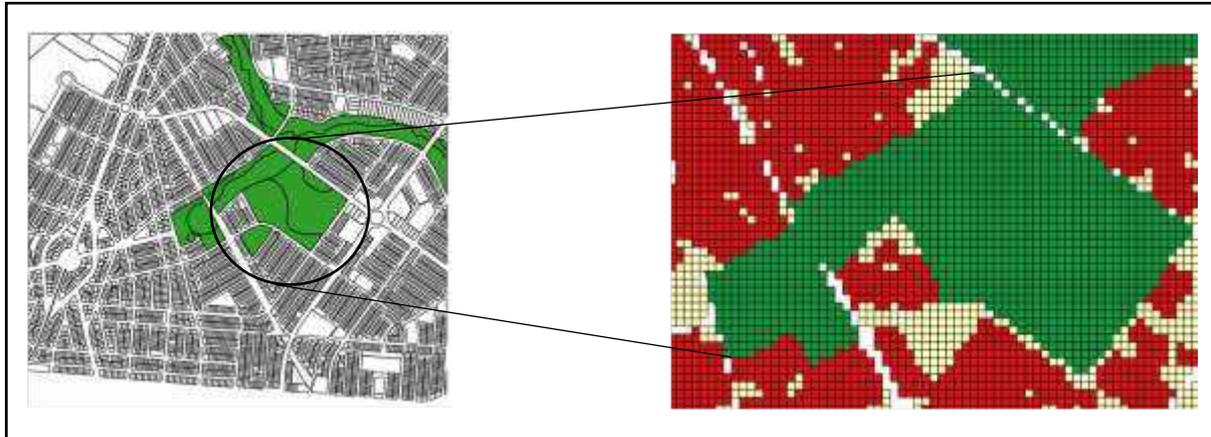
Estes elementos podem ser considerados desde a análise de fenômenos que alteram o espaço urbano como o crescimento da população, o seu uso do solo e a dinâmica de alteração do espaço como também as análises qualitativas de como o espaço urbano vem se desenvolvendo com as demandas de mobilidade da população (FEITOSA, et al., 2007).

Sendo assim, a construção de um modelo que represente esse crescimento deve ser adaptado de acordo com a necessidade de sua localidade, pois como vimos nas análises do uso do solo e da população, os locais onde a população se reside pode interagir e alterar o espaço urbano, desta forma, a construção de um modelo que represente essa alteração deve ser de forma DISCRETA.

Com isto, o modelo foi baseado nas teorias de Células Automatas, as CA, que para o modelo foi desenvolvido com uma área de cobertura de 15 x 15 m para definição de cada

célula. Neste sentido, foi possível criar um espaço de análise onde cada “*espaço celular*” irá representar uma localidade “*O LOTE*” e como a área padrão no município de Goiânia na sua essência é de 360 m<sup>2</sup> e o seu lote padrão teria a dimensão de 12x30 m, o modelo foi adequado para representar esse espaço (Figura 72).

Figura 72 - Representação da área de estudo por CA

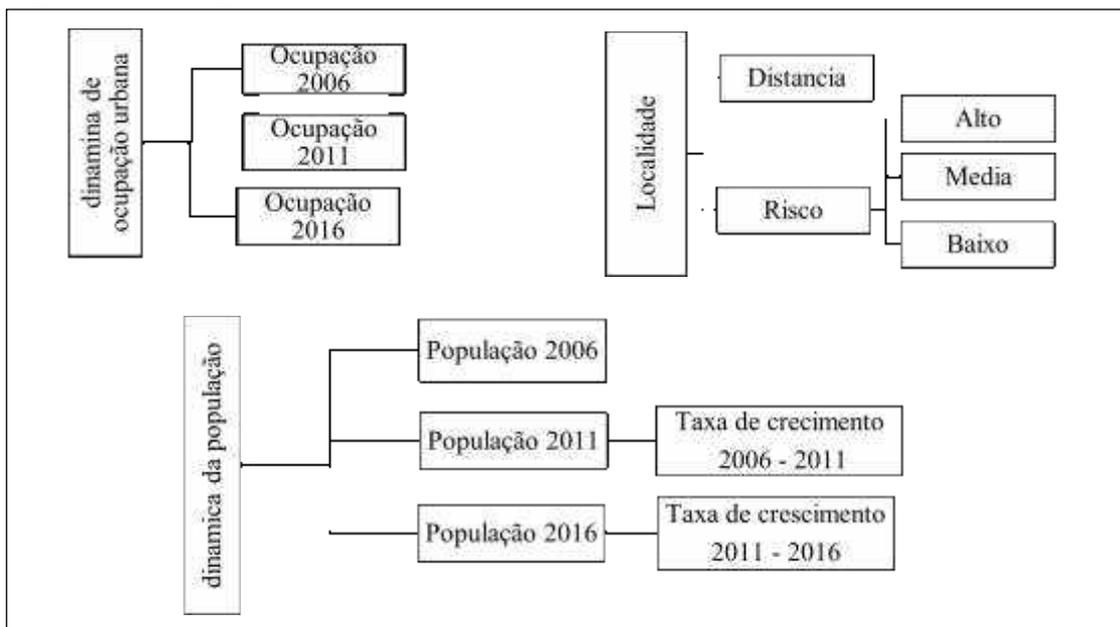


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Definido o modelo de cada CA, o próximo passo na construção do modelo de simulação foi a definição das variáveis que o compõem. Assim criar um espaço celular capaz de representar esse espaço urbano contendo variáveis discretas, com o intuito de relacionar cada variável com a necessidade da localidade e propor sua representação dentro do espaço urbano.

Logo, para uma melhor interpretação das variáveis definidas (Figura 44), estas foram organizadas como apresentado na (Figura 73), separando as variáveis em três parâmetros de entrada, sendo o primeiro com a dinâmica de ocupação urbana nos três períodos de análise. No segundo momento com a dinâmica da população e sua taxa de crescimento e em terceira análise a dinâmica da localidade com a distância de cada informação e o risco de ocupação da área do entorno. Nestas, pode-se notar que as variáveis se comportam de maneira discreta, pois cada uma foi determinada para representar uma ação do espaço urbano.

Figura 73 - Fluxograma de variáveis



Fonte: Elaborado pelo Autor.

E como é necessário o conhecimento da representação de cada cenário, ou seja, para cada época da análise foi representada sua dinâmica tanto da população como da ocupação do solo, neste sentido foi gerada uma tabela com os quantitativos de cada dinâmica (Tabela 11).

Tabela 11 - Quantitativo de cada variável

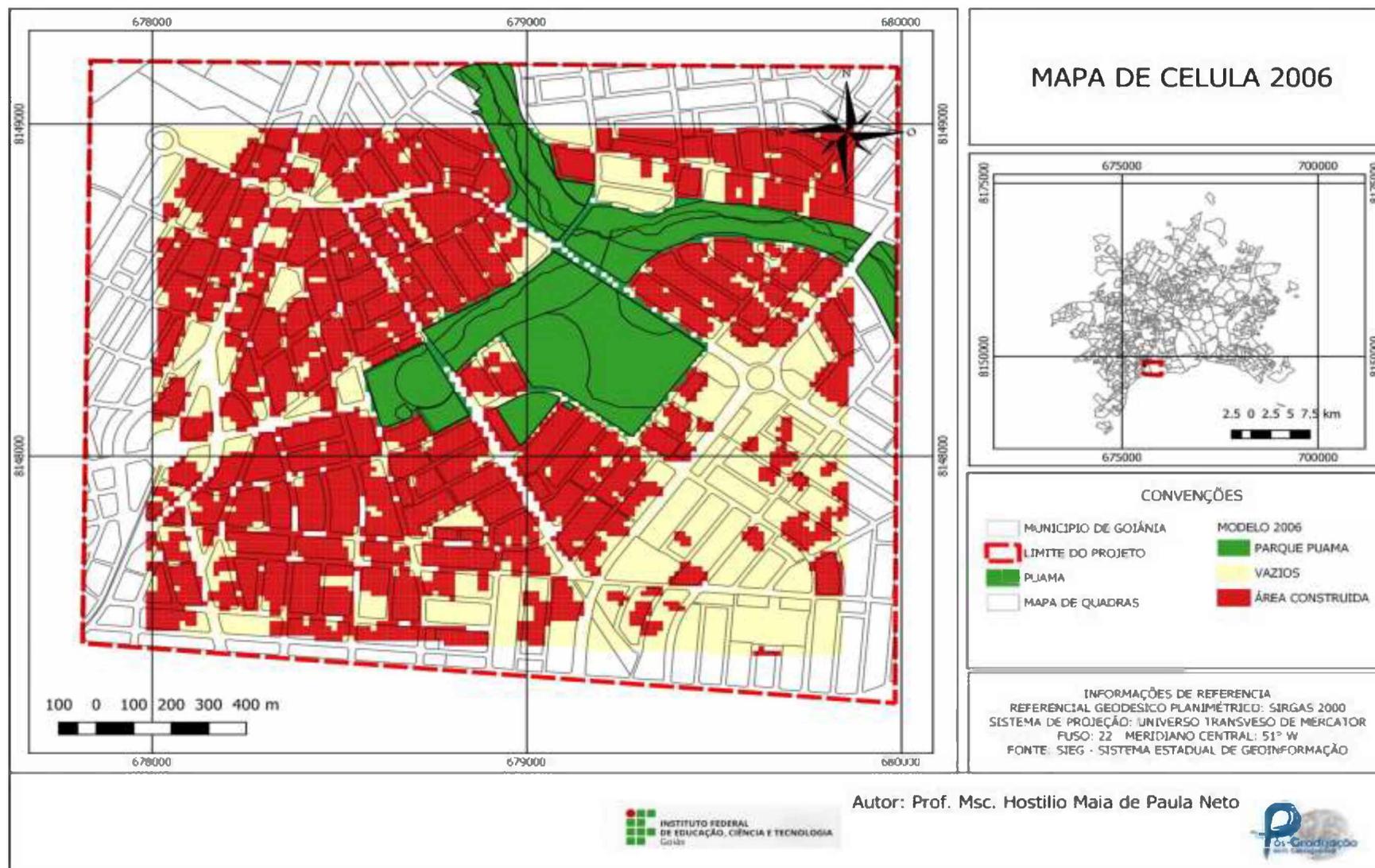
| SETORES | Dinâmica de uso |           | Dinâmica da População |           | Localidade |         |
|---------|-----------------|-----------|-----------------------|-----------|------------|---------|
|         | 2006_2011       | 2011_2016 | 2006-2010             | 2010-2016 | Risco      | *DIST   |
| 8683    | 5,34            | 2,96      | 6,36                  | 10,13     | 0,5        | 1062,32 |
| 8684    | 20,48           | 6,39      | 6,35                  | 10,12     | 1          | 682,03  |
| 8685    | 3,1             | 2,27      | 6,30                  | 10,08     | 1          | 688,15  |
| 8686    | 14,1            | 2,99      | 6,39                  | 10,01     | 1          | 0       |
| 8687    | 8,98            | 0,6       | 6,33                  | 10,04     | 0,5        | 796,19  |
| 8688    | 12,73           | 6,18      | 6,30                  | 10,12     | 0,5        | 677,65  |
| 8689    | 9,17            | 4,98      | 6,47                  | 9,86      | 0,5        | 831,22  |
| 8690    | 15,59           | 13,49     | 6,44                  | 10,08     | 0          | 1161,75 |
| 8698    | 2,78            | 2,7       | 6,34                  | 10,12     | 0,5        | 1160,82 |
| 8699    | 8,16            | 2,97      | -1,40                 | 10,09     | 1          | 693,36  |
| 8700    | 6,61            | 5,86      | -0,30                 | 10,11     | 1          | 420,41  |
| 8701    | 9               | 2,91      | 2,87                  | 10,12     | 1          | 509,81  |
| 8702    | 30,72           | 17,3      | 2,72                  | 10,04     | 0          | 1065,30 |
| 8703    | 22,86           | 5,41      | 5,60                  | 10,07     | 0,5        | 1130,01 |
| 8704    | 21,48           | 22,66     | 0,91                  | 10,11     | 0,5        | 851,30  |
| 8705    | 20,93           | 7,86      | 3,79                  | 10,06     | 0          | 984,47  |

\* A variável **DIST** representa a distância media em metros de cada lote ao parque PUAMA

Fonte: Elaborado pelo Autor.



