



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/01.14.19.26-TDI

**GRADIENTE DE COMPLEXIDADE ESTRUTURAL -  
GCE COMO EXPRESSÃO DO URBANO EM UM  
TRECHO DA RODOVIA TRANSAMAZÔNICA NO  
PARÁ**

Bruna Virginia Neves

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto, orientada  
pelo Dr. Antonio Miguel Vieira  
Monteiro, aprovada em 21 de  
dezembro de 2016.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3N78KJ5>>

INPE  
São José dos Campos  
2017

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@inpe.br

## **COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):**

### **Presidente:**

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

### **Membros:**

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/01.14.19.26-TDI

**GRADIENTE DE COMPLEXIDADE ESTRUTURAL -  
GCE COMO EXPRESSÃO DO URBANO EM UM  
TRECHO DA RODOVIA TRANSAMAZÔNICA NO  
PARÁ**

Bruna Virginia Neves

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto, orientada  
pelo Dr. Antonio Miguel Vieira  
Monteiro, aprovada em 21 de  
dezembro de 2016.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3N78KJ5>>

INPE  
São José dos Campos  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Neves, Bruna Virginia.

N414g Gradiente de complexidade estrutural - GCE como expressão do urbano em um trecho da rodovia Transamazônica no Pará / Bruna Virginia Neves. – São José dos Campos : INPE, 2017.

xx + 78 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/01.14.19.26-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

Orientador : Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro.

1. Espacialidade urbana. 2. Morfologia urbana.  
3. Planejamento territorial. 4. Representações computacionais.  
5. Amazônia. I.Título.

CDU 711.73(811.5)

---



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).


This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aluno (a): **Bruna Virginia Neves**

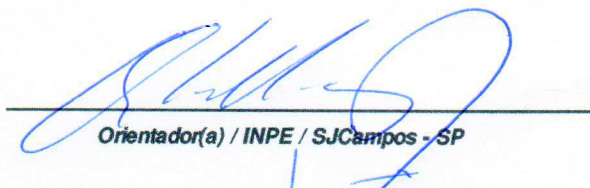
**"GRADIENTE DE COMPLEXIDADE ESTRUTURAL-GCE COMO EXPRESSÃO DO URBANO EM UM TRECHO DA RODOVIA TRANSAMAZÔNICA NO PARÁ"**

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de **Mestre** em  
**Sensoriamento Remoto**

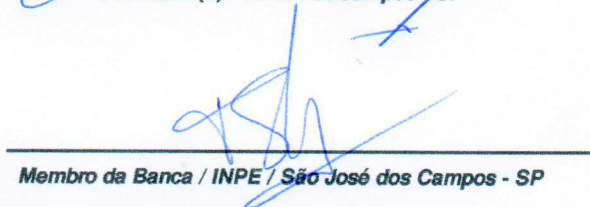
Dra. Silvana Amaral Kampel

  
\_\_\_\_\_  
Presidente / INPE / SJC Campos - SP

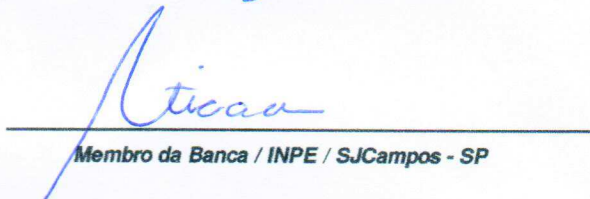
Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro

  
\_\_\_\_\_  
Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

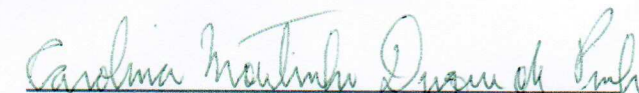
Dr. Thales Sehn Körting

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dra. Maria Isabel Sobral Escada

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Carolina Moutinho Duque de Pinho

  
\_\_\_\_\_  
Convidado(a) / CECS/UFABC / São Bernardo do Campo - SP

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

unanimidade



“Mas os que esperam no Senhor renovarão as forças, subirão com asas como águias;  
correrão, e não se cansarão; caminharão, e não se fatigarão”.

**Isaías 40.31**





A Elza e Jeton, pais;  
Barbara, Bianca e Beatriz, irmãs;  
Flávia e Laura, sobrinhas;  
e Zilda, avó.



## AGRADECIMENTOS

Sou grata em primeiro lugar a Deus, pelas grandes obras realizadas na minha vida, mas também pelas pequenas vitórias cotidianas. Agradeço também à minha família, especialmente, a meus pais, irmãs, cunhados e sobrinhas, que me incentivaram e ofereceram o suporte necessário nestes últimos anos, ainda que à distância.

Ao Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro, meu orientador, por haver acreditado no meu potencial e me oferecido suporte no decorrer do trabalho. Agradeço pela persistência, paciência e pelo rigor, também, deixando claro que acreditava em mim mesmo nos momentos de crise instaurada.

Aos membros da banca, Dra. Silvana Amaral Kampel, Dra. Maria Isabel S. Escada, Dr. Thales Zehn Korting e Dra. Carolina Moutinho Duque de Pinho, pelas importantes contribuições ao trabalho. Especialmente ao professor Thales, pela disposição em ajudar no decorrer do trabalho, recebendo seus alunos com generosidade.

À Capes e ao Inpe, pelo financiamento e pela infraestrutura necessários.

Aos meus professores da graduação: Giulle da Mata, Clarisse Vilela, Paulo Monteiro, Luiz Fernando Rispoli Alves e Sandra Nogueira, minha orientadora e amiga querida. Por meio das nossas conversas, este trabalho teve início.

Aos pesquisadores João Pedro Cordeiro e Raian Mareto, pela ajuda com os softwares e rotinas e também pela gentileza e disponibilidade.

Aos servidores: Seu Lilico, Raimundo, Seu Kazuo, Seu Barbosa, Dna Celina, Cristiane, Seu Nestor, Seu Manoel e Seu Claudio, representando os demais servidores do Inpe que sempre cumprimentam a todos com um sorriso no rosto.

Às meninas e aos poucos meninos do grande grupo do trio “Miguel, Silvana e Bel”: Ana, Anielli, Lidiane, Juliana, Fernanda, Renata, Roberta, Tatiana, Carla, Sacha, Vinicius e Jaidson, agradeço pela amizade e apoio, no término do curso, bem como pelos momentos de jogar conversa fora. Agradeço também pelo aprendizado no trabalho de campo. Com a Ana Dal’Asta, especialmente, eu tive exemplo de iniciativa, competência, dedicação e humildade. Mas, principalmente, exemplo de uma generosidade sem precedentes. Obrigada, Ana, pela convivência. Junto a ela, agradeço também ao Jaidson, que mesmo tentando fazer com que eu caminhasse com mais autonomia, acabava por me socorrer desde os primeiros trabalhos. Dedico aos dois o meu afeto.

Aos colegas do Sere, turma 2014, pela ajuda e companheirismo. Especialmente os “salvadores”: Hugo, Davi e Rodolfo, pela disposição constante, e os Cberianos (nosso grupo “sem grupo”): João Pompeu, Renan, Marcio Malafaia, Heloisa, Éder e Evelyn Possa, amiga querida, que me ofereceu muito suporte e muita troca de ideias, regadas com café.

Às meninas da República Mansão, da primeira formação: Aline, Rani e Laura, pela convivência e explorações nos parques e feiras da cidade; e da segunda geração: Lu, Bruna, Yhasmin e Leandra, por tornar a “casa dos aflitos” um lugar alegre e saudável, graças à presença das “nossas” cachorrinhas: Cacau, Jazz e Tadinha.

A Grasielle Jorge e Marcia Sant’Ana, pelo companheirismo e amizade de anos.

Às irmãs Rita, Nilza e Jorgina, que me permitiram desfrutar de uma família, estando a minha distante, e todos os meus demais irmãos de São José dos Campos, que me receberam com amor verdadeiro. Às irmãs companheiras do grupo da Limpeza, que me ensinaram a trabalhar com bondade e alegria. Também às crianças e aos idosos que têm enchido a minha vida de amor: Sofia, Lara e Gabriel; Ana, Gustavo, Nathan e Heitor, representando todos os pequenos da casa da irmã Rita e da reunião de jovens e menores; Além de todos, à Marcia Fazan, minha querida professora de música, pelas lições que, além de música, cultura e bem-estar, levavam a boas conversas.

Às irmãs e amigas Andrea, Andressa, Geane e Luciene, pelo companheirismo, desde a minha chegada, e por me fazerem entender que qualquer luta pode ser vencida pela comunhão. À irmã e amiga Josy, também, por entender a minha ausência e por se fazer presente em momentos importantes. Ao Felipe (chato) e ao Adriano, pelas conversas via whatsapp nas madrugadas de trabalho. Também aos meus “irmãozinhos” Misael e Miriã, por me deixarem participar de suas vidas. Por fim, ao Lucas, que possibilitou um ano (2015) mais leve e esperançoso.

Às queridas Luciana e Alessandra, que dividiram comigo suas vivências na pós e foram grandes incentivadoras na fase final do trabalho. Sem esse apoio eu teria muita dificuldade para vislumbrar o término desta batalha. As conversas sobre a igreja e a graça de Deus ficarão para sempre e creio que teremos sempre assunto e experiências a trocar. Construimos juntas uma bela amizade.

Aos moradores da região da Transamazônica, sempre dispostos a ajudar na minha busca pela compreensão do espaço, principalmente o Senhor Pedro Birro Rosa, pioneiro na Transamazônica, que desenhou (e desvendou) a cidade de Uruará, no Km 180, e, com imensa generosidade, dividiu parte de suas experiências comigo; especialmente, também, a minha extensa família, com destaque para a minha avó Zilda, com seus maravilhosos bolinhos e doces de banana, que tornaram o trabalho de campo mais cheio de afeto.

Sobretudo, deixo um tributo aos meus avós: Antônio Neves, Geraldo e Virginia Barbosa, colonos que iniciaram a minha história na Transamazônica e que deixaram como herança a honra, a bondade e o amor.

“— Miguilim, este feixinho está muito pesado para você?” “—Tio Terês, está não. Se a gente puder ir devagarinho como precisa, e ninguém não gritar com a gente para ir depressa demais, então eu acho que nunca que é pesado...”  
Guimarães Rosa.

## RESUMO

O Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas apresentou em 2014 a revisão dos prospectos para a urbanização em escala global: 54% da população mundial vivendo em áreas urbanas. As projeções apontam para 66% em 2050. No Brasil, em 2010 a taxa de urbanização era de 84,36%, enquanto que em 1940 era de 31,24%. Para a Amazônia Legal, 74% da população residem em áreas urbanas. Na região norte a taxa de urbanização passou de 27,75% em 1940 para 73,53% em 2010. Estes números sustentam o *fato urbano* na Amazônia. Mesmo com a consistente produção sobre o fato urbano na Amazônia, a exploração de possibilidades de sua representação espacial permanece sendo pouco explorada na produção de representações para a *espacialidade urbana* na região. Os municípios amazônicos são territórios extensos, de densidades de ocupação variada, que comportam além de sua cidade-sede, vilas, distritos, localidades, comunidades, enfim, um conjunto diverso de unidades de ocupação humana (UOH) em diferentes arranjos e níveis de aglomeração. Expressões espaciais do *fato urbano* amazônico não podem prescindir de trazer elementos desta espacialidade urbana a partir destas UOH espalhadas por um *território estendido* além dos limites municipais. Este trabalho propõe a construção de uma representação para o componente morfológico – *formas visíveis* da *espacialidade urbana* - aplicado a situações Amazônicas. Procura-se definir uma expressão do urbano, simplificada, a partir de arranjos espaciais de elementos constitutivos básicos. Estes elementos são definidos a partir de uma matriz conceitual derivada do campo da Morfologia Urbana, com adaptações para contextos que exploram o planejamento de territórios estendidos. Uma *Tipologia dos Tipos Básicos* para este contexto é definida. Uma matriz instrumental, com base em imagens de SR de média resolução espacial (>2,5m. e <15m.), técnicas de PDI e geoprocessamento integradas em ambiente SIG foi desenvolvida para produzir esta representação com base na Tipologia supracitada. Esta proposta possibilita cartografias auxiliares ao Planejamento Territorial em áreas de urbanização estruturalmente diversificadas, caso típico que encontramos na Amazônia Brasileira. Neste trabalho, as UOH são desmontadas em *Tipos Básicos* e reagrupadas em conjunto de células. Estas células possuem um conjunto de atributos, relativos às propriedades espaciais dos *Tipos Básicos* que elas contém. Uma medida síntese que representa a complexidade do número e dos arranjos dos *Tipos Básicos* nas células é definida. Esta medida possibilita uma ordenação das células, o que permite a produção de um mapa do *gradiente de variação* desta medida síntese chamado de **Gradiente de Complexidade Estrutural - GCE**. Para avaliar a proposta metodológica e os instrumentos propostos para sua operacionalização uma representação **GCE** foi desenvolvida para um trecho da rodovia Transamazônica (BR-230) no estado do Pará. Uma análise de sua adequação, enquanto representação daquela *espacialidade urbana* é discutida.