Figura 75 - Modelo de entrada para simulação ano 2006



### 3.3.3 Obtenção dos cenários futuros

Com o modelo CA criado, utilizou-se o aplicativo LuccME para geração dos eventos de 2011, 2016 e 2021. Com este, foi estruturado os dados para a análise de crescimento, dentro dessa análise utilizou-se os dados de uso do solo, população e localidade (conforme fluxograma da Figura 73).

Com este procedimento foi inserido os dados de 2006 como parâmetro de referência para a geração dos anos seguintes e assim os dados de entrada foi estipulado contendo não só os valores das variáveis mais também o tamanho de cada célula definida no modelo.

De acordo com Verburg, et al. (1998), o modelo baseado em LUCC necessita de uma estruturação contendo três parâmetros de análise assim determinados: DEMANDA, POTENCIAL e ALOCAÇÃO. (VERBURG, et al., 1998)

Neste sentido, para a criação do modo de DEMANDA, o aplicativo contém três parâmetros de entrada, sendo assim definidos um modo de *“Pre Computed Values”* que se utiliza apenas os dados dos anos de Início e Término da simulação para gerar a tabela de demanda, assim como os Tipos de Uso da Terra. No segundo, o modulo de *“Compute Two Dates”* utiliza-se de um ano para validação do modelo e, por fim, o terceiro modulo *“Compute Three Dates”* se utiliza de duas datas para validação do modelo.

Como visto para a adequação do modelo foi utilizado o modulo com duas datas de validação *“Compute Three Dates”*, e para essa validação foram utilizados as informações coletadas nos anos de 2011 e 2016, e neste, foram comparados com os dados gerados pelo modelo nos seus respectivos anos de 2011 e 2016, avaliando se o modelo representa a realidade encontrada no levantamento.

A segunda etapa foi estruturada com o modulo POTENCIAL, este é definido quanto cada variável é correlacionada. Com isto, cada variável pode ser definida como “DISCRETA” ou “CONTÍNUA”. Como o modelo é construído com a geração de um espaço temporal de 2006 a 2021, o modulo POTENCIAL foi estruturado de maneira CONTINUA possibilitando a geração dos dados ano a ano, demonstrando assim, o seu crescimento ao longo do período estipulado.

Verificando como cada variável se correlaciona, um dos problemas encontrados foi que cada variável é dada como DISCRETA, não apresentando uma correlação. Desta forma, o modelo de potencial contínuo contém módulos que trabalham com modelo de regressão linear, permitindo assim, a criação de uma de um modelo que contenha variáveis DISCRETAS e apresente o resultado de forma CONTÍNUA.

Conforme apresentado por Verburg, et al. (1998), uma correlação é estabelecida quando uma variável se aproxima de uma constante, e esta aproximação pode ser definida por uma equação (6):

$$cover_{x,y,t,c} = cover_{x,y,t-1,c} + pot_{x,y,c,ITF_c} \quad (6)$$

Onde:

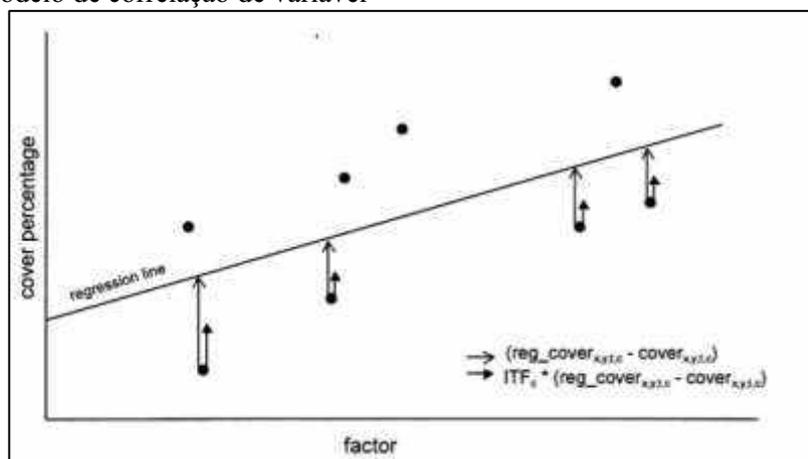
$cover_{x,y,t,c}$  é calculado para todas as células e todos os usos, num processo iterativo até atender demanda dentro de um erro máximo permitido

$pot_{x,y,c}$ : potencial que cada célula deveria perder ou ganhar

$ITF_c$  é um fator de ajuste proporcional à razão entre área alocada e demanda e direção da mudança. Valor inicial ( $t_0$ ) normalmente 0.01 [0.001, 1.5], chamado “elasticidade” no LuccME.

Conforme apresentado na Equação (06) o modelo proposto por Verburg, et al. (1998), possibilita a correlação entre uma ou varias variaveis criando assim uma direção de crescimento de fluxo e com o uso da regressão linear, criar um parametro de correlação entre variaveis discretas (Figura 76).

Figura 76 - Modelo de correlação de variável



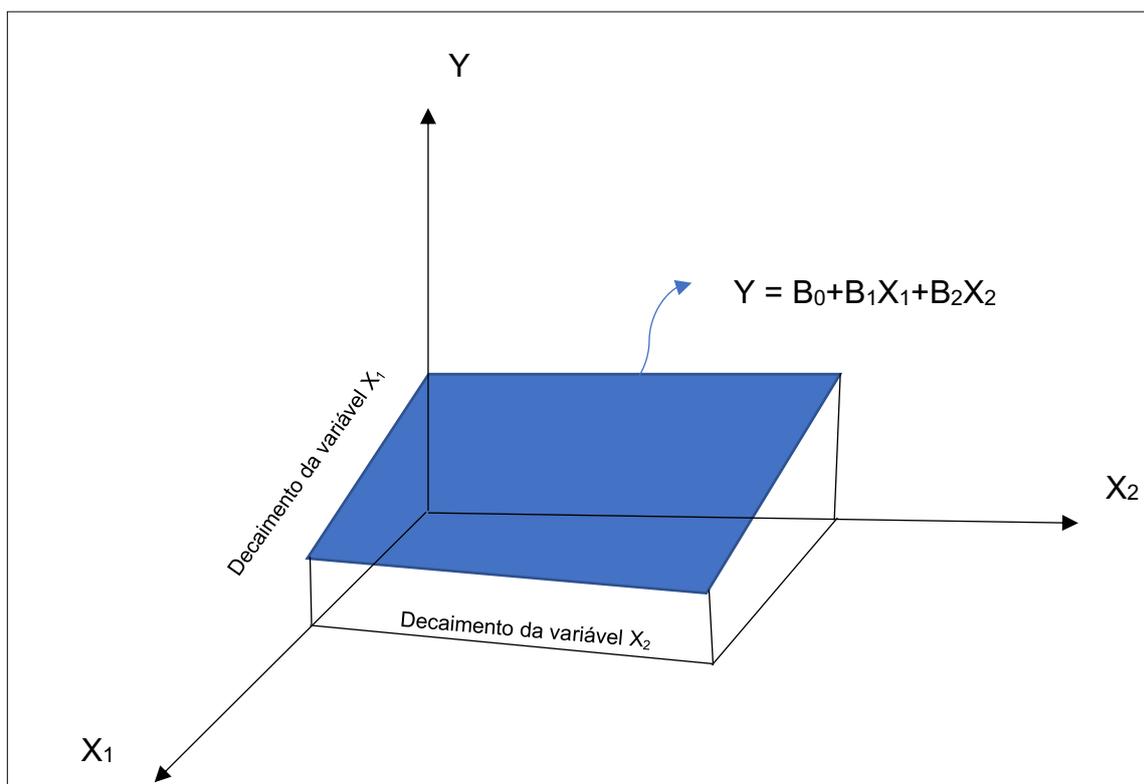
Fonte: (Verburg, Koning, Kok, Veldkam, & Bouma, 1998)

Sendo assim, o modulo POTENCIAL permite a inserção de modelos de regressão assim definidos: *Linear Regression, Spatial Lag Regression, Spatial Lag Linear Roads, Max Ent Like*.

Como pode-se observar, todos os modelos de potencial utiliza-se de processo de regressão, e neste sentido Verburg, Koning, Kok, Veldkam, & Bouma (1998) propõem um modelo linear de regressão, que represente a relação entre cada variável DISCRETA com uma variável pré-estabelecida, e este é definido como “*Linear Regression*”, onde o mesmo trabalha estimando um potencial de mudança para cada variável observando como uma variável se dispersa de outra variável.

Neste modulo a regressão é um passo fundamental para a geração do modelo a correlação entre uma variavel e outra variavel, dessa forma a estrutura de correlação pode ser expressa como apresentado na Figura 77.

Figura 77 - Modelo de correlação de variável em relevo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De acordo com a Figura 77, a correlação deve ocorrer em dois momentos um em relação a taxa de crescimento dos lotes ocupados e outro na taxa de crescimento dos lotes vazios, com o intuito de representar a correlação entre esses dois momentos, e neste sentido

foi levantado os dados de correlação de cada variável e apresentado nas Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12 - Tabela com os valores de cada variável em relação aos lotes construídos.

| <b>LOTES COM AREA CONSTRUIDO</b> |       |       |       |       |       |        |     |         |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|---------|
| setores                          | C_06  | C_11  | U_06  | U_11  | P_06  | P_11   | RI  | DIST    |
| 8683                             | 5,65  | 3,05  | 5,34  | 2,96  | 6,36  | 10,130 | 0,5 | 1062,32 |
| 8684                             | 25,76 | 6,83  | 20,48 | 6,39  | 6,35  | 10,128 | 1   | 682,03  |
| 8685                             | 3,20  | 2,33  | 3,1   | 2,27  | 6,30  | 10,083 | 1   | 688,15  |
| 8686                             | 16,41 | 3,08  | 14,1  | 2,99  | 6,39  | 10,016 | 1   | 0,00    |
| 8687                             | 9,87  | 0,60  | 8,98  | 0,6   | 6,33  | 10,048 | 0,5 | 796,20  |
| 8688                             | 14,58 | 6,59  | 12,73 | 6,18  | 6,30  | 10,129 | 0,5 | 677,66  |
| 8689                             | 10,10 | 5,24  | 9,17  | 4,98  | 6,47  | 9,865  | 0,5 | 831,22  |
| 8690                             | 18,47 | 15,59 | 15,59 | 13,49 | 6,44  | 10,086 | 0   | 1161,75 |
| 8698                             | 2,86  | 2,78  | 2,78  | 2,7   | 6,34  | 10,127 | 0,5 | 1160,83 |
| 8699                             | 8,89  | 3,06  | 8,16  | 2,97  | -1,40 | 10,095 | 1   | 693,37  |
| 8700                             | 7,08  | 6,23  | 6,61  | 5,86  | -0,30 | 10,116 | 1   | 420,41  |
| 8701                             | 9,89  | 3,00  | 9     | 2,91  | 2,87  | 10,124 | 1   | 509,82  |
| 8702                             | 44,34 | 20,92 | 30,72 | 17,3  | 2,72  | 10,049 | 0   | 1065,31 |
| 8703                             | 29,63 | 5,71  | 22,86 | 5,41  | 5,60  | 10,076 | 0,5 | 1130,01 |
| 8704                             | 27,36 | 29,30 | 21,48 | 22,66 | 0,91  | 10,116 | 0,5 | 851,31  |
| 8705                             | 26,47 | 8,53  | 20,93 | 7,86  | 3,79  | 10,062 | 0   | 984,48  |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