**Palavras-chave:** Fato urbano. Espacialidade Urbana. Morfologia Urbana. Planejamento Territorial. Representações Computacionais. Amazônia



## COMPUTATIONAL EXPRESSIONS OF THE URBAN SPATIALITY FOR A SECTION OF THE TRANSAMAZÔNICA, PARÁ

### ABSTRACT

The Department of Economic and Social Affairs of the United Nations presented in 2014 the revision of its prospects for urbanization on a global scale: 54% of the world population living in urban areas. Projections point to 66% in 2050. In Brazil, in 2010 the urbanization rate was 84.36%, while in 1940 the rate was 31.24%. For the Legal Amazônia, 74% of the population lives in urban areas. In the northern region the rate of urbanization increased from 27.75% in 1940 to 73.53% in 2010. These numbers support the *urban fact* in the Amazônia. Even with the consistent production on the *urban fact* in the Amazônia, methodologies for building spatial representation for the *urban spatiality* in the region remains little explored. The Amazonian municipalities are vast territories, with occupation of varied densities, which have in addition to their main city center, villages, districts, localities, communities, and finally, a diverse set of human occupation units (UOH) that appears in different spatial arrangements and levels of agglomeration. Spatial expressions of the Amazonian *urban spatiality* can not dispense with bringing elements from these UOH scattered over a territory extended beyond the municipal limits. This work proposes the construction of a representation for the morphological component - *visible urban forms* of this particular Amazonian *urban spatiality*. It seeks to define an urban expression, simplified, from spatial arrangements of basic constituent elements. These elements are defined from a conceptual matrix derived from the field of *Urban Morphology*, with adaptations to contexts that explore the planning of extended territories. A typology of the *Basic Types* for this context is defined. An instrumental matrix, based on Remote Sensing Images of medium spatial resolution ( $> 2.5m$  and  $<15m$ ), Image Processing and Geoprocessing techniques integrated in a GIS environment was developed to produce this representation based on the aforementioned Typology. This proposal allows for building ancillary cartography to Territorial Planning in areas of structurally diversified urbanization, a typical case that we find in the Brazilian Amazônia. In this work, the UOH are disassembled into *Basic Types* and reassembled in a set of cells. These cells have a set of attributes, relative to the spatial properties of the *Basic Types* that they contain. A synthesis measure that represents the complexity of the number and arrangement of the *Basic Types* in cells is defined. This measurement enables a cell ordering, which allows the production of a *map of the gradient of variation* of this synthesis measure. We call this *Gradient of Structural Complexity - GEC map*. In order to evaluate the methodological proposal and the instruments proposed for its generation, a *GEC* representation was developed for a section of the Transamazônia Highway (BR-230) in the state of Pará. An analysis of its adequacy as a representation of this singular *urban spatiality* is discussed.

**Key-words:** Urban fact. Urban Spatiality. Urban Morphology. Territorial Planning. Computational Representations of the Geographical Space. Amazônia





## LISTA DE FIGURAS

|   | <b><u>Pág.</u></b> |
|---|--------------------|
| Figura 2.1 - Áreas de ocupação do Projeto de Integração e Colonização I (PIC-TAI). .....  | 24                 |
| Figura 2.2 - Modelo de Implantação de Lotes nos Travessões.....   | 25                 |
| Figura 2.3 - Projeto de Agrovila Implantada na Transamazônica.....  | 26                 |
| Figura 2.4 - Modelo de Implantação de Agrovilas na Transamazônica.....  | 27                 |
| Figura 3.1 - Diagrama Metodológico Esquemático Geral.....   | 34                 |
| Figura 3.2 – Localização da área de estudo com a delimitação das cenas RapidEye.....  | 35                 |
| Figura 3.3 – Sequência de procedimentos gerais para a identificação dos Tipos Básicos.....  | 38                 |
| Figura 3.4. Resultado da composição da imagem RapidEye com aplicação do filtro na Banda 2 . a) banda original e b) resultado composição da imagem tendo sido a banda 2 destacada pela aplicação do filtro. 41 | 41                 |
| Figura 3.5 - Rotina de segmentação empregada para a extração dos <i>Tipos</i> ... 42  | 42                 |
| Figura 3.6. Espaço celular e território estendido .....   | 46                 |
| Figura 3.7 - Tipologia dos Arranjos dos <i>Tipos Básicos</i> no território estendido. 51  | 51                 |
| Figura 4.1 - Gradiente de Complexidade Estrutural para a área de estudo. ....   | 56                 |
| Figura 4.2 – Nucleos Urbanos no eixo central horizontal (Transamazônica) do Continuum.....  | 58                 |
| Figura 4.3 – Conglomerados afastados do eixo central horizontal (Transamazônica) do Continuum. ....   | 60                 |
| Figura 4.4 – Espaços do tipo sem Formas (EsF) .....   | 61                 |



## LISTA DE TABELAS

|   | <b><u>Pág.</u></b> |
|---|--------------------|
| Tabela 3.1 – Tipologia da Matriz de Formas Urbanas Adaptada para o Contexto do Recorte Amazônico: <i>Tipos básicos</i> . .... | 37                 |
| Tabela 3.2 – Conjunto de imagens utilizadas para a extração dos elementos na área de estudo. ....                             | 38                 |
| Tabela 3.3 - Procedimentos para a identificação de cada <i>Tipo Básico</i> . ....   | 40                 |
| Tabela 3.4 - Operações utilizadas na integração dos <i>Tipos Básicos</i> ao espaço celular.....                               | 47                 |
| Tabela 3.5 - Operações utilizadas para a integração dos <i>Tipos Básicos</i> ao espaço celular. ....                          | 49                 |



## SUMÁRIO

|  | <b><u>Pág.</u></b> |
|--|--------------------|
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 1                  |
| 1.1. Objetivo geral.....   | 10                 |
| 1.2. Objetivos específicos.....  | 10                 |
| 1.3. Estrutura da dissertação.....   | 11                 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 13                 |
| 2.1. A <i>Urbe</i> Amazônida.....  | 13                 |
| 2.2. A Espacialidade Urbana e seus Componentes.....  | 15                 |
| 2.3. Morfologia Urbana e Planejamento Territorial .....  | 17                 |
| 2.4. Representações Computacionais da Espacialidade Urbana – Expressões<br>do Urbano na Amazônia.....                | 21                 |
| 2.5. Histórico de Planejamento e Ocupação da Transamazônica e do seu<br>Trecho entre Uruará e Altamira no Pará ..... | 22                 |
| 2.6. Referenciais Técnicos e Instrumentais .....   | 28                 |
| 2.6.1. O uso de SR de Média Resolução .....  | 29                 |
| 3 CONSTRUÇÃO METODOLÓGICA .....  | 31                 |
| 3.1. Área de estudo.....   | 34                 |
| 3.2. Etapa 1 - Definição e Identificação dos <i>Tipos Básicos</i> .....  | 35                 |
| 3.2.1. Definição da Tipologia da Matriz de Formas Urbanas Adaptada ..  | 35                 |
| 3.2.2. Identificação dos Tipos Básicos: Elementos Espaciais de<br>Estruturação Territorial.....                      | 38                 |
| 3.3. Distribuição espacial dos <i>Tipos Básicos</i> considerando o território<br>estendido.....                      | 45                 |
| 3.4. Arranjo compositivo dos <i>Tipos Básicos</i> no espaço celular .....  | 46                 |
| 3.5. Configuração Contextual e Produção do GCE - Gradiente de<br>Complexidade Estrutural .....                       | 49                 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 55                 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....  | 63                 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 67                 |

|  |    |
|--|----|
| APÊNDICE A - Métricas do GeoDMA utilizadas para classificação dos tipos básicos .....              | 75 |
| APÊNDICE B - Exemplos de Árvores de Decisão para Classificação dos Tipos Básicos da Cena 403 ..... | 77 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas apresentou, para o ano de 2014, a revisão dos prospectos para a urbanização em escala global. O quadro apresentado mostra que em 2014 já havia 54% da população mundial vivendo em áreas urbanas. Em 1950 havia 30% e as projeções feitas em 2016 apontam 66% desta população vivendo em áreas urbanas em 2050 (UN-WUP, 2014). Associado à revisão de 2015 para o relatório das Nações Unidas, que trata da situação da População Mundial (UN-WPP, 2015), é possível caracterizar de maneira geral essa população urbana e entender melhor sua distribuição espacial na escala global. A África é o continente que terá o maior crescimento populacional considerando as estimativas até 2050. E, ainda que de maneira espacialmente diferenciada, esta população se distribuirá pelo grande continente Africano, com uma parcela urbana estimada em 56%, quando em 2014 este número era de 40% (UN-WUP, 2014). Embora, na escala continental, a América Latina e o Caribe apresentem taxas estimadas de crescimento populacional baixas, nas escalas nacional e subnacional, a distribuição espacial desta população e o grau de sua urbanização são expressivos.

No Brasil, graças à série histórica produzida pelo IBGE, por meio dos censos demográficos e da PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, sabe-se que em 2010 (último censo realizado) a taxa de urbanização (*Porcentagem da população da área urbana em relação à população total*) apresentada para o País corresponde a 84,36%, enquanto que em 1940 a taxa era equivalente a 31,24% (IBGE, 2015a). Embora elevada, a distribuição espacial desta taxa entre as regiões do país - nas regiões, entre seus estados; e nos estados, entre seus municípios e tomando também o interior destes municípios - nos mostra diferenças regionais significativas nas estratégias e acomodações locais desta urbanização.

Para a *Amazônia Legal*<sup>1</sup>, um recorte espacial estabelecido em lei, que abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e 195 municípios do Maranhão, existe uma população residente de aproximadamente 24 milhões de pessoas, das quais quase 74% residem em áreas urbanas (VALERIANO et al., 2012; IBGE, 2014). Na região norte (que envolve todos os estados da *Amazônia Legal* menos o Mato Grosso e o Maranhão), a taxa de urbanização saltou de 27,75% em 1940 para uma taxa de 73,53% em 2010 (IBGE, 2015a)<sup>2</sup>. Os números sustentam o *fato urbano* na Amazônia, ainda que continue negligenciado e com dificuldade de inserção nas agendas técnico-científicas nacional e internacional, que fomentam as discussões sobre as potencialidades da região (MONTEIRO; CARDOSO, 2012).

Na década de 1970, Becker já apontava ser necessário pensar uma *agenda urbana* para a Amazônia (BECKER, 1974; 1978) e cunhou o termo *floresta urbanizada* (BECKER, 1995), buscando criar uma imagem forte para reposicionar o *fato urbano* dentro da agenda geopolítica para a região. Muitos

---

<sup>1</sup> A Lei nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953, estabelece em seu Artigo 2º estabelece a *Amazônia Brasileira* como: “A Amazônia brasileira, para efeito de planejamento econômico e execução do plano definido nesta lei, abrange a região compreendida pelos Estados do Pará e do Amazonas, pelos territórios federais do Acre, Amapá, Guaporé e Rio Branco, e ainda, a parte do Estado de Mato Grosso a norte do paralelo 16º, a do Estado de Goiás a norte do paralelo 13º e do Maranhão a oeste do meridiano de 44º.” Posteriormente, a Lei Ordinária nº 5.173, de 27 de outubro de 1966 estabelece em seu Artigo 2º o que passamos a denominar de *Amazônia Legal*: “A Amazônia, para os efeitos desta lei, abrange a região compreendida pelos Estados do Acre, Pará e Amazonas, pelos Territórios Federais do Amapá, Roraima e Rondônia, e ainda pelas áreas do Estado de Mato Grosso a norte do paralelo de 16º, do Estado de Goiás a norte do paralelo de 13º e do Estado do Maranhão a oeste do meridiano de 44º”. Esta lei, atualizada pela Lei Complementar nº 124, de 3 de Janeiro de 2007 estabelece em seu Artigo 2º a atual definição para a *Amazônia Legal* como “A área de atuação da Sudam abrange os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará e do Maranhão na sua porção a oeste do Meridiano 44º”.

<sup>2</sup> Para o Maranhão, a população residente total cresceu de aproximadamente 1,2 milhões de pessoas em 1940 para aproximadamente 6,6 milhões em 2010, com 63,1% de sua população residente em domicílios com situação urbana. No Mato Grosso (MT), a população residente total era de aproximadamente 300 mil pessoas em 1940. O MT é desmembrado em 1977 e sua população residente total no censo de 2010 foi de aproximadamente 3 milhões de pessoas, com 81,9% de sua população residente em domicílios com situação urbana. (IBGE-Estados, 2015)



anos se passaram e, mesmo com a crescente e consistente produção sobre o *fato urbano* na Amazônia, a exploração de possibilidades de sua representação espacial em unidades espaciais de referência mais finas que o município, como uma das possibilidades para a expressão de alguns componentes do multifacetado *fenômeno urbano* na Amazônia, permanece sendo pouco explorado na produção de *cartografias*<sup>3</sup> do urbano para a região. Bertha Becker em seu último trabalho “A Urbe Amazônica” (BECKER, 2013) reafirma, a partir de uma pesquisa histórico-geográfica de base empírica, que foram os *núcleos urbanos* os elementos intrínsecos nos processos que envolveram a colonização da Amazônia.

Nesta perspectiva, a Amazônia é *urbana* desde meados do século XVII com sua consolidação no século XVIII, na fase Pombalina (COSTA, 2010; BECKER, 2013). Foram estes *núcleos* que originaram vilas e, mais tarde, cidades amazônicas. Estas cidades comandam territórios extensos, de densidades variadas, que comportam em seu espaço de influência, vilas, distritos, localidades, comunidades, enfim um conjunto diverso de unidades de ocupação humana (UOH) em diferentes arranjos e níveis de aglomeração. Muitas destas cidades passaram a ser sede de municípios. Estes são uma unidade espacial legal-administrativa, mas são também, por sua gênese, objetos complexos. Eles acomodam, no âmbito de sua definição espacial, um conjunto de objetos sociais, ou “formas socioespaciais”, como melhor define Roberto Monte-Mór no contexto da discussão sobre o urbano e a urbanização contemporânea (MONTE-MÓR, 1994; 2004a; 2006).