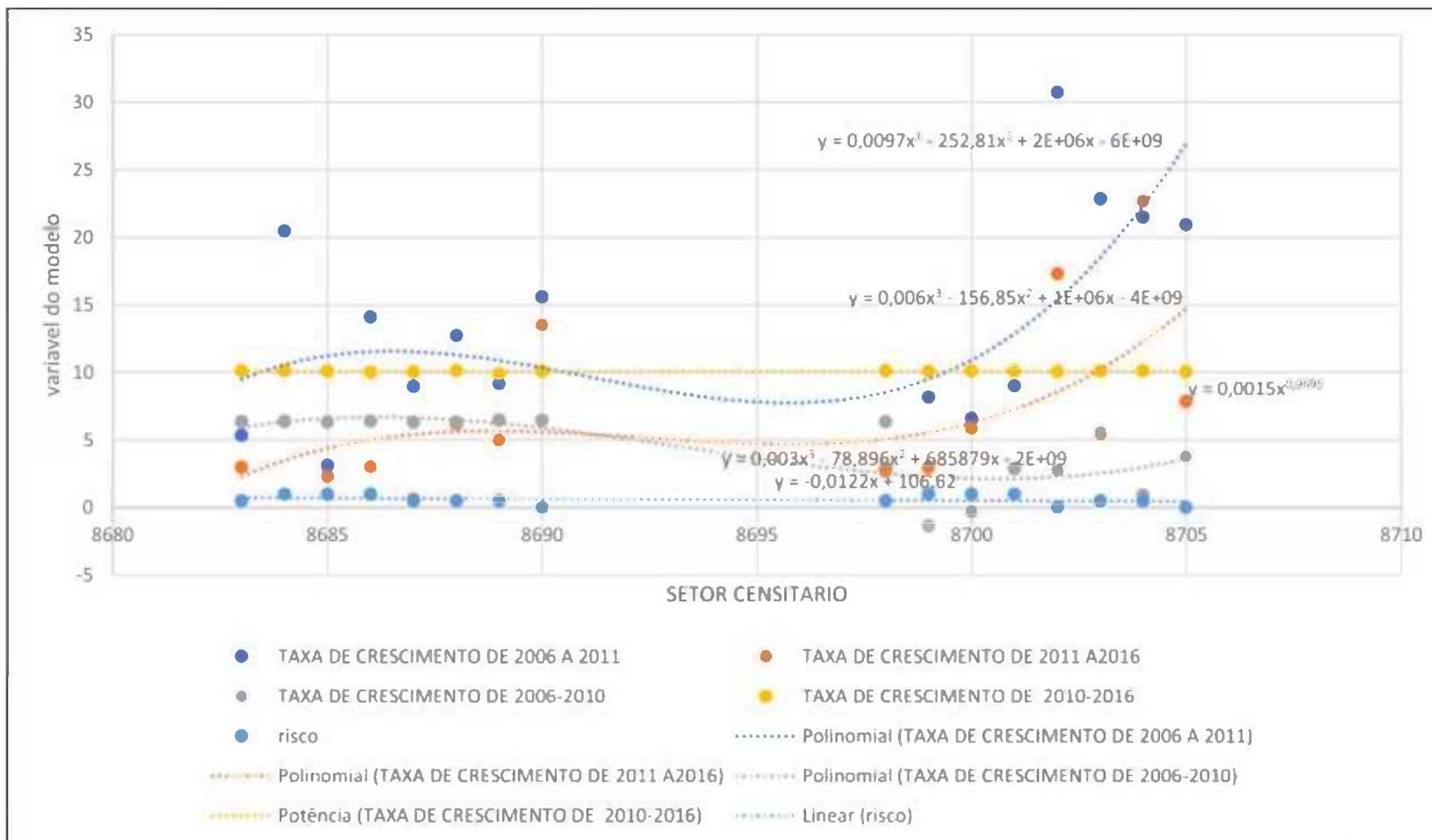
Tabela 13 - Tabela com os valores de cada variável em relação aos lotes Vazios.

| <b>LOTES VAZIOS</b> |        |        |       |       |       |        |       |         |
|---------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| setores             | V_06   | V_11   | U_06  | U_11  | P_06  | P_11   | risco | DIST    |
| 8683                | -37,04 | -23,53 | 5,34  | 2,96  | 6,36  | 10,130 | 0,5   | 1062,32 |
| 8684                | -17,92 | -11,68 | 20,48 | 6,39  | 6,35  | 10,128 | 1     | 682,03  |
| 8685                | -40,00 | -66,67 | 3,1   | 2,27  | 6,30  | 10,083 | 1     | 688,15  |
| 8686                | -37,97 | -14,29 | 14,1  | 2,99  | 6,39  | 10,016 | 1     | 0,00    |
| 8687                | -37,50 | -4,00  | 8,98  | 0,6   | 6,33  | 10,048 | 0,5   | 796,20  |
| 8688                | -27,32 | -19,46 | 12,73 | 6,18  | 6,30  | 10,129 | 0,5   | 677,66  |
| 8689                | -15,05 | -24,05 | 9,17  | 4,98  | 6,47  | 9,865  | 0,5   | 831,22  |
| 8690                | -25,66 | -34,52 | 15,59 | 13,49 | 6,44  | 10,086 | 0     | 1161,75 |
| 8698                | -9,09  | -10,00 | 2,78  | 2,7   | 6,34  | 10,127 | 0,5   | 1160,83 |
| 8699                | -20,73 | -9,23  | 8,16  | 2,97  | -1,40 | 10,095 | 1     | 693,37  |
| 8700                | -25,00 | -31,37 | 6,61  | 5,86  | -0,30 | 10,116 | 1     | 420,41  |
| 8701                | -47,37 | -35,00 | 9     | 2,91  | 2,87  | 10,124 | 1     | 509,82  |
| 8702                | -30,72 | -30,19 | 30,72 | 17,3  | 2,72  | 10,049 | 0     | 1065,31 |
| 8703                | -3,70  | -0,96  | 22,86 | 5,41  | 5,60  | 10,076 | 0,5   | 1130,01 |
| 8704                | -7,46  | -11,00 | 21,48 | 22,66 | 0,91  | 10,116 | 0,5   | 851,31  |
| 8705                | -38,57 | -25,58 | 20,93 | 7,86  | 3,79  | 10,062 | 0     | 984,48  |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Seguindo o modelo de regressão proposto foi gerado o gráfico da Figura 78 e utilizando os dados das Tabela 12 e Tabela 13, foi gerado as equações de regressão para cada variável do modelo e assim poder obter os parâmetros de entrada da regressão.

Figura 78 - Gráfico com a correlação de cada variável



Como apresentado na Figura 78 cada variável apresenta um comportamento DISCRETO, e com isto, a geração de cada parâmetro da regressão foi e definido de acordo com a correlação entre um lote construído e uma variável e com a correlação de um lote vazios e sua variável, e assim, foi gerado os parâmetros do modelo de POTENCIAL conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Parâmetros de regressão Linear

| <b>ESTATÍSTICA DE REGRESSÃO</b> |                          |                     |         |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------|---------|
| <b>Teste</b>                    | <b>Áreas Construídas</b> | <b>Áreas Vazias</b> |         |
| R múltiplo                      | 0,9958                   | 0,866               |         |
| R-Quadrado                      | 0,9916                   | 0,750               |         |
| R-quadrado ajustado             | 0,9843                   | 0,530               |         |
| Erro padrão                     | 1,4521                   | 8,971               |         |
| <b>COEFICIENTES</b>             |                          |                     |         |
| Intersecção                     | 6,814                    | Intersecção         | 551,711 |
| C_11                            | 0,250                    | V_11                | 0,464   |
| U_06                            | 1,424                    | U_06                | -0,265  |
| U_11                            | -0,333                   | U_11                | 1,574   |
| P_06                            | -0,085                   | P_06                | 0,533   |
| P_11                            | -1,023                   | P_11                | -61,987 |
| R                               | 0,310                    | risco               | 32,601  |
| DIST                            | 0,002                    | DIST                | 0,035   |

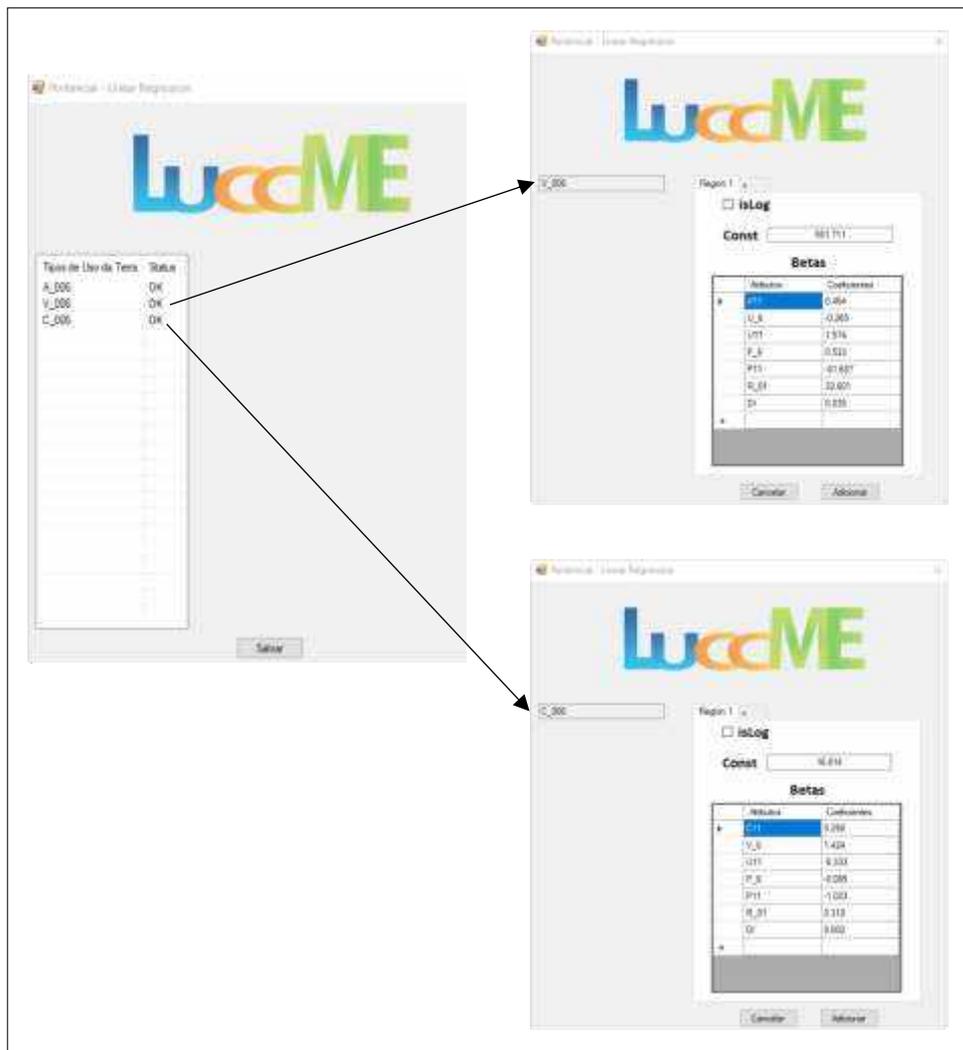
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com os parâmetros iniciais definidos pela regressão o modulo de POTENCIAL e implementado de acordo com cada variável do modelo, porem as únicas áreas que foram fixadas no modelo são as áreas de APP essas são consideradas inalteradas com o intuito de verificar se elas se manterão preservadas.

Na inserção das variáveis uma necessidade é a criação de cada variável independente na Figura 79 nos mostra como ficou cada parâmetro da regressão, onde cada variável recebeu os quocientes de regressão e assim poder gerar a simulação do modelo.

Portanto, com os parâmetros apresentados pela regressão foi possível aplicar o modelo de crescimento a área do projeto e assim determinar como a área se desenvolve no período de análise.

Figura 79 - Entrada dos parâmetros de regressão



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.3.4 Mapas e análise dos cenários

Com o modelo desenvolvido este nos fornece uma coleção de mapas<sup>7</sup> de cada ano de análise, porém como o modelo foi proposto para uma análise contínua, o mesmo gerou um mapa para cada ano de 2006 a 2021 nos mostrando como a região se comporta ao longo do tempo (Figura 80).