---

<sup>3</sup> Neste texto, o termo *Cartografias* assume uma dimensão mais aberta que o seu entendimento dentro do domínio dos sistemas técnicos e normativos da produção cartográfica. Neste contexto *Cartografias* são *objetos (técnicos) mediadores* que combinam ciência, estética, técnica e tecnologias para produzir *representações computacionais* que fazem a mediação entre os elementos da dimensão espacial e/ou temporal de um fenômeno complexo e multidimensional, como o são o *urbano* e a *urbanização*, e sua comunicação visual, para apoiar a produção de interpretações descritivas e analíticas.

Desta forma, qualquer expressão espacial do *fato urbano* amazônico não pode prescindir de representações, *cartografias urbanas*, que procurem decompor a compactação legal-administrativa, definida pela geometria municipal (o seu limite espacial acordado e definido em lei) e possa trazer elementos de caracterização desta "Urbe amazônida" a partir das UOH espalhadas no território estendido, que forma um espaço regional transmunicipal em essência. Neste contexto, as *formas urbanas* vão além das cidades e vilas para incorporar outras formas de organização de núcleos populacionais. À medida que estes núcleos, cujas origens podem estar vinculadas à realidade rural - agrovilas, por exemplo, ou qualquer outra atividade que determine a existência daquela aglomeração - passam a demandar serviços e bens típicos das cidades, notam-se mediações na transformação da vida nestes núcleos. Neste caso, a influência da cidade-sede extrapola a sua dimensão física e atinge aglomerações de menor escala. Esses núcleos populacionais se apresentam na região amazônica com a possibilidade de estabelecer tipologias para sua forma de ocupação e seus modos de produzir os seus territórios (CARDOSO;LIMA, 2006).

No entanto, embora exista uma agenda urbana orientada para tratar interesses e arranjos que vão para além das cidades, como a agenda metropolitana no Brasil, por exemplo, o que ainda é visto nas orientações e recomendações para as novas matrizes metodológicas e instrumentais para o planejamento destes novos arranjos está fortemente enraizado na força histórica, política e simbólica das cidades. A cidade é, entre as formas socioespaciais, aquela de maior complexidade estrutural - na perspectiva de seus objetos constituintes - e de grande complexidade social, olhando para os arranjos sociais sofisticados que

esta estrutura espacial, em contínua transformação, produz e é produzida por eles. Processos sociais são simultaneamente espaciais<sup>4</sup>.

Documentos recentes produzidos pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, a UN-HABITAT, por um lado trazem para a agenda a necessidade de ampliar o foco do planejamento urbano para além do planejamento das cidades. Isso pode ser visto no documento “Diretrizes Internacionais para Planejamento Urbano e Territorial” (UN-HABITAT, 2015) e em seu relatório sobre o estado das cidades no mundo, “*Urbanization and development: emerging Futures. World Cities Report 2016*” (UN-WCR, 2016), reforça a visão do planejamento urbano com centro na cidade, como centralidade quase única entre as muitas que co-existem na paisagem, produzindo e reproduzindo territórios de vida. Em uma leitura mais crítica, os dois documentos partem da cidade como algo central e assim os seus elementos de constituição passam, no plano espacial, pelas estruturas denominadas ‘espraiamento’ (*sprawl*), ‘suburbanização’ (*suburbanization*) e ‘peri-urbanização’ (*peri-urbanization*) (UN-WCR, 2016. Chapter 2. Section 2.2 *Evolving Spatial Form of Cities*, p. 36-37), enquanto nas diretrizes para o planejamento, embora mais livres, o conjunto de apontamentos instrumentais para a construção de representações espaciais para leituras de apoio ao planejamento, implicitamente, acatam estes tipos estruturais. Estes são tipos que se apresentam, na sua porção visível, como formas espaciais detectáveis, empírica ou instrumentalmente. São *formas visíveis*, que têm como processos

---

<sup>4</sup> São vários autores que de uma maneira ou de outra expressam esta simultaneidade, mas uma síntese destas ideias pode ser encontrada no trabalho de Milton Santos (SANTOS, 1996). “A vida social, nas suas diferenças e hierarquias, dá-se segundo tempos diversos que se casam e anastomosam, entrelaçados no chamado viver comum. Esse viver comum se realiza no espaço, seja qual for a escala - do lugarejo, da grande cidade, da região do país inteiro, do mundo. A ordem espacial é a ordem geral, que coordena e regula as ordens exclusivas de cada tempo particular. Segundo Leibniz (1695), o espaço é a ordem das coexistências possíveis.” (SANTOS, 1996, p.104)  
“A sociedade se geografiza por meio dessas formas, atribuindo-lhes uma função que, ao longo da história, vai mudando. espaço é a síntese, sempre provisória, entre o conteúdo social e as formas espaciais.” (SANTOS, 1996, p.71)

sociais associados, as *formas invisíveis*<sup>5</sup>, porém, cuja origem situa-se nos estudos da evolução das formas e estruturas espaciais de cidades ocidentais, em particular da porção economicamente desenvolvida do mundo no hemisfério norte.

Estas visões do *urbano* manifestadas nos documentos das Nações Unidas estão também fortemente presentes nos estatutos da cidade e da metrópole, e na área do planejamento urbano e regional no Brasil. Privilegiam e dão visibilidade aos arranjos de formas e estruturas espaciais associados a um núcleo citadino amadurecido, do ponto de vista das *formas espaciais visíveis*. A população residente na região Amazônica, predominantemente urbana, está sujeita a fragilidades institucional, econômica, social, cultural e administrativa no âmbito local (CARDOSO, 2010). Os conflitos aparecem entre as abordagens nacionais, baseadas em processos de urbanização consolidados do eixo sul-sudeste, que trazem suas referências e as abordagens locais, ligadas às populações tradicionais, que fazem uso distinto, em particular, dos recursos da floresta, com implicações para a caracterização dos serviços urbanos e da infraestrutura (LIMA; CARDOSO, 2005). Nesta perspectiva, é muito importante perceber que para pensar o planejamento destes espaços, é necessário construir representações desta particular *espacialidade urbana*.

Neste contexto, o *urbano visível* se estende por municípios de grande extensão territorial, e que, além disso, encontra outras formas socioespaciais, além das cidades-sede (sedes de municípios), que se espalham por uma paisagem ampla, com conexões, constituindo um território estendido, contínuo, com diferentes graus de complexidade estrutural, quando observados a partir de

---

<sup>5</sup> Estes termos *formas visíveis* e *formas invisíveis* foram emprestados de um pequeno ensaio da Professora Renata Cristina Barreto, *O Espaço Urbano: Espaço de Vivência*, publicado em [<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAqgv4AG/espaco-urbano-espaco-vivencia#>] e acessado em 7 de dezembro de 2016, aqui usados para contextualizar a porção *visível* da *espacialidade urbana*, a forma e estrutura espacial dos objetos distribuídos em uma extensão espacial definida na superfície terrestre, e a parte *invisível*, os processos sociais que simultaneamente compartilham a mesma extensão espacial.

suas *formas espaciais visíveis*, nesta escala ampliada. Na Amazônia convivem, em conflito, os referenciais dos processos da urbanização brasileira ocorridos em outros biomas com os referenciais locais, onde os assentamentos humanos se encontram habitando um bioma florestal ainda vigoroso. Este elemento acrescenta complexidade na busca de representações para a *espacialidade urbana* na Amazônia contemporânea.

Nos últimos anos, alguns trabalhos surgiram apontando perspectivas conceituais, no terreno da construção de tipologias histórico-geográficas tomando como objeto as cidades (TRINDADE JR., 2013; 2015). Em outra ponta, surgem estudos mais refinados do desenho e morfologia urbana para cidades e para grupos específicos de cidades em espaços regionais (CARDOSO et al., 2016; PONTES; CARDOSO, 2016). Ao lado das estatísticas oficiais, os estudos revisados da rede urbana e as novas centralidades para o recorte da Amazônia tratam essencialmente de sedes municipais (cidades), sem notar outras manifestações espaciais de aglomerados humanos (IBGE, 2008).

Um conjunto de trabalhos sistemáticos com uso de sensoriamento remoto e análise espacial integrada para identificação e caracterização de UOH tem se preocupado em localizar e produzir representações das *formas visíveis* associadas a estas unidades (AMARAL et al., 2007; 2013; DAL'ASTA et al., 2012; PINHO et al., 2014). O trabalho de Dal'Asta (2016), de maior elaboração e complexidade representacional, procura identificar, posicionar na linha do tempo, caracterizar e situar a evolução de UOHs e produzir possibilidades de comparação entre as variadas unidades (UOH) presentes no espaço territorial. Há também um conjunto de estudos de delineamento mais técnico, no campo do sensoriamento remoto de áreas urbanas, que tem se preocupado principalmente com a proposição, teste e avaliação de técnicas específicas de classificação digital, em geral com o uso de imagens de alta e altíssima

resolução espacial<sup>6</sup> e técnicas de abordagem orientada ao objeto (OBIA/GEOBIA). Alguns trabalhos se utilizam das técnicas de OBIA/GEOBIA com imagens de média e moderada resolução espacial (BLASCHKE, 2010).

Todo este conjunto de estudos, em sua grande maioria, envolve uma matriz metodológica que busca instrumentos de representação para o fenômeno urbano na Amazônia. Ao representar o fenômeno, ou partes dele, estes trabalhos buscam elementos descritivos e analíticos de uma situação ou processo, expressões espaciais e temporais, que são constituintes do multifacetado fenômeno da urbanização. Nesta orientação, embora não tenham se originado com este propósito, ajudam na instrumentalização necessária para o planejamento destes territórios estendidos em um contexto de um possível planejamento territorial.

Esta dissertação procura se juntar a este conjunto de trabalhos, mas tem um propósito mais focalizado. Este trabalho se situa no domínio da construção de representações computacionais para o componente morfológico – *formas urbanas visíveis*, da *espacialidade urbana* aplicado a situações Amazônicas. Esta representação procura ser uma expressão do urbano, simplificada, a partir de arranjos espaciais de elementos constitutivos básicos. Estes elementos são definidos a partir de uma matriz conceitual derivada do campo da Morfologia Urbana (KRAFTA, 2014), com adaptações para este contexto que explora o planejamento de territórios estendidos e não o planejamento de cidades.

As formas socioespaciais distribuídas por um território estendido não são observadas como unidades em si (UOH), mas são desmontadas em componentes básicos e reagrupadas em conjunto de células, organizadas em

---

<sup>6</sup> Neste texto usamos a seguinte classificação para Imagens de SR com o propósito de estudos de uso e cobertura da terra: Alta-Altíssima Resolução Espacial – [ $<2,5$  metros]; Média Resolução Espacial – [ $>2,5$  metros e  $<15$  metros]; Moderada Resolução Espacial – [ $>15$  metros e  $<40$  metros]; Baixa Resolução Espacial – [ $>40$  metros e  $<80$  metros]; BAIXÍSSIMA Resolução Espacial – [ $>80$  metros].

uma topologia matricial, cada uma delas com propriedades extraídas, relativas aos tipos básicos constitutivos que cada célula possui. Com base nestas propriedades e regras de contexto, estas células podem ser ‘ordenadas’, o que permite a produção de uma representação contínua (discretizada pela resolução espacial das células – escala de observação). Esta representação, com base na regra de ordenamento, pode produzir um *gradiente*.

Este *mapa de células*, ou seja, a representação espacial resultante, onde cada célula possui atributos que garantem a possibilidade de uma *hieraquização*, é a principal contribuição e o principal produto associado a esta dissertação. Nesta dissertação chamamos esta representação de **Gradiente de Complexidade Estrutural - GCE**, ou seja, da complexidade das *formas urbanas visíveis* e seus arranjos para cada célula no contexto no conjunto de todas as células. A *matriz metodológica*, que define os métodos e processos para a geração do **GCE**, e a *matriz instrumental*, que define o *como* operacionalmente será produzido o **GCE**, são as principais contribuições desta dissertação.

Este *gradiente*, na forma de uma *matriz de células*, se constitui como mais uma possível expressão, ainda que simplificada, da *espacialidade urbana*. Para desenvolver este *gradiente*, esta dissertação apresenta uma matriz metodológica que se apoia na Morfologia Urbana, tendo como base o *Método Tipológico*<sup>7</sup> - proposto por Krafta (2014) e adaptado para o contexto da pesquisa - e uma matriz instrumental que se utiliza de sensoriamento remoto (SR) orbital com o uso de imagens de média resolução espacial, de classificação digital de imagens e de técnicas de geoprocessamento integradas

---

<sup>7</sup> Neste trabalho é utilizada uma definição simplificada e adaptada do Método Tipológico apresentado por Krafta (2014). A proposta consiste em estabelecer duas fases que compõem a Análise Tipológica: (1) Um procedimento para Identificação dos Tipos Básicos – nesta etapa, o que se procura é reduzir a dimensionalidade no espaço das formas visíveis criando categorias, tipos, que representam grupos de formas e, assim, definir uma Tipologia de formas urbanas visíveis. Em conjunto, também se produz um procedimento Classificatório simplificador e; (2) Um procedimento para distribuição desses tipos por todo o espaço analisado, e para cada unidade espacial de referência adotada, coletando propriedades estruturais que podem ser atribuídas àquela unidade com base em medidas relativas aos Tipos básicos e seus arranjos.

em ambiente de sistemas de informação geográfica - SIG, em apoio à instrumentalização de um *Método Classificatório* e um *Método de Ordenamento* (criação do *gradiente*).

### 1.1. Objetivo geral

Esta dissertação explora as possibilidades da adaptação e do uso da Análise Tipológica, que tem sua matriz conceitual e metodológica definida no campo da Morfologia Urbana (KRAFTA, 2014), para a definição de uma matriz instrumental, com base em imagens de SR de média resolução, técnicas de PDI e geoprocessamento integradas em ambiente SIG para produzir uma representação simplificada da espacialidade urbana.

### 1.2. Objetivos específicos

Para alcançar este Objetivo, esta dissertação propõe:

1. A definição de uma *Tipologia* para a identificação das partes constitutivas da espacialidade urbana (Tipos básicos) em seu aspecto relacionado as *formas urbanas visíveis* no contexto amazônico. Esta tipologia se apresenta como uma adaptação do *Método Tipológico* e das *Matrizes da forma urbana*, como definidas no campo da Morfologia Urbana (KRAFTA, 2014, p. 45-50), para este contexto de planejamento específico;
2. A construção de um procedimento de *Classificação Tipológica* que se utiliza da Tipologia construída em (1), imagens de SR de média resolução espacial (satélite RapidEye) e técnicas de segmentação e classificação digital de imagens orientado a extração dos *Tipos Básicos*;
3. A geração do **GCE – Gradiente de Complexidade Estrutural** a partir de uma metodologia que envolve a distribuição dos *Tipos básicos* em um espaço celular, com topologia matricial; o preenchimento de cada célula com propriedades derivadas de medidas extraídas dos *Tipos básicos*; a definição de uma correção das propriedades das células a partir da observação do contexto



em que elas estão inseridas (vizinhança); e a definição de um *ordenamento* a partir de uma métrica da *complexidade estrutural* das células com base em propriedades/medidas dos *Tipos básicos* contidos em cada célula (número, presença, densidade, etc.);

4. A produção do **GCE** para um trecho da rodovia Transamazônica (BR-230), no estado do Pará, e uma análise de sua adequação enquanto representação simplificada daquela *espacialidade urbana* específica.

### **1.3. Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. No capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica, com os conceitos que oferecem suporte à metodologia proposta. No capítulo 3, são apresentados a área de estudo, o conjunto de dados a ser utilizado e a metodologia completa para a Análise Morfológica proposta, que leva à geração do **GCE – Gradiente de Complexidade Estrutural**. O capítulo 4 apresenta os resultados da aplicação desta metodologia para um trecho da Transamazônica BR-230, no Pará, que atravessa os municípios de Medicilândia, Uruará, Brasil Novo e Altamira e analisa a adequação do **GCE** como uma expressão simplificada da condição urbana neste contexto territorial.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo são apresentadas as principais bases teóricas utilizadas neste trabalho para o desenvolvimento de sua matriz conceitual. Na literatura essa discussão é extensa e nessa seção não pretende-se esgotá-la, apenas situar as principais contribuições que permitam construir a linha de argumentação explorada ao longo desta dissertação.

### 2.1. A *Urbe Amazônida*

O livro-ensaio de Becker (2013) traz o título “A Urbe Amazônida. a Floresta e a Cidade”. Na visão explorada pela autora, a Amazônia é urbana desde meados do século XVII. Foram os *núcleos de povoação* assentados, ao longo da história, na região, que desde o início cumprem a função geopolítica de ocupação do território e também, operam como a base logística de expansão da fronteira. Nos primeiros momentos, era um sistema simples funcionando como base para a concentração e redistribuição (fluvial) de mercadorias e ao longo do tempo evoluindo para *nós* com funções mais ou menos sofisticadas de circulação de mercadorias e trabalho. Os *núcleos* foram evoluindo, cada qual com sua dinâmica particular ligada aos processos histórico-geográficos que os produziram. São estes *núcleos* e sua evolução socioespacial, à medida que supriam as áreas agrícolas com equipamentos, infraestrutura, ou serviços públicos, ainda que de forma precária (CARDOSO, 2010), que vão dar origem a muitas vilas e, mais tarde, a várias cidades amazônicas.

Por outro lado, como forma de repensar a urbanização contemporânea, ainda em 1994, o urbanista Roberto Monte-Mór apresenta a ideia da *urbanização extensiva* (MONTE-MÓR, 1994; 2004b; 2006). A leitura conceitual e a construção teórica para a proposta da *urbanização extensiva* têm origem nas observações feitas pelo próprio autor em um conjunto de trabalhos realizados na Amazônia brasileira por vários períodos de tempo. De maneira simplificada, este é o processo em que o *urbano* extrapola os limites da cidade, levando consigo, além do modo de produção nascido dentro de uma lógica denominada

urbano-industrial, do ponto de vista da economia, o modo de vida urbano, próximo aos desejos de consumo, das práticas culturais e de outros elementos que não são observados no quadro da economia urbana tradicional. O espaço regional é atingido e, nele, a antiga dicotomia campo-cidade dá lugar a uma forma única, em que ambos os polos coexistem de forma articulada (MONTE-MOR, 1994). Sobretudo no urbano Amazônico, em que a extensão da cidadania e a modernidade na região são discussões adjacentes, o referencial teórico proposto pelo autor mostra ser uma abordagem coerente para compreender as intensas transformações socioespaciais experimentadas pela região a partir da década de 1970. O *urbano extensivo* toma a forma de um tecido urbano-industrial, um *continuum*, que se estende para além das cidades sobre as vilas, comunidades, povoados, lugarejos, acampamentos, enfim, um conjunto diverso de unidades de ocupação humana (UOH) em diferentes arranjos e níveis de aglomeração. Nesta perspectiva, não são mais cidades e vilas os elementos morfológicos da trama que constitui o *tecido urbano*, mas todas as *formas socioespaciais* que aparecem neste *território estendido*, para além da cidade.

Neste trabalho, para pensar uma matriz metodológica e instrumental que possa servir de uso ao planejamento territorial, a noção de um *urbano estendido* é oportuna, uma vez que é preciso pensar nestas *formas socioespaciais* e seus arranjos em uma dada extensão territorial como indo além dos limites das cidades e até mesmo dos limites municipais. Elas participam do *continuum* territorial que a ideia da *urbanização extensiva* permite explorar. E é nesse sentido que o planejamento urbano nestes contextos deixa de ser o planejamento de cidades e passa a responder ao planejamento de um território urbano, urbanizado a partir dos processos que envolvem o que supõe a hipótese da *urbanização extensiva*.

## 2.2. A Espacialidade Urbana e seus Componentes

A questão do *espaço* e da *espacialidade* tem sido objeto de discussão da geografia por muito tempo. Tem sido assim, porque o *espaço* é uma categoria da geografia de grande complexidade. Ao tratar Sposito (1992) com uma das sínteses deste longo debate observa-se que: “A *espacialidade* expressa, sustenta, determina e, portanto, faz parte e ao mesmo tempo designa a formação social e econômica, e por tal também reforça a acentuação da diferenciação (e da separação) entre as pessoas e os lugares, entre o ser, o estar e o fazer.” (SPOSITO, 1992. p. 1).

Assim, a *espacialidade* pode apresentar uma dimensão capturável, visível, que pode aparecer nas formas de expressão ou representação das configurações e características dos arranjos destas formas social e econômica quando associadas à superfície terrestre. Dada a diversidade destas formas, a noção de *espaço* é requalificada a cada necessidade de compreensão de arranjos específicos. Desta forma, surgem o *espaço urbano*, o *espaço rural*, o *espaço da cidade*, etc. A cada requalificação, uma *espacialidade* se apresenta.

Nesta dissertação, a requalificação do *espaço* se concentra no *espaço urbano*, que no contexto deste trabalho se associa à ideia do *urbano extensivo*, que requalifica e amplia o *espaço urbano* para além da formação social e econômica que é chamada de cidade. Assim, quando se olha para um recorte de um trecho da Transamazônica no Pará, este trecho compreende um território de grande extensão espacial, que cobre diferentes municípios e que contém em seu interior diferentes *formas socioespaciais* e aglomerações populacionais que refletem específicas formações sociais e econômicas, produzindo um *território urbano estendido* para o qual há uma *espacialidade*, cuja dimensão espacial pode ser revelada. Este trabalho procura formas de representação simplificada para elementos da dimensão espacial, na sua porção visível, como formas detectáveis, empírica e instrumentalmente. São as

*formas urbanas visíveis* componentes desta *espacialidade urbana* encontrada nos *territórios estendidos*.

Nesta perspectiva é encontrada uma série de trabalhos na literatura sobre a urbanização e sua *espacialidade* na região e, em particular, no Pará. Estes trabalhos apontam uma possibilidade de caracterização tipológica, organizando um conjunto de categorias (tipos) que estruturam o discurso sobre as cidades no contexto da floresta com viés geográfico, como em Trindade Jr. (2013; 2015) e, com o viés urbanístico, reunindo identificação e representação das formas espaciais associadas a processos sociais, como em Cardoso e Lima (2006), Cardoso (2007), Cardoso et al. (2016), Pontes e Cardoso (2016). Um conjunto de trabalhos que observa outras *formas socioespaciais* além da cidade, como vilas, assentamentos, aglomerações populacionais de escalas diversas, espalhadas nos limites municipais e para além deles, instrumentalizados pelo uso de imagens de sensoriamento remoto orbital e técnicas de análise espacial, como em Dal'Asta (2016), onde uma criteriosa revisão dos trabalhos com esta orientação pode ser encontrada.

Estes trabalhos buscam matrizes conceituais que possam produzir representações das singularidades desta *espacialidade urbana* Amazônica. Em todo projeto baseado em representações o principal desafio é a definição de quais são os componentes a serem representados para posterior análise. Nesta dissertação, o componente morfológico, ou seja, a *forma urbana visível*, é o objeto de interesse e sua representação pode ser mediada pela matriz conceitual da Morfologia Urbana, numa releitura para o contexto amazônico. Krafta (2014) elenca quatro elementos – ao que o referido autor chamou de *matrizes da forma urbana: espaço público, espaço privado, forma construída e tecido urbano*, que em toda e qualquer manifestação urbana, da grande metrópole à pequena vila, pode ser entendida como um arranjo particular desses elementos. Ao mesmo tempo em que o autor entende que esses elementos são articulados no espaço das cidades, por exemplo, deixa claro que na descrição da forma urbana deve-se recorrer a mecanismos de redução

da complexidade por meio da identificação e classificação de seus componentes básicos. A esse procedimento Krafta (2014) definiu como sendo o *método tipológico que*, neste trabalho, apresenta-se de maneira simplificada e adaptada em relação à construção apresentada pelo autor.

Assim, o que esta dissertação apresenta é a possibilidade de um ponto de partida considerando a *matriz conceitual* da Morfologia Urbana, adaptando sua *matriz metodológica* a partir de: (i) adaptações na construção da *Tipologia de Tipos Básicos* e adaptações no método de classificação destes *Tipos* e na análise dos arranjos compositivos de *Tipos Básicos* e; (ii) adaptações na construção de uma medida de *complexidade* associada, não a cada *Tipo*, mas a uma porção do *território estendido* espacialmente condicionada por uma célula de tamanho definido, que em conjunto e organizada em uma topologia matricial, formam uma *matriz de células*, ou seja, uma grade, tecnicamente no domínio da análise espacial e dos SIG, um espaço celular.

Isto é feito a partir da perspectiva de *territórios estendidos* no contexto amazônico. Neste contexto, é encontrada uma diversidade de *formas socioespaciais* dispersas em extensas áreas de ocupação esparsa, que permitem um nível de identificação a partir de suas formas espaciais detectáveis. Um caminho explorado das mais variadas formas para estabelecer representações desta *espacialidade*, através da representação de seus tipos constitutivos, aparece em Dal'Asta (2016), Dal'Asta et al. (2013), Amaral (2003), entre outros, e se constitui na utilização de imagens de sensoriamento remoto. Esse tipo de produto permite explorar diferentes escalas de observação da paisagem que compõe este *território urbano estendido*.

### **2.3. Morfologia Urbana e Planejamento Territorial**

A partir desses apontamentos, assume-se que, com base em Krafta (2014), a Morfologia Urbana, enquanto disciplina, corresponde ao estudo sistemático da forma urbana, intrinsecamente relacionada às manifestações do *urbano* e sua *espacialidade*. Na perspectiva espacial, a diferenciação da forma urbana

“baseia-se nas ocorrências presentes no artefato urbano e em suas particularidades tipológicas” (KRAFTA, 2014, p. 64).