<sup>7</sup> Todos os mapas são gerados em formatos SHP - *Shapfiles*

Figura 80 - Mapas com os cenários gerados no modelo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

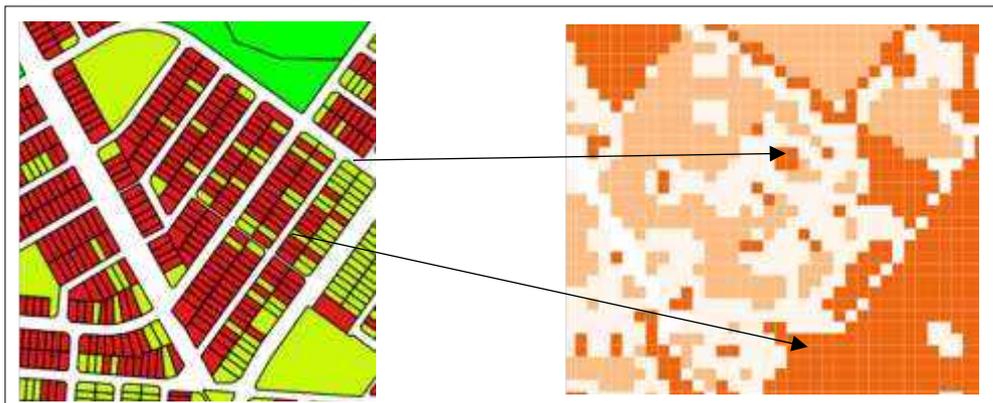
Como pode-se ver nos mapas apresentados na Figura 80 o modelo possibilita a geração de mapas que representam o crescimento da região e classificando os mesmos com o seu potencial de mudança. Este potencial permite que os dados sejam classificados de acordo com o seu grau de alteração, assim classificados: 3% de mudança, 60% de mudança e 98% de mudança.

Esta classificação foi necessária para mostrar que o crescimento da região é variado, e com isto, o modelo demonstrou que as regiões com 98%, sofrerão alteração no seu crescimento, demonstrando onde serão as áreas com maior possibilidade de alteração.

Portanto, para uma maior confiabilidade foi necessária uma validação do modelo, onde foi verificado como o modelo se comportava. Neste sentido, a análise foi executada tendo como referência os levantamentos executados nos anos de 2011 e 2016, pois eles continham informações que representam a realidade de cada amostra.

Como pode ser observado na Figura 81, uma quadra levantada no período de 2011 pode ser comparada com os dados gerados pelo modelo, e com isto verificar a correspondência entre o modelo gerado e os dados levantados.

Figura 81 - Análise da validação do modelo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

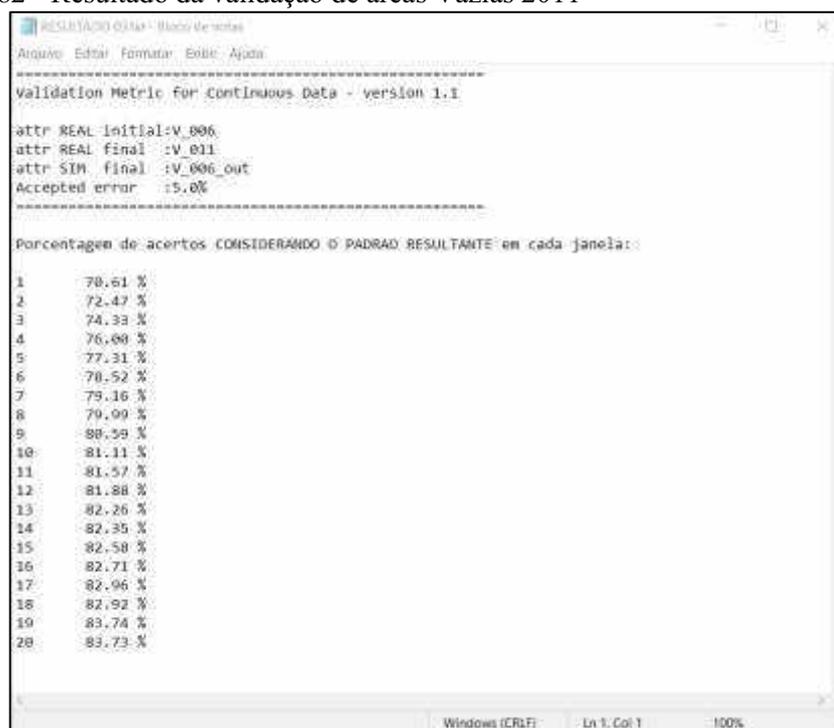
Assim o modelo pode ser avaliado, validando se as variáveis permaneceram como lotes vazios, APP ou área construída. Essas três variáveis irão mostrar como a área estava em 2011 e 2016 e assim pode-se verificar se o modelo é representativo.

Na primeira análise foi realizado uma consulta em todo o modelo gerado de 2011, este foi obtido a partir de 2006 com as condicionantes propostas no modelo. Teve-se que tomar um cuidado com relação se houve ou não representatividade no modelo.

Portanto, foi proposta uma verificação em todo o modelo com um percentual de aceitação de 5% de erro, assim, o modelo apresenta uma confiabilidade que em 95% das vezes ele irá representar a realidade.

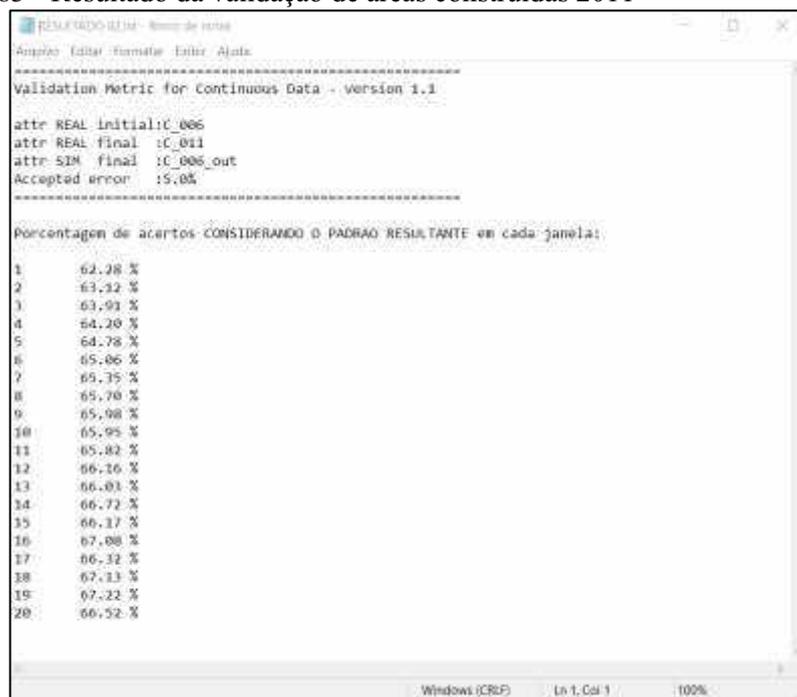
No ano de 2011 esse percentual de confiança chegou a 83,73% para as áreas vazias (lotes vazios) (Figura 82), 66,52% para as áreas construídas (Figura 83) e 63,14% para as áreas de APP (Figura 84). Porém, ao se verificar esses índices o modelo que obteve o melhor resultado foi o de lotes vazios e como todos foram verificados com apenas 20, mostrando que com poucas reiterações o modelo já se torna eficaz.

Figura 82 - Resultado da validação de áreas Vazias 2011



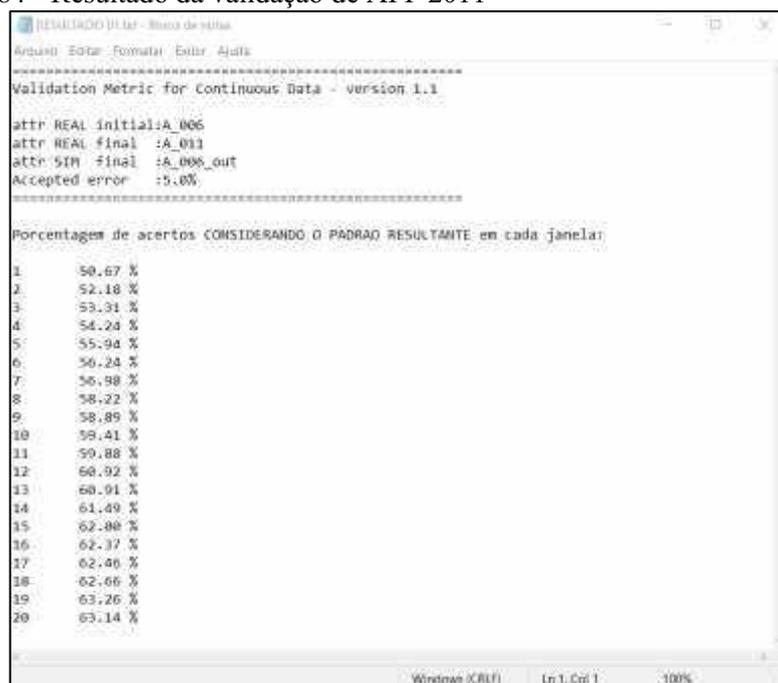
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 83 - Resultado da validação de áreas construídas 2011



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 84 - Resultado da validação de APP 2011

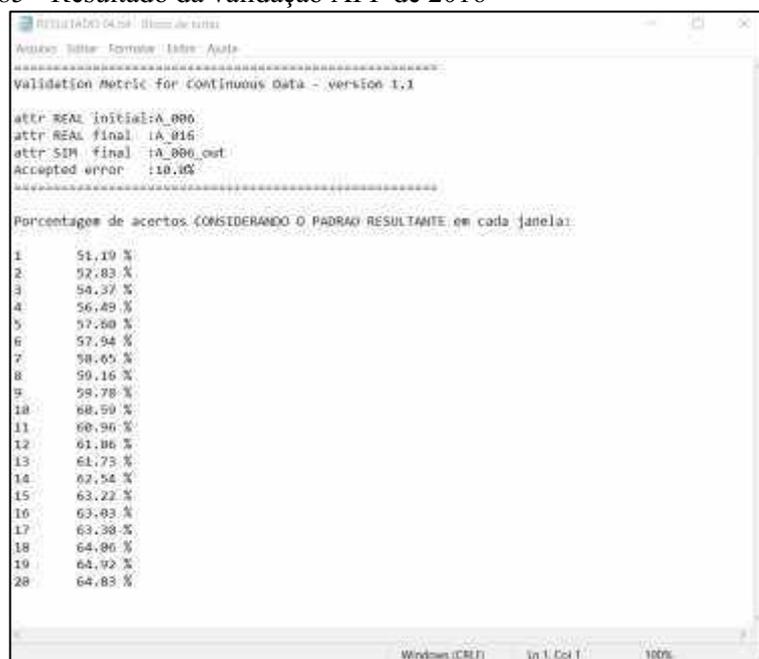


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observando o modelo de 2011, esse nos mostrou uma boa correspondência com os dados coletados em campo, com isto foi executada a validação com os dados de 2016. Este permitiu que ao se aplicar a metodologia e com dois pontos de verificação<sup>8</sup>, observar se o processo é confiável.

Neste sentido, ao se validar o ano de 2016, notou-se uma correspondência com 2011 mostrando uma continuidade no modelo este apresentou para a análise de APP uma correspondência de 64,83% (Figura 85) com os dados gerados, no tocante aos lotes construídos obteve-se uma correspondência de 68,68% (Figura 86) e nos lotes vazios 81,54% (Figura 87).

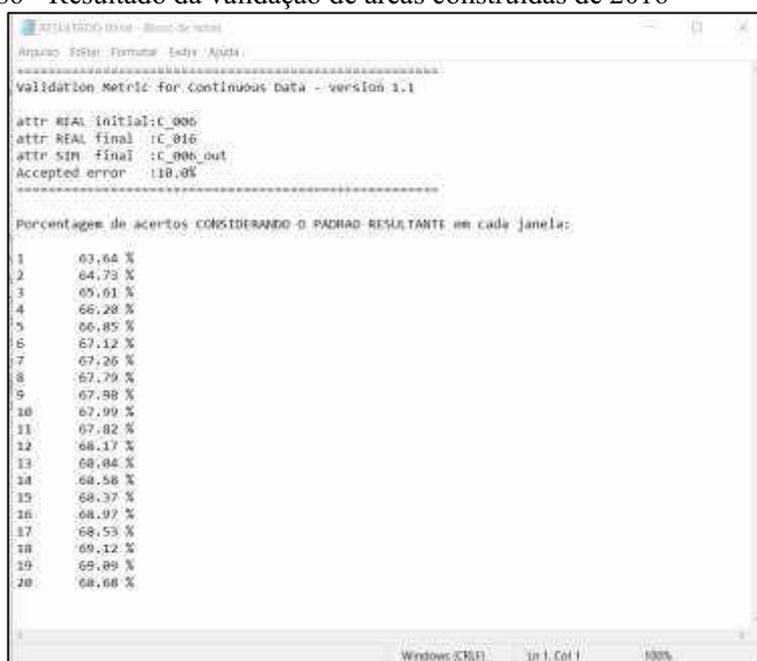
Figura 85 - Resultado da validação APP de 2016



Fonte: Elaborado pelo Autor.