Com base em Krafta (2014), um breve histórico dos estudos em Morfologia Urbana é apresentado. As primeiras referências à forma física das cidades enquanto fonte potencial de conhecimento, identificadas por Gauthier (2004), datam de 1832. Dos anos 30 até o fim da Segunda Guerra Mundial, a teoria da forma urbana ganhou novo alento em países como Itália, França e Inglaterra. Seus fundamentos têm a ver com o exame dos tipos arquitetônicos, de um lado, e análise de plantas urbanas, de outro, que se iniciaram de forma independente, e a partir de meados do século XX, passaram a ser tratados conjuntamente. De sua articulação, surge o “tecido urbano” que nada mais é que a unidade morfológica básica de composição da cidade: “unidade revelada pela articulação de um traçado viário, um parcelamento e uma ocupação edilícia que respondem às mesmas regras compositivas” (KRAFTA, 2014, p. 65). Embora se utilize de terminologias diferenciadas, o estudo da forma urbana tende a convergir para análises morfográficas, ou seja, para descrições gráficas de áreas urbanas, que possuem baixo teor explanatório (KRAFTA, 2014). Na Escola Italiana, um nome de destaque é Savério Muratori, que nos anos 1930, constata que apenas plantas de cidades para o estudo da forma urbana são insuficientes. Seu método é de sistematização do estudo histórico dos tipos arquitetônicos, como forma de análise dos *tecidos urbanos*. Esse tipo de estudo é baseado na proposição de que em cada período histórico há edificações que são base para outras que as sucedem, acumulando pequenas modificações e constituindo assim, uma espécie de linha evolutiva dos tipos. Os *tecidos urbanos*, por sua vez, estariam associados à combinação decerta quantidade de edificações de determinado tipo e de suas variações, adaptadas à geometria das ruas, ângulos de esquinas, tamanhos de lotes, etc. Visto dessa forma, há uma associação entre o estudo da cidade e a arquitetura. A Escola Francesa mais notória é conhecida como a da análise tipo-morfológica, inspirada pelos italianos e prevalente nas escolas de arquitetura da França.



Assim como na escola Italiana, os principais autores da escola francesa buscam o desenvolvimento de uma autonomia disciplinar para o estudo da forma urbana e contribuíram para uma melhor instrumentalização dos profissionais do desenho urbano. Os estudos focam preferencialmente os exames de parcelamentos do solo, a formação de quarteirões, os crescimentos e, naturalmente, as tipologias edilícias (das edificações). A emergência dessa escola ocorreu na década de 1970, sendo que o estudo da forma urbana é também uma tradição da geografia francesa.

Na Escola Inglesa, diferentemente das escolas citadas anteriormente, a morfologia urbana é uma tradição da geografia, cujo método de descrição e análise da forma urbana é baseado na noção de “plantas unitárias”, um conjunto de lotes, edificações e quarteirões reconhecíveis como uma unidade, em função das características das suas plantas que diferem das áreas adjacentes. Tais diferenças são explicadas pelas circunstâncias de sua criação, a partir do qual se cria um sentido de plano genético da cidade, com a identificação de todas as suas áreas unitárias, também denominadas de regiões morfológicas, associadas às condições exteriores de sua produção. Contudo, essa abordagem à forma urbana não é a única praticada e desenvolvida na Inglaterra. Uma importante e largamente influente linha de abordagem da forma urbana é baseada no espaço em vez da abordagem por objetos.

Para Krafta (2014), no *método tipológico* há dois pontos essenciais. O primeiro é explorar a diferenciação das formas elementares e agregados urbanos, e o segundo sugerir que a forma urbana comportaria duas relações fundamentais: uma de semelhança, associada à formação de tecidos homogêneos, e a outra de diferença, que conduz à formação de exceções (é preciso observar que se trata da forma socioespacial cidades ou vilas estruturadas).

A análise tipo-morfológica é restrita aos fragmentos da cidade, sendo possível decompô-los, segundo seus componentes tipológicos, e recompô-los segundo

suas regras de articulação e, nesse processo, se revela o arcabouço compositivo dos fragmentos (KRAFTA, 2014). Para Krafta (2014), ao examinar fragmentos urbanos por meio da análise tipológica, duas situações são possíveis: a primeira é a que revela um padrão e a segunda é a que revela exceções. Um padrão morfológico é geralmente determinado pela aplicação recursiva de um número limitado de tipos, combinados segundo as mesmas regras tipológicas. Visto dessa forma, quanto maior o conjunto de tipos e regras, mais elaborado será o arcabouço compositivo. Por sua vez, as exceções criam uma vasta gama de situações morfológicas, com diferentes impactos sobre a forma urbana.

Uma questão importante nos estudos morfológicos, conforme destaca Krafta (2014) diz respeito à ordem morfológica, cuja ideia é a de constituição de um organismo de partes relacionadas, de modo que para uma cidade a *ordem morfológica* estaria associada ao conjunto de atributos que lhe dão integralidade e unidade. Para o referido autor, sua abordagem pode ser definida por meio de quatro atributos que lhe conferem algum significado. O primeiro é a identificação de diferentes partes; o segundo é a distribuição das partes sobre o território; o terceiro é a articulação entre as partes, e o quarto é a hierarquia. Desses, a hierarquia é o atributo de mais difícil caracterização, uma vez que permite diferenciar elementos e arranjos, mas não construir gradientes. Assim, uma proposta alternativa, destacada por Krafta (2014), é identificar a presença simultânea de complexidade, escala e conectividade dos elementos. A complexidade é dada pelo número e pela natureza dos componentes, a escala, pela extensão ou dimensões dos elementos, e a conectividade corresponde à rede de elementos interligados. A hierarquia, pensada dessa forma, constitui uma medida de *complexidade estrutural* ligada às formas e aos seus arranjos em determinada escala.

A adaptação dos elementos apontados nesta seção e a definição dos mecanismos para sua operacionalização no contexto amazônico é apresentada no Capítulo 3 desta dissertação e é a principal contribuição deste trabalho.

## **2.4. Representações Computacionais da Espacialidade Urbana – Expressões do Urbano na Amazônia**

Para a Amazônia contemporânea, diversos estudos propõem representações simplificadas do urbano ou de algum de seus elementos, com dados e métodos que exploram as diferentes dimensões da materialização da urbanização. O REGIC (IBGE, 2008) - Região de Influência das Cidades - propõe uma hierarquia das cidades no Território Nacional, a partir de um conjunto de dados que avalia a centralidade de cada sede municipal. Em que pese a importância de estudos como esse, que fornece um painel de como essa rede urbana se estrutura no território, o uso dos mesmos referenciais para todos os centros urbanos não revela a real importância das cidades amazônicas para a população local. Nesse sentido, diversos autores enfatizam a necessidade de "medir" o urbano tendo como referencial o contexto geográfico (CARDOSO et al., 2016; DAL'ASTA, 2016; AMARAL et al., 2013; SCHOR; OLIVEIRA, 2011), que é especialmente relevante para a Amazônia, haja vista as complexidades dessa região (BECKER, 2013). Levando esses aspectos em consideração, Schor e Oliveira (2011) partem de uma base empírica ampla que sustenta uma abordagem classificatória e tipológica da rede urbana para o Estado do Amazonas. Os autores propõem um conjunto de arranjos institucionais que analisados comparativamente e de forma agregada, permite classificar as cidades a partir de suas semelhanças e diferenças, resultando numa tipologia própria.

No campo da Morfologia Urbana, Cardoso et al. (2016) buscam, para seis cidades Paraenses, padrões morfológicos que possam ser articulados aos processos socioeconômicos em curso na região de estudo. A partir de dados de levantamentos de campo, as referidas autoras identificaram diferentes tipologias presentes no espaço intraurbano dessas cidades. Na mesma linha de identificação de tipologias e padrões espaciais, Dal'Asta et al. (2012) observaram para os núcleos populacionais que as características funcionais e a estrutura espacial são variadas, resultado da ação de diferentes atores e

processos no território, assim como observado por Cardoso et al. (2016). Nesse estudo de Dal'Asta et al. (2012), dados pontuais de observações de campo e imagens de sensoriamento remoto foram utilizados para elencar uma tipologia de núcleos. Embasados também por informações coletadas em campo, Amaral et al. (2013) e Pinho (2012) discutem a articulação das comunidades em um nível basilar da hierarquia urbana, a partir da aplicação de diferentes métodos estatísticos. Na perspectiva de um *território estendido*, Dal'Asta (2016) discute formas de representação do urbano, a partir de um conjunto de elementos, obtidos de fontes secundárias, como os censos demográficos, sensoriamento remoto e levantamentos de campo.

Com base nesses estudos, nesta dissertação, o foco é explorar uma representação simplificada derivada da Morfologia Urbana para *territórios estendidos* como um instrumento do planejamento territorial e que possa ter uma operacionalização a partir de dados de acesso mais geral e técnicas simples e operacionais em plataformas computacionais diversas, preferencialmente livres e abertas.

## **2.5. Histórico de Planejamento e Ocupação da Transamazônica e do seu Trecho entre Uruará e Altamira no Pará**

O surgimento da rodovia Transamazônica ocorreu como resultado do projeto de desenvolvimento implantado na década de 1970, denominado Plano Nacional de Integração (PIN). A rodovia tem 4.965,1 km planejados<sup>8</sup> e corta sete estados brasileiros: Paraíba, Ceará, Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará e Amazonas. Embora não esteja no escopo do presente estudo aprofundar-se no conjunto de interesses dos atores por trás do PIN, uma razão fundamental para o empreendimento pode ser sintetizada no bordão do governo Médici, durante os anos da ditadura civil-militar brasileira: “Terra sem gente, para gente sem

---

<sup>8</sup> Informações do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e transporte. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodoviasfederais/rodovias-transversais.pd>

terra” (SILVA, 2008, p. 34-35). A Amazônia<sup>9</sup> era, portanto, vista como um imenso vazio e parecia ser a solução para resolver problemas econômicos, sociais e geopolíticos do país (SILVA, 2008). Neste contexto, o plano se materializou com a defesa da criação de uma infraestrutura de transporte que pudesse oferecer apoio ao crescimento de atividades econômicas.

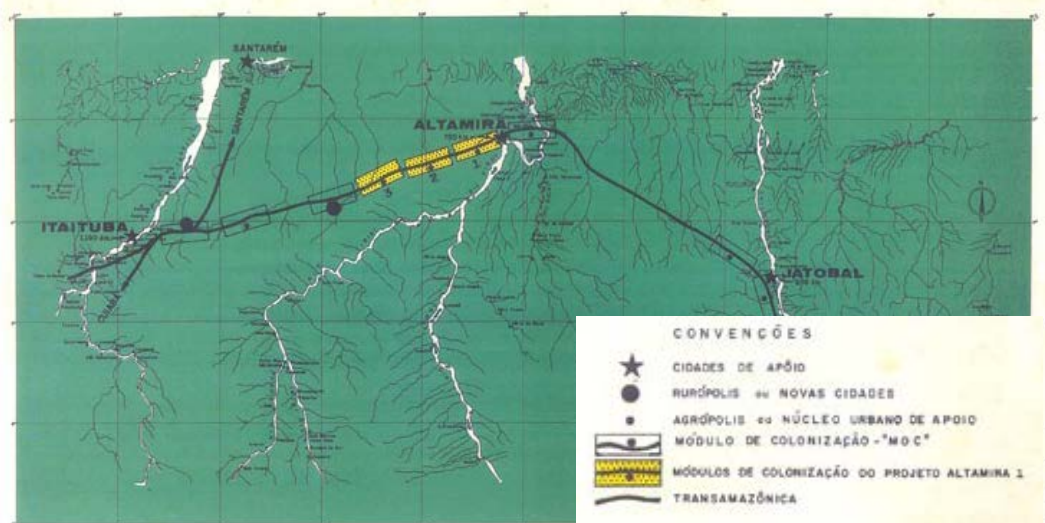
Desta forma, com o objetivo de sanar os problemas fundiários, o governo incentivou e patrocinou a migração de famílias para se estabelecerem nos trechos da Transamazônica recém-aberta. O processo de incentivo migratório teve início no Nordeste, mas estendeu-se para as outras regiões do país e muitas famílias camponesas originárias do sul, principalmente, foram motivadas a mudar em busca de terras para cultivar. O processo de colonização e ocupação ocorreu em etapas implementadas segundo o planejamento e a direção do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), por meio dos denominados Projetos de Integração e Colonização (PIC) que representam, portanto, uma parte do Plano de Integração Nacional (PIN). No Pará, um dos projetos de Assentamento definido como PIC Altamira I se estende das cidades de Altamira (o marco zero) até a cidade de Itaituba, como ilustrado na Figura 2.1, englobando o recorte analisado neste trabalho.

Para compreender a configuração geral do espaço resultante sob a perspectiva do PIC, é necessário conhecer cada um dos componentes que o constituem: Travessões, lotes, glebas, agrovilas e Agrópolis. Desta forma, definições desses elementos se fazem necessárias para que, posteriormente, eles possam ser entendidos como referenciais espaciais.

---

<sup>9</sup> Refere-se à Amazônia legal, que abrange os estados da região norte e também o Maranhão.

Figura 2.1 - Áreas de ocupação do Projeto de Integração e Colonização I (PIC-TAI).