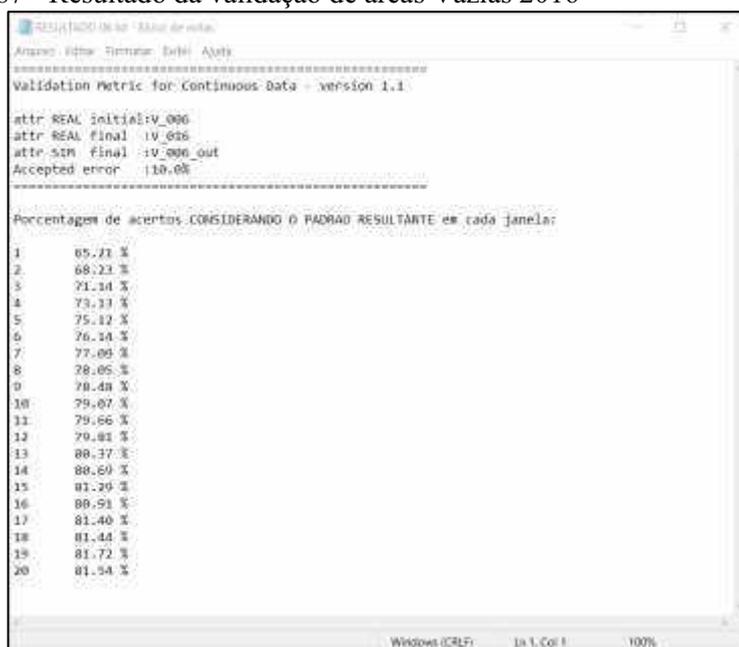
<sup>8</sup> Conforme o modelo LuccME, no o processo de DEMANDA é estabelecido duas datas de análise.

Figura 86 - Resultado da validação de áreas construídas de 2016



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 87 - Resultado da validação de áreas Vazias 2016

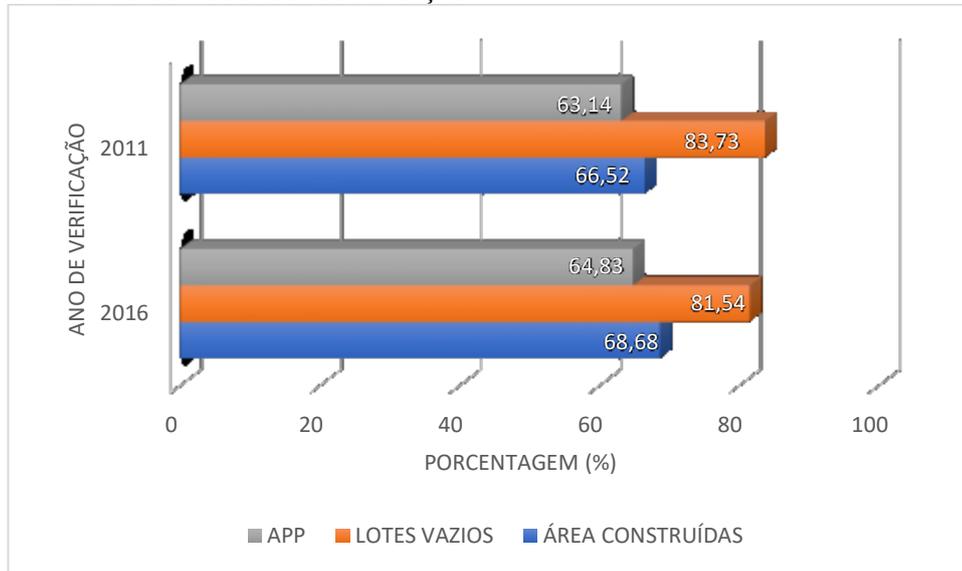


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao se verificar as validações pode-se observar que os dados contém uma continuidade com o modelo gerado, no gráfico apresentado na Figura 88 observa-se que

essa correspondência entre os dados permite dizer que em média 60% das vezes o modelo irá representar a realidade da área, e que essa média aumenta com os dados de lotes vazios mostrando que o mesmo irá representar os lotes vazios com uma correspondência em média superior a 80%, mostrando assim que o modelo é confiável.

Figura 88 - Gráfico com os dados de validação



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Desta forma, com o modelo criado gerou-se os mapas dos anos de 2011, 2016 e 2021 obtendo assim o modelo de crescimento da área do projeto. Nas Figura 89, Figura 90 e Figura 91 são apresentados os resultados do modelo, para uma melhor análise dos resultados os mapas foram gerados em intervalos onde os mesmos representam os percentuais de mudança que ocorrem nas áreas de estudo.

Este procedimento foi proposto pois o modelo apresenta uma boa correspondência e assim pode-se realizar uma análise de quanto uma área pode ser alterada ao longo de um período de análise e com a separação de crescimento (Figura 80) foi possível a interpretação do crescimento e assim determinar uma região para validação em campo “VERDADE DE CAMPO” .