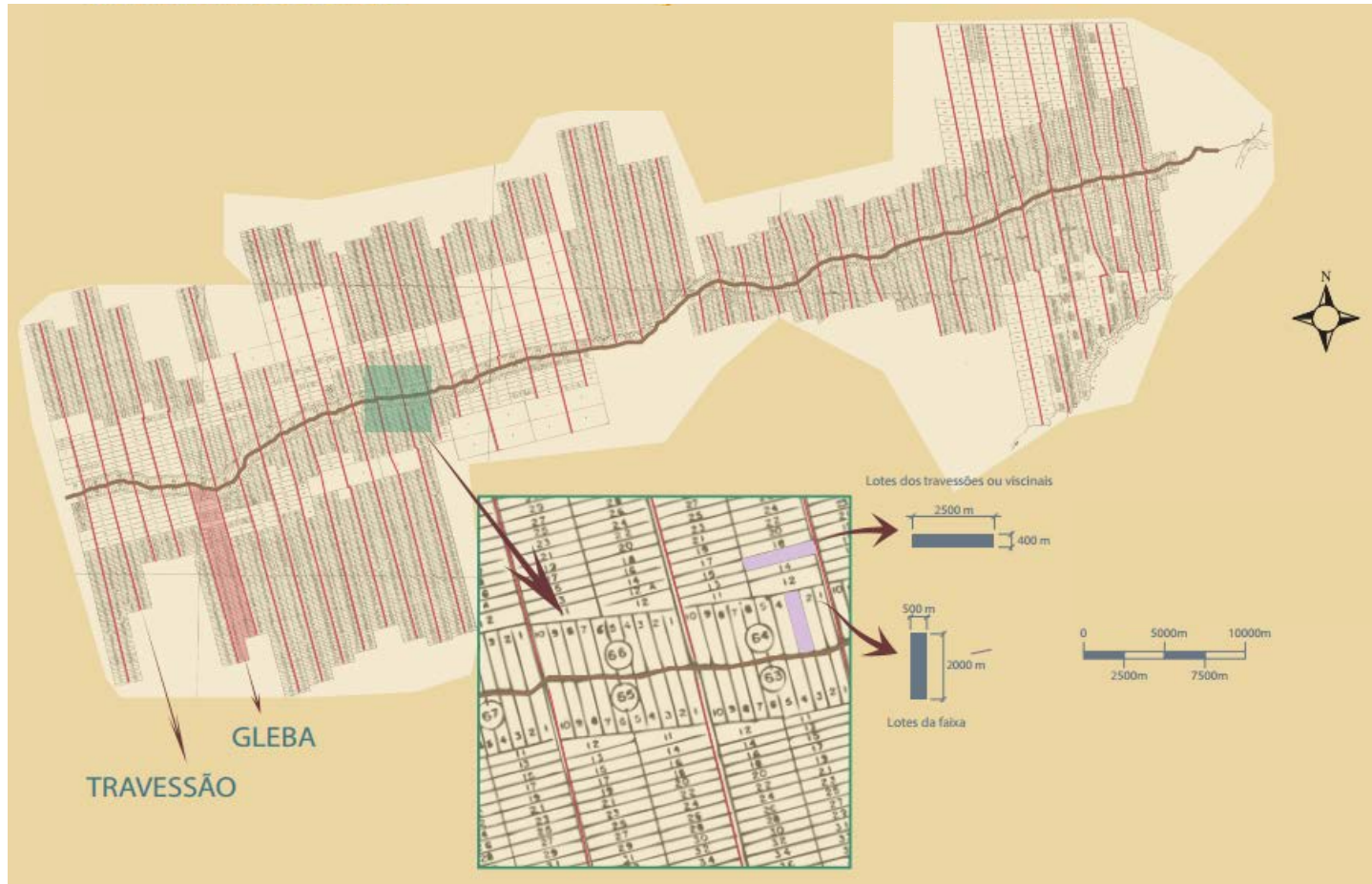


Fonte: INCRA (1972), citado por Rosa (2013).

### Travessões, Lotes e Glebas

O espaço ocupado, enquanto fruto das transformações impostas pelo planejamento, consiste na disposição dos travessões ao longo dos quilômetros da rodovia, segundo o modelo da "espinha de peixe cravejada de lotes", em cujas unidades foram locadas as famílias migrantes (NASCIMENTO, 2009, p. 152). Os travessões (ou vicinais) são as vias transversais à rodovia em cuja extensão estão locadas as unidades rurais. Os lotes, por definição, representam as unidades rurais. As glebas, por sua vez, representam cada conjunto de lotes entre dois travessões. A Figura 2.2 mostra a distribuição dos travessões, dos lotes e das glebas, que ilustra a localização das propriedades, dada a estrutura espacial citada como referencial de localização.

Figura 2.2 - Modelo de Implantação de Lotes nos Travessões.



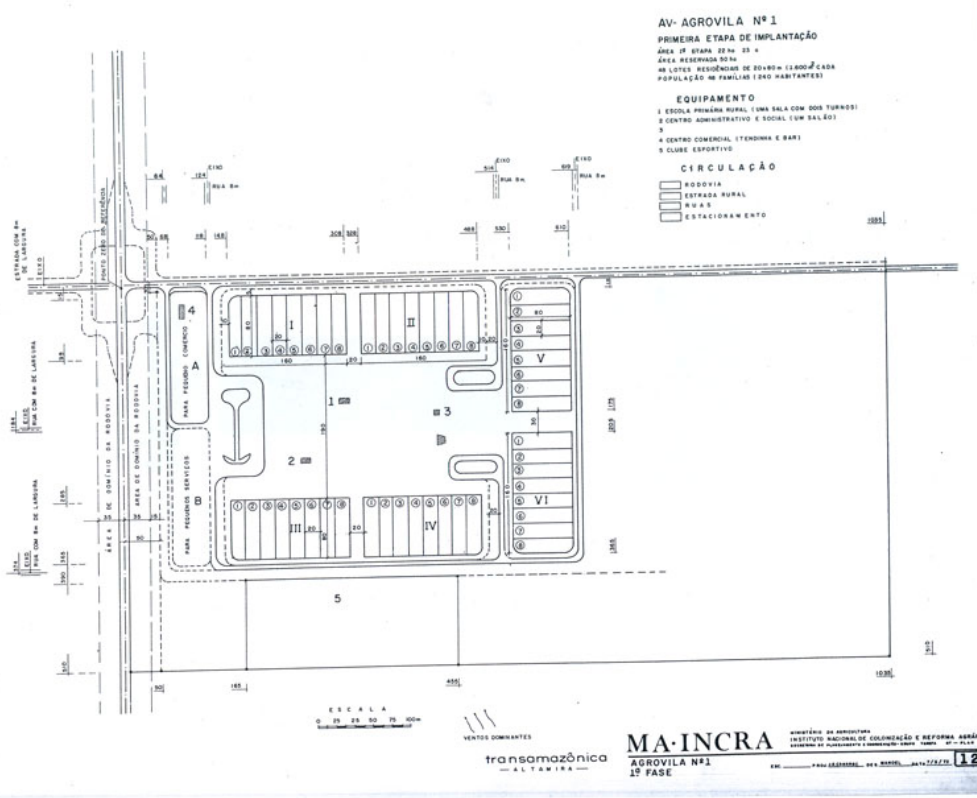
Fonte: Base cartográfica do INCRA (1972) adaptado pela autora.



## Agrovilas e Agrópolis

Os referenciais espaciais necessários ao entendimento inicial da ocupação ao longo da Transamazônica, no trecho estudado, são complementados pelos conceitos de organização do espaço no que tange à sua infraestrutura e gestão. Assim, as agrovilas e as agrópolis aparecem nesse contexto como estruturas urbanas de apoio dentro do sistema de unidades rurais, representados pelos lotes e glebas (ROSA, 2013, p.52). A Figura 2.3 mostra o modelo geral de uma agrovila, cuja estrutura foi reproduzida ao longo do eixo da rodovia e na Figura 2.4 apresenta o projeto de localização das agrovilas implantadas pelo INCRA.

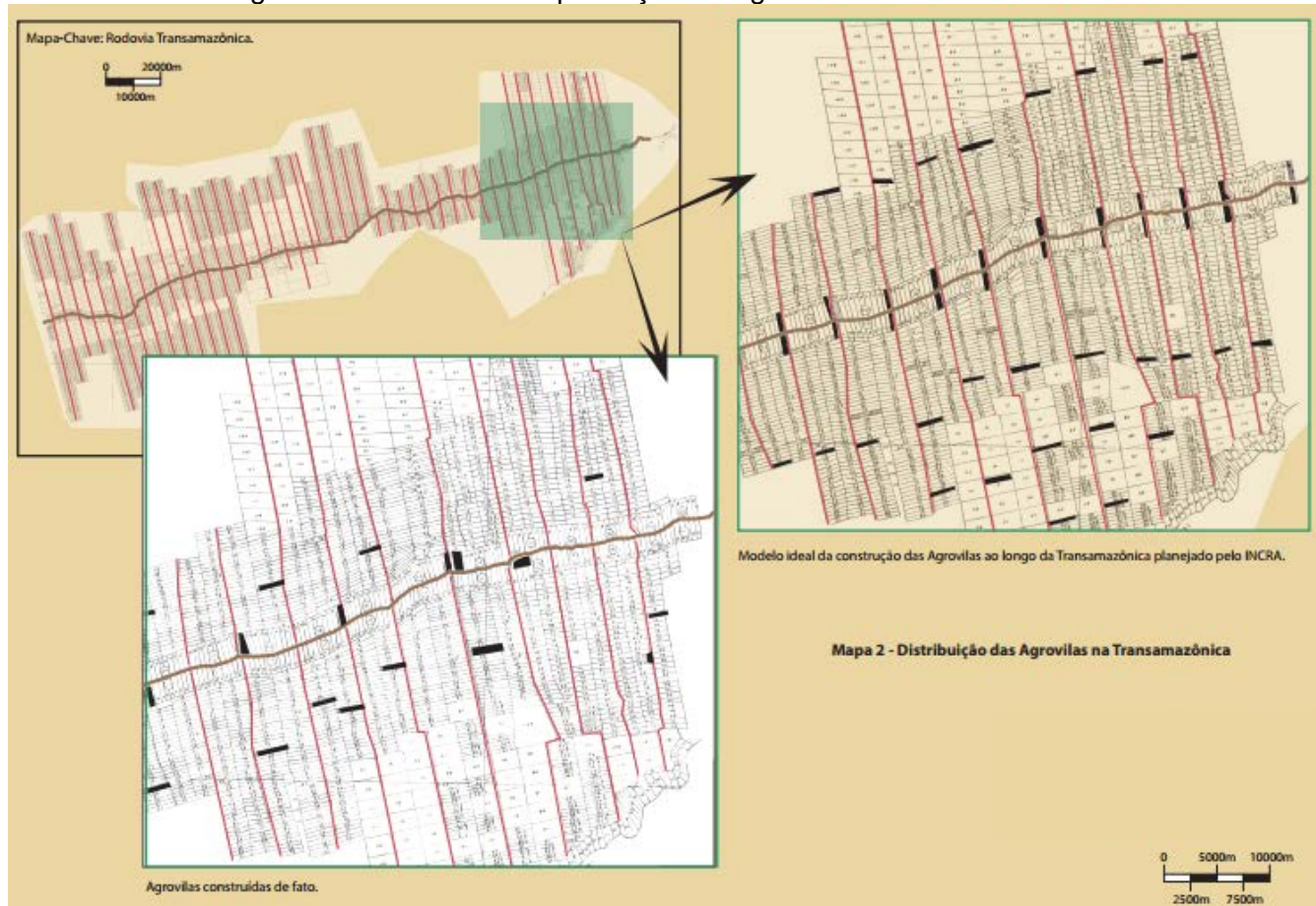
Figura 2.3 - Projeto de Agrovila Implantada na Transamazônica.



Fonte: INCRA (1972), citado por Rosa (2013).



Figura 2.4 - Modelo de Implantação de Agrovilas na Transamazônica.



Fonte: Base cartográfica do INCRA (1972) adaptado pela autora.

Ao passo que as estradas eram abertas à frente, as famílias eram assentadas nos lotes e agrovilas. Esse processo perdurou até meados de 1974, quando os recursos ficaram escassos e o plano de assentamento foi interrompido, para ser retomado a partir de 1980, momento a partir do qual houve a formação dos municípios de Uruará, Brasil Novo e Medicilândia (ROSA, 2013, p.43). O encerramento do projeto teve consequências para as localidades. Nos quilômetros mais distantes da agrópolis de Brasil Novo e de Altamira, o centro urbano de referência da região, os núcleos ficaram desprovidos das suas unidades de apoio, que as proveriam de funções urbanas essenciais, como educação e unidades de saúde, por exemplo. O quadro foi ainda mais agravado devido às dificuldades de tráfego pelas estradas. Esse entrave foi determinante para que a consolidação das agrovilas presentes nas vicinais fosse dificultada, ao ponto de algumas serem abandonadas – e, posteriormente, receberem novas levas de migrantes, num processo ainda em curso. Concomitantemente, as agrovilas da faixa da Transamazônica se fortaleceram enquanto lugares de passagem, chegando a originar distritos e municípios.

Esta forte estruturação espacial deste recorte do território nesta região do Pará a partir de um conjunto de formas espaciais estruturantes, *Travessões, lotes, glebas, agrovilas e Agrópolis*, procuraram desenhar uma *espacialidade urbana* desejada para este vasto território estendido. No próximo capítulo desta dissertação (Capítulo 3), apresenta-se a metodologia proposta e a geração de uma representação da dimensão espacial da *espacialidade urbana* neste território, em 2012-2013, que denominamos de **GCE- Gradiente de Complexidade Estrutural**. Na análise qualitativa que será feita para verificar a adequação desta representação (Capítulo 4), ficará claro como esta imposição estrutural dos anos 70 permanece contornando e interferindo nas possibilidades de evolução das formas e de suas funções nesta região.

## 2.6. Referenciais Técnicos e Instrumentais

### **2.6.1. O uso de SR de Média Resolução**

Os produtos orbitais de sensoriamento remoto auxiliam na compreensão do fato urbano, no qual as áreas urbanas são descritas em função das características de ocupação do solo, ou seja, do espaço construído e da extensão física dos núcleos populacionais. Vale ressaltar que a visão sinóptica e a periodicidade das imagens oferecem uma rápida, eficaz e coerente fonte de informações sobre o ambiente e a evolução da ocupação urbana em diferentes escalas: do global ao intraurbano (POWELL; ROBERTS, 2008). Em geral, para a Amazônia, a dimensão da urbanização na perspectiva do sensoriamento remoto é tratada pelo viés das cidades a partir de imagens de resolução espacial moderada, especialmente as da série Landsat. Powell e Roberts (2008) e Kuck e Alves (2011), por exemplo, apresentam metodologias de mapeamento do espaço construído a partir de imagens Landsat-TM, para dez cidades de Rondônia, com população variando de 1.515 a 273.709 habitantes (POWELL; ROBERTS, 2008), e Manaus (KUCK; ALVES, 2011). Seguindo essa linha de abordagem, Hirye et al. (2015) também utilizaram imagens Landsat-TM para avaliar as mudanças de cobertura da terra na cidade de Altamira (PA), no período de 2000 a 2010. Nesses estudos o espaço construído é avaliado a partir de metodologias de identificação das áreas de superfícies impermeáveis, assim como em Lu et al. (2011) que utilizaram imagens QuickBird, com 2,4m de resolução espacial, para avaliar a distribuição dessas superfícies nas cidades de Santarém (PA) e Lucas do Rio Verde (MT).

Propondo uma abordagem multirresolução, Faure et al. (2003) utilizam a densidade do ambiente construído, obtida a partir da classificação digital de imagens Landsat/ETM+ e SPOT-3, para redistribuírem a população no espaço intraurbano da região metropolitana de Belém. Também com uma abordagem multirresolução, Dal'Asta et al. (2015) partem da identificação de padrões gerais de ocupação na cidade de Santarém com imagens Landsat-TM, para, a partir de imagens SPOT (2,5m de resolução), caracterizar a cobertura desses padrões. Nesse estudo, a cidade é tratada não apenas do ponto de vista das

áreas construídas, mas como um espaço com usos e coberturas diversas (áreas residenciais, industriais, presença de vegetação arbórea e rasteira, solo exposto, entre outros), cuja configuração expressa padrões espaciais de ocupação distintos no espaço citadino. Em estudo conduzido no Distrito Florestal Sustentável da BR-163 (DFS da BR-163), Dal'Asta et al. (2012) utilizaram imagens Landsat para identificar UOH maiores, como cidades e vilas, e imagens CBERS-2B, de 2,5m de resolução espacial, para identificar outras unidades menores, como pequenos aglomerados populacionais, sedes de fazendas, serrarias, entre outras, e caracterizar os arranjos espaciais de ocupação das UOH com população associada. Na perspectiva da análise territorial, Souza (2016) recorre a imagens de média resolução (RapidEye) para refinar classes genéricas de uso e cobertura da terra em uma área no sudoeste paraense, evidenciando o potencial desse tipo de imagem para identificar formas, sem grandes detalhamentos estrutural. Nesses estudos, fica claro o potencial das imagens de sensoriamento remoto na análise territorial. No contexto deste trabalho, os *Tipos Básicos* definidos e apresentados no Capítulo 3 têm uma restrição: devem ser passíveis de observação por meio do uso de imagens de SR de média resolução, neste trabalho entendidas como imagens com resolução espacial entre 2,5 e 15 metros.

Optou-se por não apresentar aqui neste Capítulo uma revisão sobre as técnicas de PDI necessárias para identificação e isolamento dos *Tipos Básicos*. Também não são apresentadas aqui as técnicas de Classificação estatística baseada em árvores de decisão para classificação destes *Tipos*. Os métodos de construção de espaço celulares e mudança de suporte de variáveis são também técnicas presentes em vários SIG e ambientes de análise estatística computacional livres e abertos. Estes métodos são apresentados e comentados no Capítulo 3 e são métodos presentes na literatura e que podem ser encontrados em vários sistemas de processamento de imagens de SR e SIG abertos, uma opção feita por este trabalho para permitir uma operacionalização destas ideias com acesso mais amplo.

### 3 CONSTRUÇÃO METODOLÓGICA

As matrizes conceituais e metodológicas derivadas da morfologia urbana, neste trabalho, estão apoiadas na discussão consistente e na clareza da abordagem sistematizada e crítica de conceitos e métodos da disciplina apresentados em Krafta (2014). Com esta orientação foi possível estabelecer um diálogo entre os elementos conceituais e metodológicos envolvidos na análise morfológica adaptados para uma perspectiva territorial. Foi necessário estabelecer os meios para definir e identificar os tipos básicos de *formas urbanas visíveis* e alguns de seus arranjos em configurações espaciais que se estendem por um território, que vai além das divisas municipais e das áreas urbanizadas de cidades-sede, para criar uma *Tipologia* adequada ao propósito deste trabalho. É importante notar que o trabalho de sistematização crítica de Krafta (2014) conserva as preocupações que estavam presentes em trabalho essencial para o domínio da morfologia urbana apontado em Lynch (1960).

Na tarefa da busca pela definição de um conjunto mínimo de *Tipos*, o principal desafio está associado à definição de quais propriedades e características serão analisadas para estabelecer as peças básicas que vão montar um tabuleiro, o território estendido em observação, ou seja, os *Tipos básicos* constitutivos para uma leitura da espacialidade urbana nestes contextos. Ao mesmo tempo em que critérios únicos são facilitadores, pois diminuem a quantidade de elementos no conjunto dos *Tipos básicos*, e geram processos classificatórios mais simples, eles fornecem uma visão reducionista da complexidade estrutural, do ponto de vista da presença, densidade, etc., das *formas espaciais* que se estendem pelo território. Contudo, à medida que o número de critérios utilizados cresce, aumenta-se o número de *Tipos básicos* e, por consequência, a dificuldade de seu uso para análises descritivas. Associe-se a isso a inexistência de um conjunto “universal” de métodos e técnicas para esse tipo de abordagem no contexto em que o *urbano visível* se estende por municípios de grande extensão territorial, com outras formas

socioespaciais além das cidades-sede, como é o caso em vários recortes amazônicos.

Assim, no contexto deste trabalho, os *Tipos básicos* foram pensados, por um lado, em relação às *matrizes de formas urbanas* no contexto original da morfologia urbana (KRAFTA, 2014), adaptados para o contexto destes territórios estendidos, por outro, associados também à possibilidade de sua identificação em imagens de sensoriamento remoto de média resolução por meio de técnicas semiautomáticas de classificação digital. Nessa orientação, buscam-se *formas espaciais* simplificadas para os *Tipos básicos* que possam auxiliar no processo de revelar as expressões do urbano em um território estendido. Estes *Tipos* apresentam somente os elementos *visíveis*, as estruturas espaciais, um componente daquela espacialidade urbana. Ainda assim, e mesmo que parcialmente, podem produzir uma representação computacional desta espacialidade urbana, uma cartografia que permite uma leitura, uma expressão espacial do urbano. Nesta representação, os elementos de forma e seus arranjos são associados, por meio de suas propriedades, a porções específicas do território. Neste caso, um conjunto de células, de mesmo tamanho e dispostas em topologia matricial, isto é, uma grade ou, na linguagem da morfologia urbana, uma grade composta por células regulares.

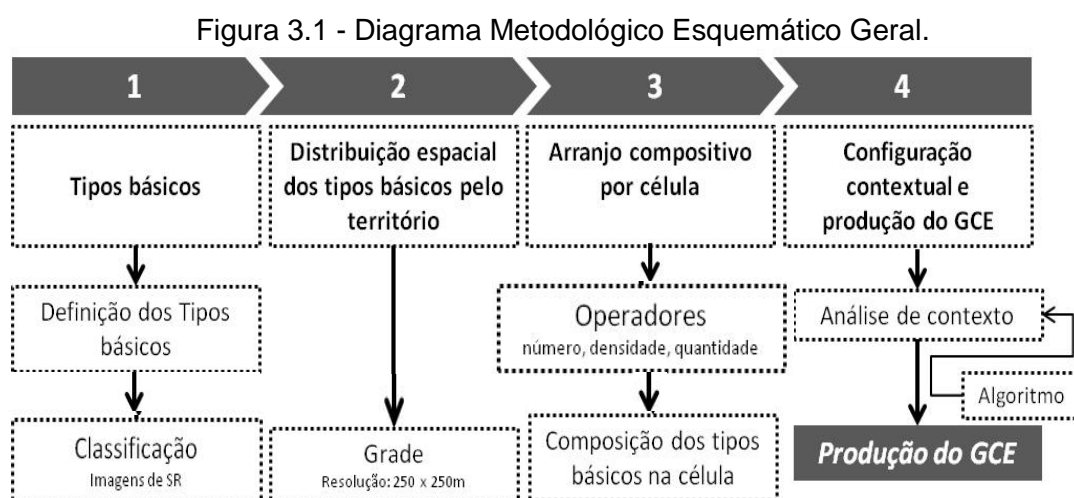
Estas células, individualmente, delimitam espaços onde podemos estabelecer uma métrica, do ponto de vista da existência, densidade, arranjos destes elementos, para aquela porção específica uma célula específica. Esta métrica produz uma medida do que definimos como uma complexidade dos arranjos dos *Tipos*, que chamamos aqui de *complexidade estrutural*. Olhando o conjunto das células, o que esta representação provê é uma possibilidade de leitura para a expressão urbana neste território estendido, que procura evidenciar as porções com maior ou menor *complexidade estrutural*. Os níveis de maior complexidade estrutural são espaços potenciais de convergência ao desenvolvimento de funções urbanas mais sofisticadas. O nível de *complexidade estrutural* ZERO (0), relativo às células que não apresentam

associação a nenhuma das *formas espaciais* presentes nos *Tipos básicos*, se constituem em espaços que podem ser pensados para articular possibilidades de desenhos urbanos para o território estendido, que busquem olhar para os elementos naturais públicos e de uso comum (florestas em terras públicas, rios, etc.) e para os elementos artificiais, com origem nos arranjos sociais, como lotes, para pensar em modelos de desenvolvimento urbano mais aderentes à região. Ressalta-se aqui que os elementos e a abordagem adotados, embora sirvam como um ponto de partida para outros estudos devem ser adequados às peculiaridades de cada região.

Assim, o **GCE-Gradiente de Complexidade Estrutural** é o produto metodológico síntese desta dissertação. Na sua construção várias etapas são necessárias e são encadeadas em fases para: (1) a definição de uma *Tipologia de Tipos Básicos* associada à sua identificação a partir de imagens de SR orbital; (2) a definição de um procedimento para a distribuição destes *Tipos* no território estendido com o uso de um *espaço celular*; (3) a definição de *Arranjos Compositivos* que procura estabelecer em que configurações estes *Tipos Básicos* podem ser encontrados depois de sua distribuição por células. Um conjunto de medidas é produzido relativo aos Tipos Básicos que estão presentes em uma célula e são calculados nesta etapa. Estas medidas são normalizadas e passam a ser atributos da célula; (4) Com base nas medidas obtidas em (3) uma métrica que associa a cada célula um valor síntese que reflete o que denominamos de *complexidade estrutural* da célula é definida. Esta métrica permite um ordenamento, não dos *Tipos Básicos* em si, mas das células que os contém. A definição de um procedimento que procura corrigir a valoração de uma célula, ou seja, seu valor de *complexidade estrutural* calculado observando o contexto em que cada célula está envolvida utilizando uma noção de vizinhança é desenvolvido. Este procedimento é estabelecido por meio de álgebra de mapas em SIG. Após este ajuste, a definição de um método para classificação e para a produção do mapa de células valoradas pela *complexidade estrutural* corrigida pelo contexto é estabelecido. A

aplicação deste procedimento cria a representação computacional da espacialidade urbana, simplificada a partir do olhar para as *formas visíveis* detectadas por imagens de SR, que chamamos neste trabalho de **GCE - Gradiente de Complexidade Estrutural**.

Essas etapas são apresentadas na Figura 3.1, com seus respectivos produtos intermediários e serão descritas em detalhes após a caracterização da área de estudo.



Fonte – Produção da autora (2016).