Figura 89 - Modelo de 2011

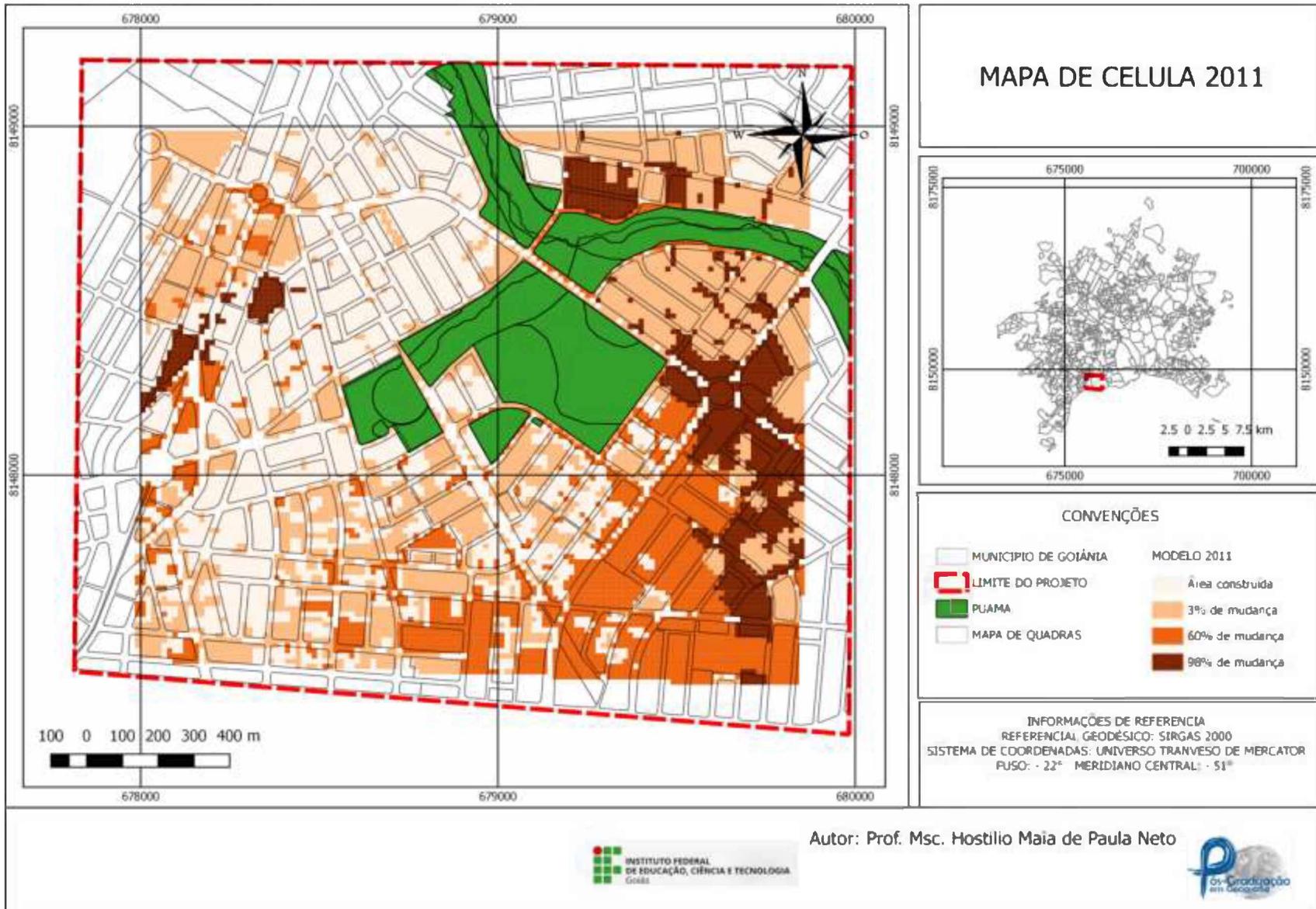


Figura 90 - Modelo de 2016

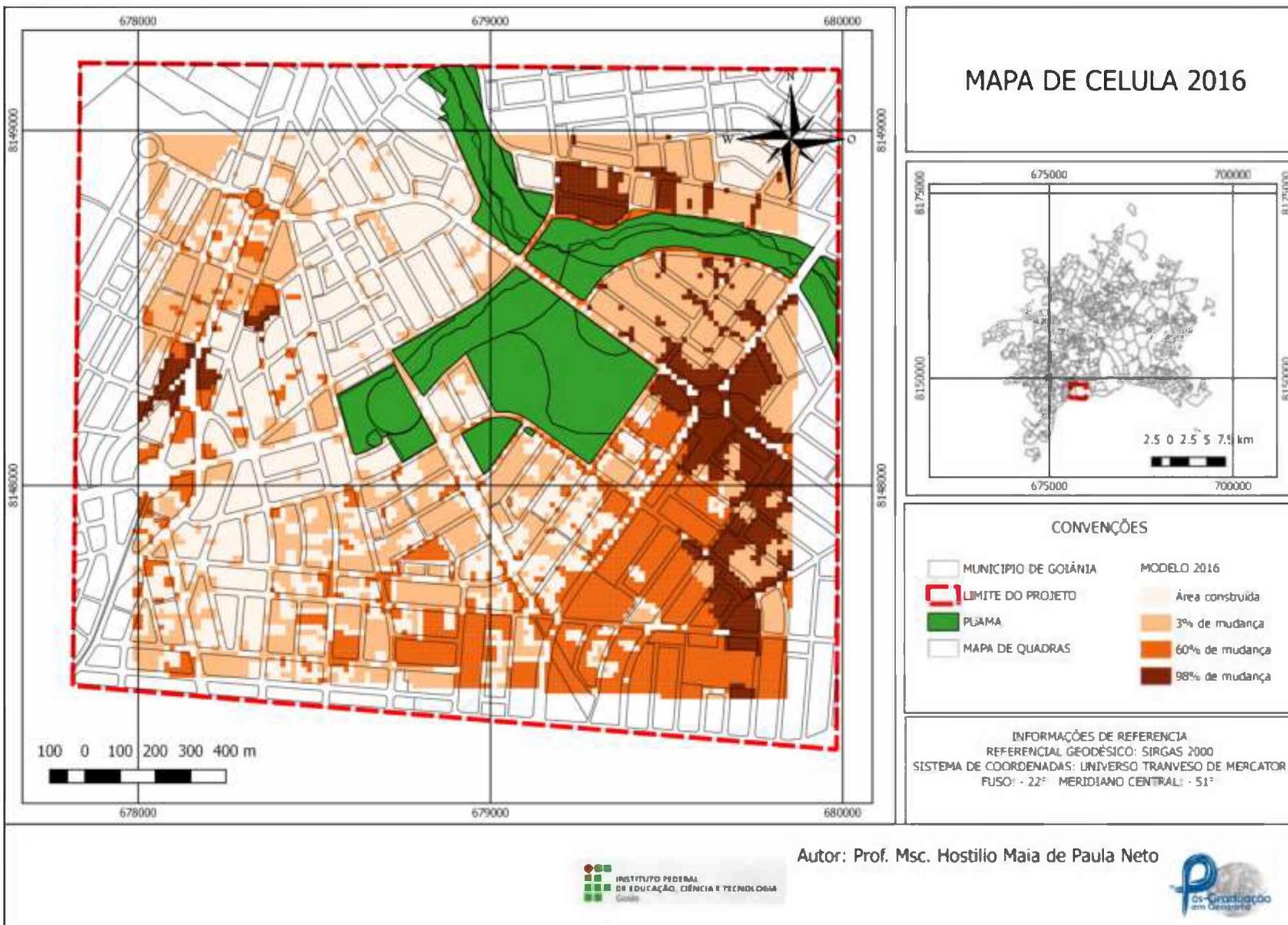
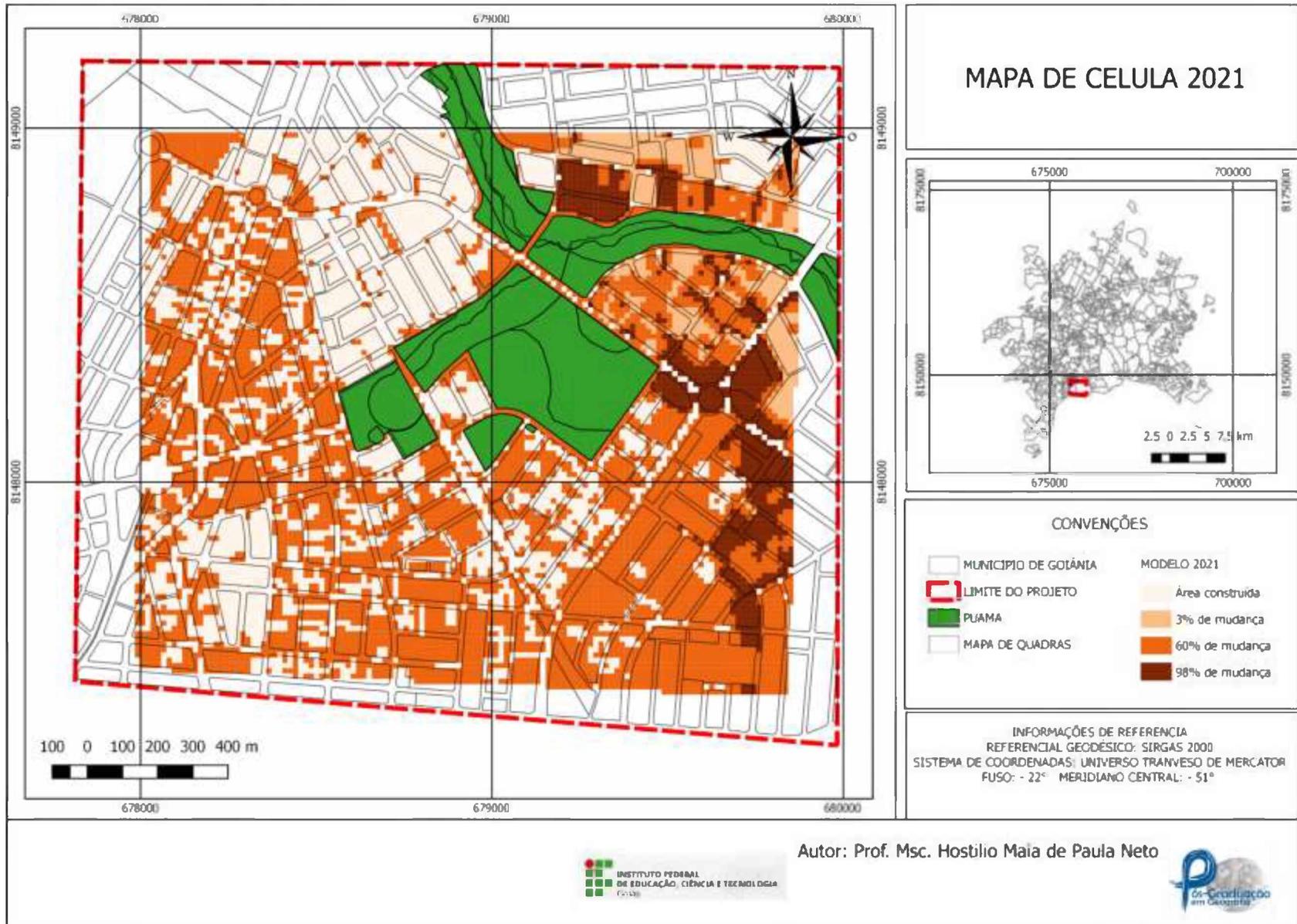
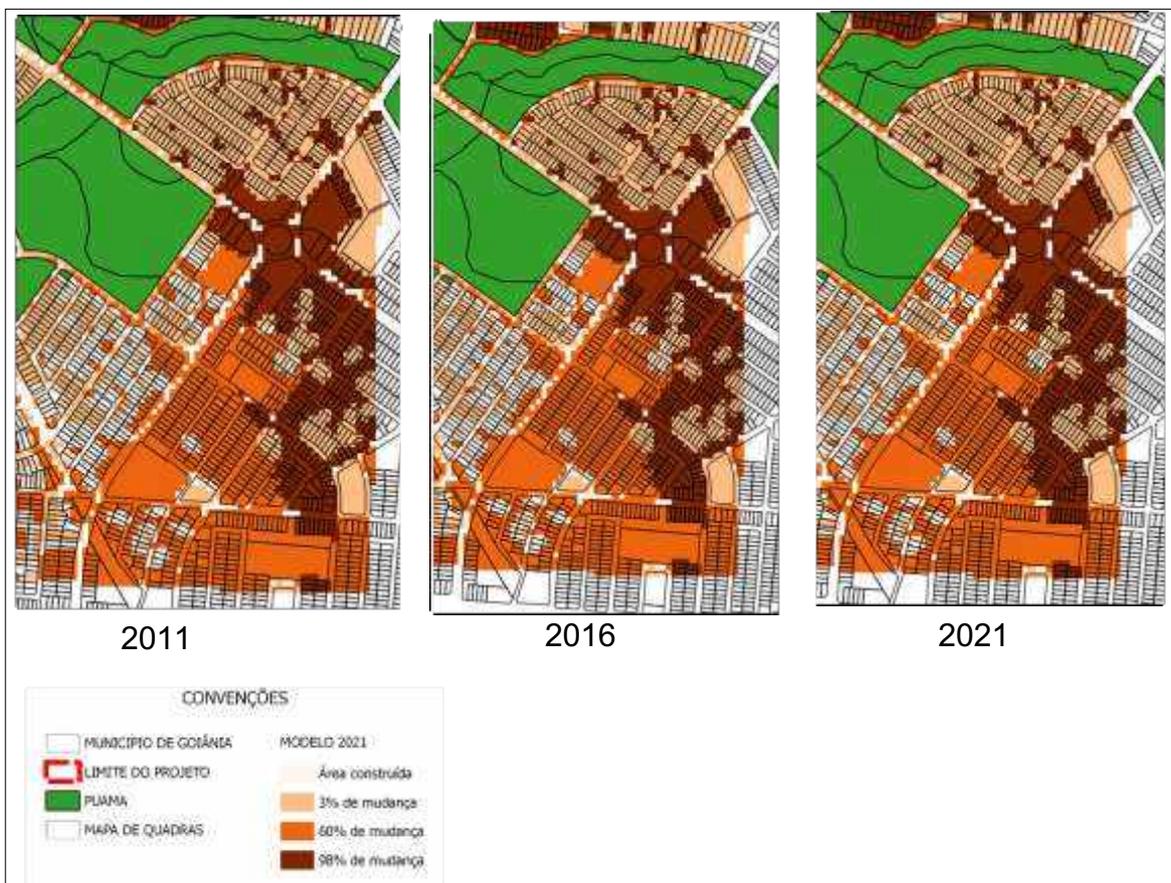


Figura 91 - Modelo de 2021



Com esta análise pode-se notar que a área ao entorno do parque obteve-se um crescimento acima da média mostrando assim que a região ao longo do parque. Na Figura 92, mostra que o modelo apresenta um maior crescimento na área ao entorno do parque, apresentando um crescimento

Figura 92 - Resultado do modelo de crescimento



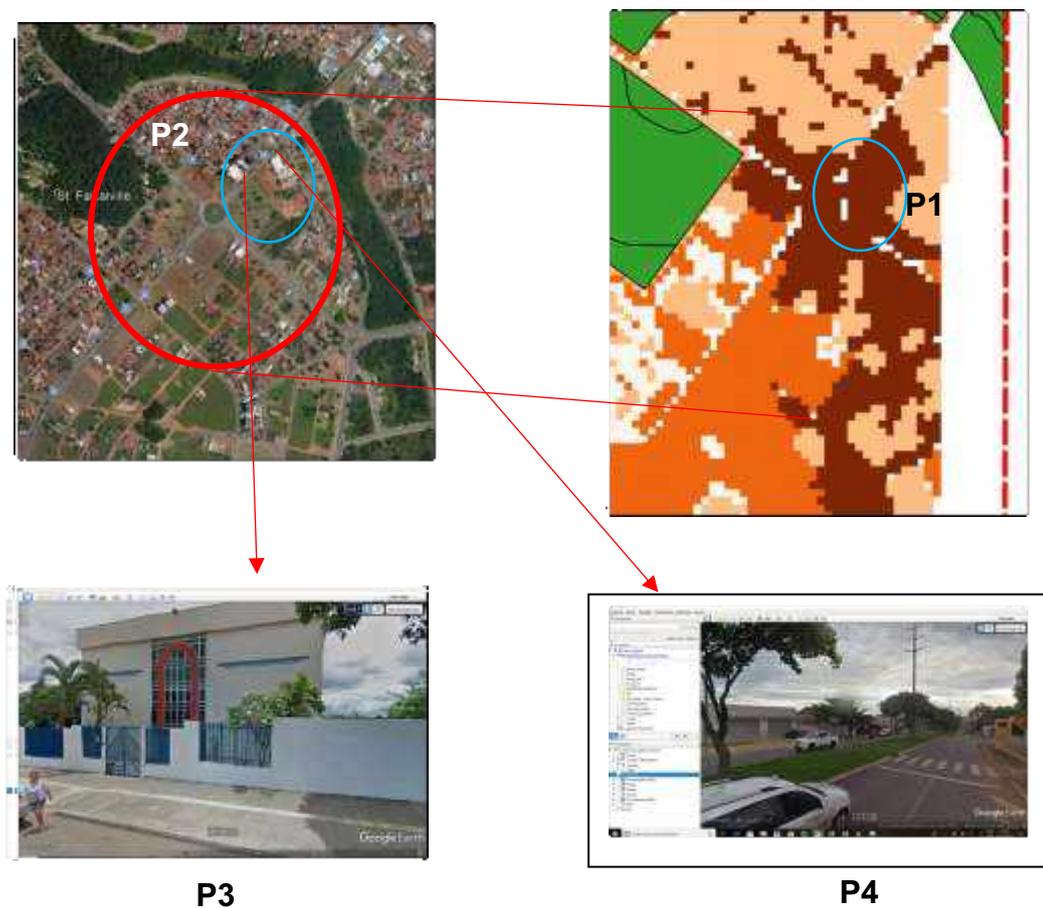
Nesta é possível verificar que a região do parque que a partir do ano de 2011 apresenta um modelo de crescimento onde ele nos mostra que em 98% das vezes os lotes dessa região estão em crescimento.

Portanto, observando os dados gerados os mapas apresentam um crescimento na região ao entorno do parque PUAMA. O modelo indicou que no entorno do parque o seu crescimento foi maior do que em outras regiões. E para se concretizar essa avaliação foi utilizado o modelo gerado para o ano de 2018 para determinar a verdade de campo.

Numa primeira análise foi utilizado-se as imagens do *Google Earth* para verificar se o crescimento é representado pelo modelo, e neste é possível notar que no ano de 2018 a área de crescimento do entorno do parque, na Figura 93 o pontos P1 é indicado pelo modelo com a região que sofre um aumento no seu crescimento de 98%. Quando comparado com a imagem do Google é possível verificar que o modelo representou esse crescimento (ponto P2) e assim nos mostrando que o modelo é representativo com a sua realidade.

Como apresentado na Figura 93, quando se comparou os pontos P1 e P2 o modelo se mostrou eficiente e assim coletado dados em campo é possível verificar o crescimento da região e o aumento nas suas construções (ponto P2 e P3).

Figura 93 - Verificação do local em 2018



Portanto, a criação do modelo de previsão se mostra confiável e assim representativo para a região e a combinação de informações discretas se mostrou eficiente e com a representação da realidade muito confiável.



## **CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso do geoprocessamento auxiliou na organização e na apresentação dos dados iniciais do projeto representando cada informação e especializando as mesmas em uma mesma base de dados e assim pode-se avaliar e equacionar cada informação. Na avaliação dos dados foi possível verificar como a região do entorno se desenvolveu mostrando como os lotes foram ocupados e como a demanda de cada unidade foi aumentando ao longo da construção do parque.

Com o uso do Geoprocessamento foi possível unificar todos os dados em uma única base permitindo que os dados fossem analisados de forma sucinta, e neste sentido foi determinante o uso de ferramentas de SIG para elaboração de uma única base de dados, e que esta pudesse ser acessada e organizada para uma análise final.

Um outro ponto a se destacar foi o uso de uma base de dados construída em um ambiente de *software* livre, permitindo dessa forma a livre discriminação da informação. E possibilitando que áreas afins possam alimentar a base de dados e propor novas análises com os dados gerados. Com o uso do aplicativo QGIS a elaboração da metodologia de análise das variáveis para o modelo permitiu que dados não correlacionados, dados discretos, fossem unidos a uma única base de informação, gerando assim uma correspondência na elaboração da informação.

Como uma das premissas do projeto foi a geração de uma análise temporal da área do modelo, a metodologia de SIG permitiu a união de várias informações como dados de uso do solo e população, demonstrando que cada uma pode ser avaliada independentemente ou em conjunto em uma única base de dados. E assim, pode-se gerar dois índices que foram fundamentais para a criação do modelo de crescimento, que são os índices de crescimento do uso do solo onde o mesmo mostrou como o entorno sofreu um maior impacto na sua ocupação e em contrapartida o índice de população que mostrou como foi o desenvolvimento do crescimento da população no entorno do parque PUAMA e com estes pode-se verificar como a região se comportou no período de análise.

Com essa avaliação, o primeiro objetivo do projeto foi alcançado mostrando que o uso das ferramentas de geoprocessamento possibilitou a união de variáveis e facilitou a análise dos dados no período proposto. Desta forma, o segundo objetivo que foi gerar um modelo de crescimento para a região se tornou uma incógnita.

Este por sua vez, necessitava de uma ferramenta de análise onde fosse possível a inserção de variáveis independentes e com estas gerar um modelo ao qual fosse possível a definição dos locais onde o mesmo ocorreria um maior crescimento e se esse crescimento era função do parque.

Neste sentido, o uso de um modelo baseado em análise de crescimento foi necessário, e assim o uso do aplicativo LuccME se tornou uma solução viável. Porém uma das dificuldades em se utilizar o aplicativo foi a necessidade do uso de CA, onde as mesmas carregariam toda a informação do modelo.

Com o uso das CA foi possível criar uma metodologia onde a inserção das variáveis poderia ser direta, ou seja, cada unidade de avaliação (os lotes) receberiam todas as variáveis definidas no modelo e estas entraram em forma de uma tabela de atributo melhorando a análise e possibilitando a inserção de novas variáveis ao modelo.

O uso dessa metodologia possibilitou uma análise rápida e eficaz da simulação, pois mostrou como a região se comportou durante o período de análise e como ocorreu o seu crescimento, demonstrando ano a ano como foi o desenvolvimento da região. Mas um questionamento foi imposto, qual a confiabilidade do modelo, e assim o uso do LuccME foi efetuado uma validação.

Esta por sua vez, utilizou os dados de duas épocas (2011 e 2016) para efetuar uma validação, onde o modelo verifica como é a correspondência de uma área com a outra, e neste sentido a porcentagem de acerto do modelo chegou a 64,83 % de acerto para as áreas de lotes ocupados e 83,73% para lotes sem ocupação (lotes vazios), mostrando que o modelo é confiável.

Sendo assim, a proposta de utilização dados com diferentes variáveis foi eficaz, integrando dados de geoprocessamento (uso do solo, mobilidade) com dados não espaciais (dados de população) e unindo os dois, gerando assim um modelo de previsão capaz de indicar qual a região ou quais regiões onde o crescimento é mais acentuado.

Portanto, o uso de um modelo baseado em CA foi eficaz na simulação de modelo de crescimento, porém uma proposta de melhoria para o modelo é a inserção de dados socioeconômicos com o intuito de melhorar o filtro de separação de informação possibilitando a inserção de novas variáveis. E como o modelo é baseado em uma tabela de atributo o

mesmo tem a possibilidade de inserção de novos dados apenas inserindo uma nova coluna na tabela de atributo.

Uma outra vantagem do uso do modelo foi o espaço em disco, os arquivos utilizados (sem contar com as imagens de alta definição) não ocuparam muito espaço de memória ficando com tamanhos de 10 a 20 Mega, permitindo um processamento rápido e como visto anteriormente com uma boa correlação. Assim no planejamento urbano é possível com o uso dessa metodologia determinar como seria o modelo de crescimento e assim propor mudanças na utilização de cada área.

Seguindo essa proposta, a utilização do modelo mostrou um crescimento em uma região que ao se verificar em campo mostrou uma verticalização que não constava nas definições das variáveis, estas apresentavam apenas um maior índice de população e nesse sentido uma recomendação é que na evolução do modelo determine-se uma variável que indique os locais de maior concentração da população e os locais de verticalização da região, aumentando assim o filtro para a determinação do crescimento.

Com essa pesquisa a proposta de uma metodologia de análise de crescimento com uso de variáveis independentes associada ao geoprocessamento e a um modelo celular, permitiu uma análise rápida e eficaz na tomada de decisão diminuindo o tempo de resposta na simulação e permitindo que os órgãos públicos tenha acesso a essa tecnologia, pois todo o modelo se utiliza de aplicativos de código aberto (aplicativos gratuitos) e baixo custo contundo, com uma resposta de alta confiabilidade e precisão.

Ao finalizar a pesquisa faz-se um destaque a importância que o método para apoio a decisão contém uma substancial precisão e possibilita a inserção de vários usuários e integrando todos em uma única base de informação, e assim, gerar uma análise para a solução de problemas na ocupação urbana e de como os municípios podem propor melhorias as suas necessidades, permitindo combinar, comparar e transformar informações espaciais e não espaciais em resultados para a tomada de decisão.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIKO, A. K., ALMEIDA, M. A., & BARREIROS, M. A. (1995). Urbanismo: História e Desenvolvimento. *Texto Técnico*, 1-49.
- ACIOLY, C., & DAVIDSON, F. (2011). *Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana* (2º ed., Vol. 1). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: MAUAD editora Ltda.
- AGUAR, A. P., DALLA-NORA, E. L., ASSIS, T. O., MELO, D., & BEZERRA, F. G. (dezembro de 2016). Trabalhando com LuccME 3.0. *1*, 40. São José dos Campos, São Paulo, Brasil: INPE.
- Aguena Castro, M. L., & Oliveira Castro, R. (2008). Automatos celulares: implementações de Von Neumann Conway e Wolfram. *Revista de ciencias exatas e tecnologia*, *III*(3), 89-106.
- Al Gore. (31 de janeiro de 1998). *The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century*. Acesso em 03 de maio de 2017, disponível em California Science Center : [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=6210](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6210).
- ALVARES, G. T. (1942). *A luta na epopeia. Uma obra de engenharia nacional*. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: Grafica do Jornal do Brasil.
- ARAÚJO, P. C. (2008). As formas de expressão da Cartografia. Em E. A. CARVALHO, *Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I : geografia* (p. 248). Natal, Rio Grande do Norte, Brasil: EDUFRN.
- ARRAIS, T. A. (2016). *A produção do território goiano: economia, urbanização, metropolização* (2 ed., Vol. 1). Goiânia, Goiás, Brasil: UFG.
- ASSAD, E. D., & SANO, E. S. (1998). *Sistema de informação geográfica: aplicações na agricultura* (2 ed.). (E. D. ASSAD, Ed.) Brasília, Distrito Federal, Brasil: Embrapa.
- BATTY, M. (2003). Agents, cells and cities: New representational models for simulating multi-scale urban dynamics. *Center advanced spatial analysis: working paper series*, *1*(1), 1-19.
- BRASIL, E. D. (2002). *Estatuto da cidade: guia para implementação pelos municípios e cidades* (Vol. 1). Brasília, Distrito Federal, Brasil: Câmara dos Deputados.
- BRASIL, M. (2005). *Plano Diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos* (2ª ed.). Brasília, Distrito Federal, Brasil : Ministério das Cidades.

- BURROUGH, P., MCDONNELL, R., & LLOYD, C. D. (2015). *Principles of Geographical Information Systems*. (3, Ed.) New York, New York, USA: OXFORD.
- CAIXETA, E. M., & ROMEIRO, B. (2015). *Interlocuções da arquitetura moderna no Brasil: o caso de Goiânia e de outras modernidades* (1 ed.). Goiânia, Goiás, Brasil: UFG.
- CÂMARA, G., DAVIS, C., & MONTEIRO, A. M. (2001). *Introdução à ciência da geoinformação*. São Jose dos Campos, São Paulo, Brasil: INPE. Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>
- COSTA, L. R., PEREIRA, M. L., BORGES, U. C., & FARIAS, K. M. (out. de 2012). PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO NA URBANIZAÇÃO DE GOIÂNIA: ESPAÇOS DE CONSUMO. *RENEFARA*, 3(3), pp. 175-183. Fonte: <http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/renefara/article/view/125/111>
- 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.
- DRUCK, S., CARVALHO, M., CÂMARA, G., & MONTEIRO, A. (2004). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, Distrito federal, Brasil: EMBRAPA.
- DUARTE, F. (2007). *Planejamento urbano* (2º ed.). Curitiba, Parana, Brasil: Ibpex.
- FEITOSA, F. d., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M., KOSCHITZKI, T., & SILVA, M. P. (2007). De conceitos a medidas territoriais: A construção de índices espaciais de segregação urbana. Em C. M. ALMEIDA, G. CÂMARA, & A. M. MONTEIRO, *Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual* (pp. 86-105). Cubatão, São Paulo, Brasil: Oficina de textos.
- FEITOSA, F. F., MARETTO, R. V., & MONTEIRO, A. M. (2014). URBIS-Caraguá: Um Modelo de Simulação Computacional para a Investigação de Dinâmicas de Ocupação Urbana em Caraguatatuba, SP. *XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 1(1)*. São Pedro: ABEP.
- FREITAS, M. R., & NEGRÃO, G. N. (jul. - dez. de 2014). Vazios urbanos: estudo de caso no município de Guarapuava-PR. *Geographia Opportuno Tempore*, 01, 480-493.
- GIOMETTI, A. B., PITTON, S. E., & ORTIGOZA, S. A. (2012). Leitura do Espaço Geográfico Através das Categorias: Lugar, Paisagem e Território. Em A. B.

- Giometti, *Conteúdos e didática de GeoGRaFia* (1 ed., Vol. 9, p. 22). Unesp/UNIVESP.
- GOIÂNIA. (29 de Maio de 2007). LEI COMPLEMENTAR Nº 171. *Dispõe sobre o Plano Diretor e o processo de planejamento urbano do Município de Goiânia e dá outras providências*. Goiânia, Goiás, Brasil.
- GOIÂNIA, P. M. (25 de 02 de 2017). *PARQUES E BOSQUES*. Fonte: Gestão Municipal : <http://www4.goiania.go.gov.br/portal/goiania.asp?s=2&tt=con&cd=1265>
- GOIÂNIA, S. (2003). *Agenda 21: Goiânia* (1º ed.). Goiânia, Goiás, Brasil: UCG - Universidade Católica de Goiás.
- GOIÁS, S. (2011). *Dinâmica populacional de Goiás: Análise de resultados do censo 2010 - IBGE* (1 ed., Vol. 1). (M. A. FERNANDO, Ed.) Goiânia, Goiás, Brasil: SEGPLAN.
- IBGE. (1970). *Anuario estatístico* (Vol. 31). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: IBGE.
- IBGE, I. (2011). *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário*. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil : Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão.
- LEFEBVRE, H. (2001). *O direito a cidade* (5 ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: Centauro editora.
- LEITE, M. E., & FRANÇA, I. S. (2009). Revista OKARA: Geografia em debate. v.3(2), 223-347.
- LIBAULT, C. (1971). *Os quatros níveis de pesquisa geográfica. Os métodos em questão*. São Paulo: USP/IG.
- LIMA, S. B. (2007). A INFLUÊNCIA NORTE-AMERICANA NOS SISTEMAS DE ÁREAS VERDES DO URBANISTA FRANCISCO PRESTES MAIA. (5).
- Liu, Y. (2008). *Modelling urban with geographical information systems and cellular automata* (Vol. 1). new york: CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420059908>
- LOPES, R. (1998). *A cidade internacional: o planejamento estratégico de cidades* (1 ed.). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: MAUAD editora Ltda.
- Massabki, J. A., Peixoto, A. S., & Manzato, G. G. (2017). Modelagem dos padrões da expansão urbana da região metropolitana de São paulo baseado em Automatos Celulares. *URBE - REvista brasileira de gestão urbana*, 9(1), 361-371. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.sup11.ao08>

- MENEZES, P. L., & FERNANDES, M. d. (2013). *Roteiro de Cartografia* (Vol. 1). São Paulo, São Paulo, Brasil: Oficina de Textos.
- MOURA, A. C. (2003). *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte, MG, Brasil: Ed. da autora.
- MOYSÉS, A. (2005). *Cidade, segregação urbana e planejamento* (1 ed.). Goiânia, Goiás, Brasil: UCG.
- MULLIGAN, M., & WAINWRIGHT, J. (2004). *Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity*. Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Ltd.
- OESTE, I. d. (2008). *Zoneamento Ecológico - Econômico do Município de Goiânia*. SEPLAN. Goiânia: Prefeitura Municipal de Goiânia.
- OJIMA, R., MONTEIRO, F. F., & NASCIMENTO, T. L. (7 de jan/abr de 2015). Urbanização dispersa e mobilidade no contexto metropolitano de Natal: a dinâmica da população e a ampliação do espaço de vida. *urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana*, pp. 9-20. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.001.AO01>
- OLIVEIRA, A. M. (2001). Plano Diretor de Goiânia- Luis Saia- 1962. *I*(1), 29-48.
- OLIVEIRA, A. M., & PEIXOTO, E. R. (janeiro de 2009). ESTUDOS DE BAIRROS: ENTRE A ARQUITETURA E A HISTÓRIA. *59ª revista Mosaic*, 2, pp. 59-67.
- PALACIN, L., & MORAES, M. A. (2008). *Historia de Goiás*. Goiânia, Goiás, Brasil: UCG.
- QUEIROZ, G. R., & FERREIRA, K. R. (2006). Representação Computacional de Dados Geográficos. *Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos*, 104. São José dos Campos, Rio de Janeiro, Brasil: INPE.
- RAFIEE, R., MAHINY, A. S., KHORASANI, N., DARVISHSEFAT, A. A., & DANEKAR, A. (2009). Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *CITIES - The international journal of urban policy and planning*, 26(1), 19-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2008.11.005>
- REIS FILHO, A. A. (2012). *Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto das cidades: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesse*. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais.
- RIBEIRO, M. E. (2004). *Goiânia: os planos, a cidade e o sistema de áreas verdes*. Goiânia, Goiás, Brasil: UCG.

- SÁENZ, J. A., QUINTANA, L. C., PEÑA, L. C., & HERNANDEZ, V. H. (2015). Identificación de patrones de crecimiento urbano en el área de ciudad Ciuhuétemoc, Chihuahua: 2003-2010. Em L. C. CEJUDO, M. E. OLAVE, H. L. VILLALOBOS, L. C. PEÑA, L. C. QUINTANA, F. S. GUTIERREZ, & E. L. GONZALEZ, *Geoinformática aplicada a procesos geoambientales en el contexto local y regional: teledetección y sistemas de información geográfica* (pp. 91-113). Ciudad Juárez, Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- SANTOS, M. (janeiro de 2001). Quem está na frente é o povo. *Cadernos Le monde Diplomatique*.
- SAQUET, M. A., & Silva, S. S. (2008). Milton Santos: Concepções de geografia, espaço e território. *Geo UERJ*, 2, 24-42.
- SCANAVACA JUNIOR, L. (01-07 de 11 de 2012). Áreas verdes como subsídio ao planejamento urbano. *XVI Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 1ª*, 279-283. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil: Sociedade Brasileira de arborização urbana - SBAU.
- SOARES FILHO, B. S. (2000). *Modelagem de dados espaciais*. UFMG, departamento de cartografia - Centro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte: UFMG.
- TRINDADE, D. (2003). *Planos diretores: a experiência de Aguas Lindas* (1º ed.). Goiânia, Goiás, Brasil: UCG.
- TUCCI, C. (2005). *MODELOS HIDROLOGICOS* (Vol. 2). Porto Alegre, RS, Brasil: UFRGS.
- 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. *116*, 45-61. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(98\)00156-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(98)00156-2)
- ZAIDAN, R. T., & SILVA, J. X. (2004). Geoprocessamento aplicado ao zoneamento de área com necessidade de proteção: o caso do parque estadual do Ibitipoca - MG. Em R. T. ZAIDAN, & J. X. SILVA, *Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações* (p. 368). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, BRasil: Bertand Brasil.

## ANEXOS

ANEXO 01 - Relação dos pontos de controle para geração das curvas de nível

| PONTO   | ELEVAÇÃO | COORD - X  | COORD - Y   |
|---------|----------|------------|-------------|
| prtk001 | 811,396  | 679779,242 | 8148396,439 |
| prtk002 | 815,132  | 679827,842 | 8148302,984 |
| prtk003 | 816,341  | 679815,092 | 8148270,622 |
| prtk004 | 820,137  | 679751,088 | 8148177,984 |
| prtk005 | 815,555  | 679647,773 | 8148270,027 |
| prtk006 | 811,169  | 679486,419 | 8148331,824 |
| prtk007 | 810,905  | 679608,377 | 8148377,589 |
| prtk008 | 809,220  | 679674,394 | 8148440,026 |
| prtk009 | 808,244  | 679765,119 | 8148477,372 |
| prtk010 | 801,862  | 679840,411 | 8148596,894 |
| prtk011 | 802,208  | 679793,486 | 8148597,803 |
| prtk012 | 805,017  | 679612,137 | 8148525,549 |
| prtk013 | 806,708  | 679557,939 | 8148467,113 |
| prtk014 | 793,349  | 679289,161 | 8148559,567 |
| prtk015 | 794,229  | 679387,619 | 8148635,816 |
| prtk016 | 797,686  | 679606,396 | 8148657,909 |
| prtk017 | 799,604  | 679678,927 | 8148649,704 |
| prtk018 | 800,318  | 679530,322 | 8148580,065 |
| prtk019 | 817,162  | 679384,448 | 8148159,217 |
| prtk020 | 820,458  | 679446,503 | 8148095,860 |
| prtk021 | 825,082  | 679393,849 | 8147966,651 |
| prtk022 | 820,052  | 679271,906 | 8148061,689 |
| prtk023 | 820,100  | 679367,242 | 8148080,290 |
| prtk024 | 799,676  | 678925,370 | 8148355,966 |
| prtk025 | 801,834  | 678860,880 | 8148309,643 |
| prtk026 | 801,539  | 678768,309 | 8148294,140 |
| prtk027 | 798,623  | 678777,504 | 8148409,075 |
| prtk028 | 793,709  | 678902,165 | 8148513,889 |
| prtk029 | 786,670  | 679089,763 | 8148604,616 |
| prtk030 | 793,346  | 679244,757 | 8148484,850 |
| prtk031 | 806,095  | 679375,494 | 8148392,615 |
| prtk032 | 820,023  | 679271,955 | 8148061,714 |
| prtk033 | 815,752  | 679176,979 | 8148131,006 |
| prtk034 | 810,148  | 679014,699 | 8148210,939 |
| prtk036 | 804,304  | 678811,083 | 8148231,608 |
| prtk035 | 812,434  | 678866,376 | 8148139,532 |
| prtk037 | 809,365  | 678920,604 | 8148210,182 |
| prtk038 | 817,843  | 679020,792 | 8148068,334 |
| prtk039 | 821,506  | 678915,237 | 8147978,389 |
| prtk040 | 825,038  | 678780,308 | 8147899,597 |
| prtk041 | 826,224  | 678726,304 | 8147874,123 |
| prtk042 | 823,984  | 678652,882 | 8147925,653 |
| prtk043 | 822,942  | 678722,270 | 8147949,742 |
| prtk044 | 835,728  | 678534,557 | 8147686,084 |
| prtk045 | 837,735  | 678362,950 | 8147682,550 |
| prtk046 | 828,135  | 678370,610 | 8147930,214 |

|         |         |            |             |
|---------|---------|------------|-------------|
| prtk047 | 827,471 | 678396,739 | 8147940,783 |
| prtk048 | 831,196 | 678299,558 | 8147869,422 |
| prtk049 | 831,799 | 678215,362 | 8147890,818 |
| prtk050 | 832,820 | 678103,107 | 8147896,557 |
| prtk051 | 826,008 | 678273,804 | 8148047,126 |
| prtk052 | 824,113 | 678335,192 | 8148082,037 |
| prtk053 | 821,337 | 678528,335 | 8148046,097 |
| prtk054 | 823,389 | 678550,987 | 8147978,039 |
| prtk055 | 821,329 | 678528,382 | 8148046,091 |
| prtk056 | 818,608 | 678607,924 | 8148072,311 |
| prtk057 | 818,079 | 678613,367 | 8148085,221 |
| prtk058 | 804,329 | 678811,077 | 8148231,666 |
| prtk059 | 815,319 | 678763,930 | 8148076,367 |
| prtk060 | 800,955 | 678750,926 | 8148638,219 |
| prtk061 | 802,123 | 678721,702 | 8148643,137 |
| prtk062 | 800,050 | 678657,648 | 8148810,774 |
| prtk063 | 797,555 | 678581,228 | 8148949,351 |
| prtk064 | 794,437 | 678627,979 | 8148998,228 |
| prtk065 | 790,985 | 678681,799 | 8149054,336 |
| prtk066 | 787,475 | 678731,042 | 8149106,735 |
| prtk067 | 786,191 | 678794,834 | 8149062,552 |
| prtk068 | 787,324 | 678869,865 | 8148910,655 |
| prtk069 | 792,767 | 678711,008 | 8148967,810 |
| prtk070 | 793,667 | 678778,342 | 8148858,801 |
| prtk071 | 795,707 | 678695,386 | 8148887,494 |
| prtk072 | 793,681 | 678902,168 | 8148513,880 |
| prtk073 | 794,481 | 679387,588 | 8148777,224 |
| prtk074 | 798,716 | 679473,043 | 8148836,596 |
| prtk075 | 792,983 | 679167,126 | 8148934,667 |
| prtk076 | 790,094 | 679172,221 | 8148809,807 |
| prtk077 | 786,341 | 679065,775 | 8148871,185 |
| prtk078 | 785,544 | 679027,751 | 8148980,045 |
| prtk079 | 784,650 | 678988,471 | 8149066,190 |
| prtk080 | 794,073 | 679149,327 | 8149063,220 |
| prtk081 | 784,607 | 678949,280 | 8149188,322 |
| prtk082 | 783,169 | 678810,235 | 8149152,637 |
| prtk083 | 783,032 | 678877,919 | 8149045,265 |
| prtk084 | 789,463 | 678942,056 | 8148743,286 |