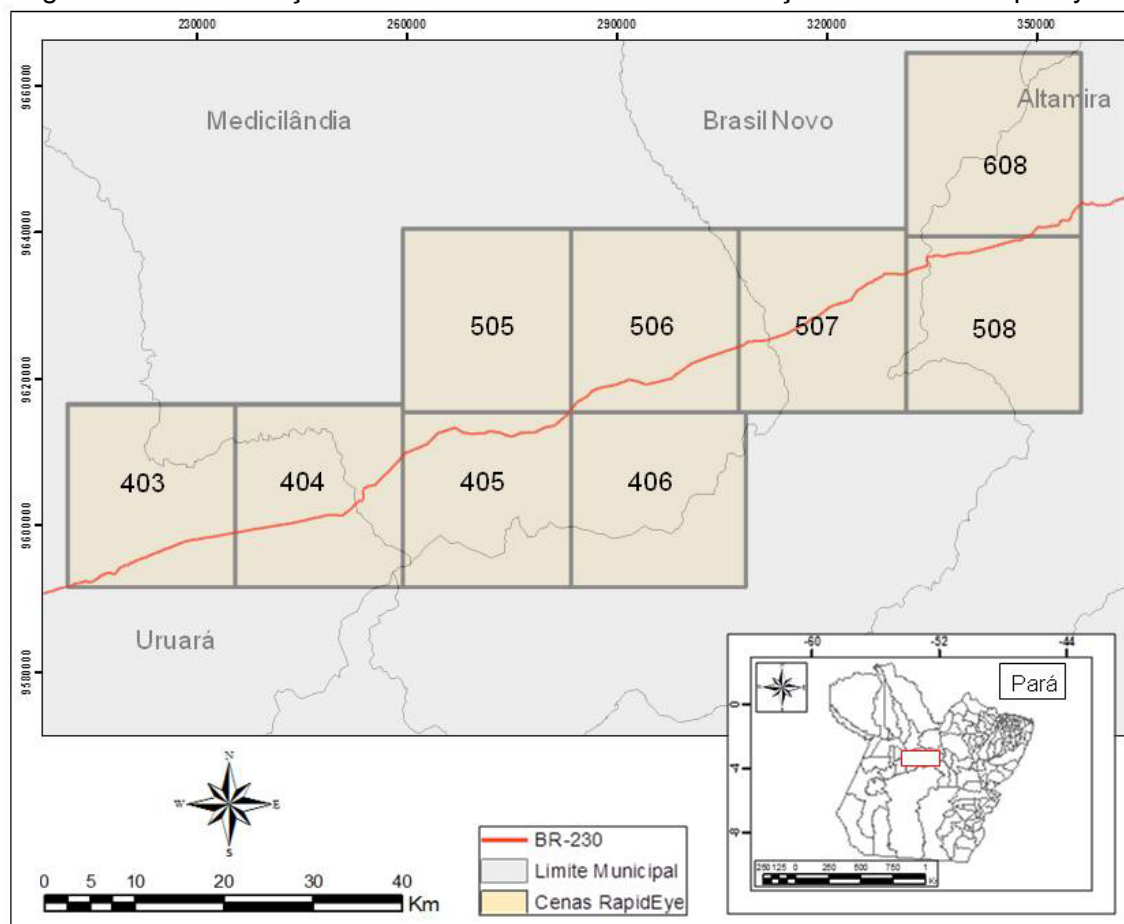
### 3.1. Área de estudo

A área de estudo, apresentada na Figura 3.2, está localizada na Transamazônica (BR-230) em um trecho entre os municípios de Uruará e Altamira. Para esta dissertação, o recorte espacial adotado corresponde à área compreendida nos limites de nove cenas das imagens RapidEye, conforme será descrito nos próximos itens, perfazendo 5.504 km<sup>2</sup>. Nesse trecho, as principais cidades correspondem às sedes municipais de Brasil Novo e Medicilândia, localizadas no eixo da Transamazônica, com população residente de 6.889 e 9.559 habitantes (IBGE, 2010), respectivamente. Além das cidades,



são encontrados diversos núcleos populacionais, remanescentes de agrovilas, distribuídos ao longo da Transamazônica (BR - 230) e suas vicinais.

Figura 3.2 – Localização da área de estudo com a delimitação das cenas RapidEye.



Fonte: Produção da autora (2016).

### 3.2. Etapa 1 - Definição e Identificação dos *Tipos Básicos*

#### 3.2.1. Definição da Tipologia da Matriz de Formas Urbanas Adaptada

Considerando a ideia de um território estendido que contém diferentes formas socioespaciais com suas manifestações de *formas urbanas visíveis* passíveis de identificação por imagens SR de média resolução e as *matrizes de formas urbanas* da morfologia urbana, discutidas no Capítulo 2, e aqui adaptadas, uma *Tipologia* composta de 5 (Cinco) *Tipos Básicos* é proposta contendo: em:

*manchas, formas construídas, traçado, conexões e EsF - espaços sem formas espaciais detectadas.* A escolha desta *matriz de formas* adaptada parte da matriz clássica da morfologia urbana, *espaço público, espaço privado, formas construídas e tecido urbano*, mas assume, para o território estendido povoado de formas socioespaciais distintas, um desmonte em elementos detectáveis e com uma possibilidade de leitura associada a elementos visíveis de constituição de espacialidade urbana. A Tabela 3.1. descreve estes elementos de forma, Tipos Básicos, e uma descrição de sua associação com as formas socioespaciais presentes no território estendido em observação.

Tabela 3.1 – Tipologia da Matriz de Formas Urbanas Adaptada para o Contexto do Recorte Amazônico: *Tipos básicos*.

| <b>Tipos básicos</b>  | <b>Representação</b>  | <b>Descrição</b>  |
|---|---|---|
| <b><i>Manchas</i></b>                                       |    | Unidades com população associada e ocupação mais adensada. Revela um conjunto de edificações e contém os outros elementos.  |
| <b><i>Formas construídas</i></b>                            |    | Formas regulares, dispersas ao longo da região, mas ligadas à rede de estrada. São indicativas de atividade industrial ou comercial.  |
| <b><i>Traçados</i></b>                                      |   | Revelam estrutura organizada de circulação. Em geral, independe de aspectos como pavimentação, largura de vias ou sinalização, que exigiram melhor resolução espacial.      |
| <b><i>Conexões</i></b>                                      |  | Vias que ligam as manchas. Promovem a circulação entre as UOH.  |
| <b><i>EsF - Espaços sem Formas Espaciais Detectadas</i></b> |  | Espaços que podem ser públicos ou privados e que não apresentam nenhum dos tipos básicos anteriores. Podem conter elementos da paisagem natural, como rios, florestas, etc. |

FONTE: Produção da autora (2016); Fotos: Escada et al. (2017).

### 3.2.2. Identificação dos Tipos Básicos: Elementos Espaciais de Estruturação Territorial

Para a identificação dos *Tipos* propostos pela Tipologia definida em 3.2.1 foram utilizadas nove imagens do sensor *Earth Imaging System* do *RapidEye* (REIS), dos anos de 2012 e 2013, obtidas do catálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (<http://geocatalogo.mma.gov.br/index.jsp>) e descritas na Tabela 3.2. A resolução espacial de 5 metros dessas imagens permite a extração dos elementos de interesse, com detalhe adequado para a abrangência territorial do estudo proposto neste trabalho.

Tabela 3.2 – Conjunto de imagens utilizadas para a extração dos elementos na área de estudo.

| Imagens  | Órbita/ponto - Tile | Data       |
|----------|---------------------|------------|
| RapidEye | 2237403             | 13-07-2013 |
|          | 2237404             | 05-08-2012 |
|          | 2237406             | 04-08-2012 |
|          | 2237505             | 04-08-2012 |
|          | 2237505             | 13-07-2013 |
|          | 2237506             | 04-08-2012 |
|          | 2237507             | 04-08-2012 |
|          | 2237508             | 01-08-2012 |
|          | 2237608             | 01-08-2012 |

A Figura 3.3 apresenta a sequência encadeada de procedimentos utilizados para identificar os *Tipos Básicos*.


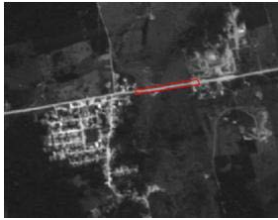
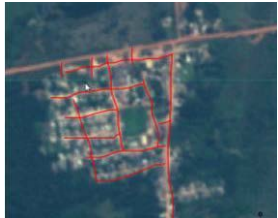

Figura 3.3 – Sequência de procedimentos gerais para a identificação dos Tipos Básicos.



Os quatro *Tipos* de interesse possuem características de forma, tamanho e comportamento espectral diferentes, mas com possibilidades de alguma confusão, em particular, relacionada às suas propriedades radiométricas. Por outro lado, temos períodos de aquisição diferentes para as cenas, e sem a possibilidade de correção radiométrica adequada, esta particularidade poderia

afetar a separação apropriada dos *Tipos*. Partindo desta constatação, associada à busca por um procedimento mais simples no domínio do reconhecimento de objetos através de métodos de classificação digital semiautomática, a primeira opção foi tratar a identificação de cada *Tipo* utilizando procedimentos independentes. Ou seja, embora os métodos e técnicas utilizadas sejam comuns, os parâmetros utilizados são definidos para cada imagem e para cada *Tipo*, conforme detalhado na Tabela 3.3 e descritos a seguir.

Tabela 3.3 - Procedimentos para a identificação de cada *Tipo Básico*.

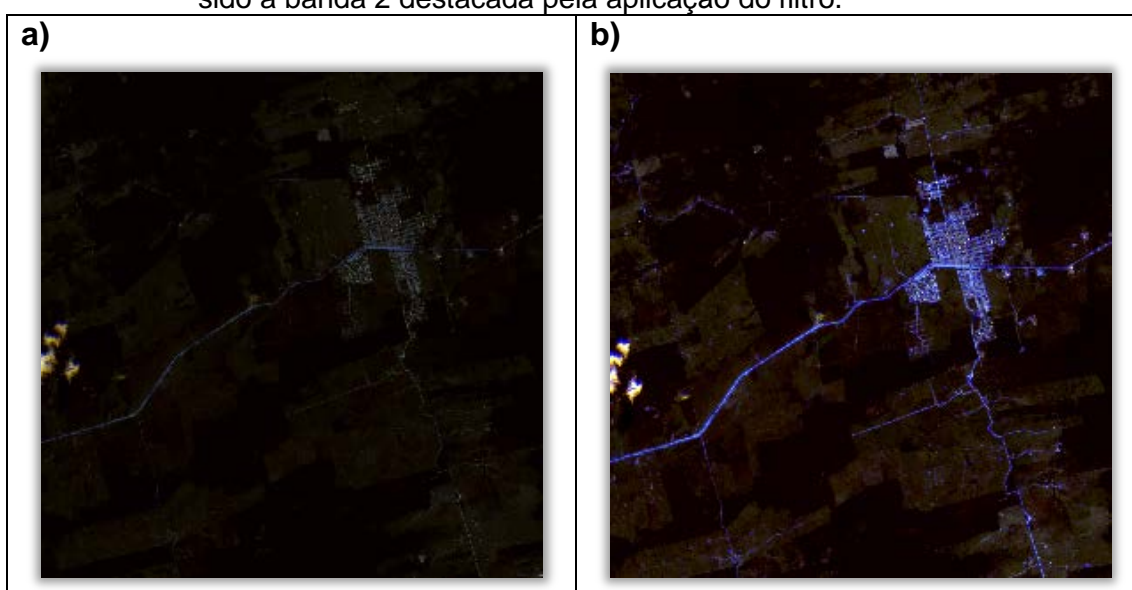
| <b>Tipo</b>        | <b>Características do alvo</b>  | <b>Segmentação</b>  | <b>Imagem RapidEye</b>  |
|--------------------|---|---|---|
| Mancha             | Solo exposto, área pavimentada, diversos materiais de cobertura                       | <i>Bandas Originais:</i><br>1, 3, 4 e 5<br><i>Banda filtrada:</i> 2<br><i>Parâmetros:</i> Escala - 500<br>Cor - 100<br>Compacidade - 50 |    |
| Conexão            | Solo exposto e/ou pavimentação  | <i>Bandas Originais:</i><br>1, 3, 4 e 5 <i>Banda filtrada:</i><br>2<br><i>Parâmetros:</i> Escala - 500<br>Cor - 100<br>Compacidade - 30 |    |
| Traçado            | Solo exposto e/ou pavimentação  | <i>Bandas originais</i><br>1, 3, 4 e 5 <i>Banda filtrada:</i><br>2<br><i>Parâmetros:</i> Escala - 150<br>Cor - 100<br>Compacidade - 30  |   |
| Formas construídas | Solo exposto, pavimentação, vegetação, telhados de diferentes materiais, entre outros | <i>Bandas originais</i><br>1, 2, 3, 4 e 5<br><i>Sem Filtragem</i><br><i>Parâmetros:</i> Escala - 50<br>Cor - 100<br>Compacidade - 50    |  |

Fonte: Produção da autora (2016).

Após a seleção das imagens, foi aplicado o filtro morfológico de dilatação na banda referente ao canal do vermelho (Banda 2 – comprimento de onda de 600 a 700 nm). Este filtro atua no domínio espacial da imagem, tem suas propriedades estabelecidas pela morfologia matemática (BANON; BARREIRA, 1998; BANON, 2000) e é empregado para realçar ou suavizar elementos de borda na imagem ao atuar nos limites entre as partes mais claras e mais escuras da imagem, o que resulta na expansão das áreas mais claras

(MENEZES; ROSA, 2012). Esse filtro foi aplicado por Pavanelli et al. (2015) na banda associada ao canal do vermelho de imagens Landsat-TM5 para realçar as feições associadas ao “traçado”, “conexões” e “manchas”. Os autores observaram uma melhoria nos resultados obtidos com a utilização do filtro. Nesta dissertação, os resultados da aplicação do filtro realçaram os alvos de interesse, como pode ser observado na Figura 3.4.

Figura 3.4. Resultado da composição da imagem RapidEye com aplicação do filtro na Banda 2 . a) banda original e b) resultado composição da imagem tendo sido a banda 2 destacada pela aplicação do filtro.



Fonte: Produção da autora (2016).

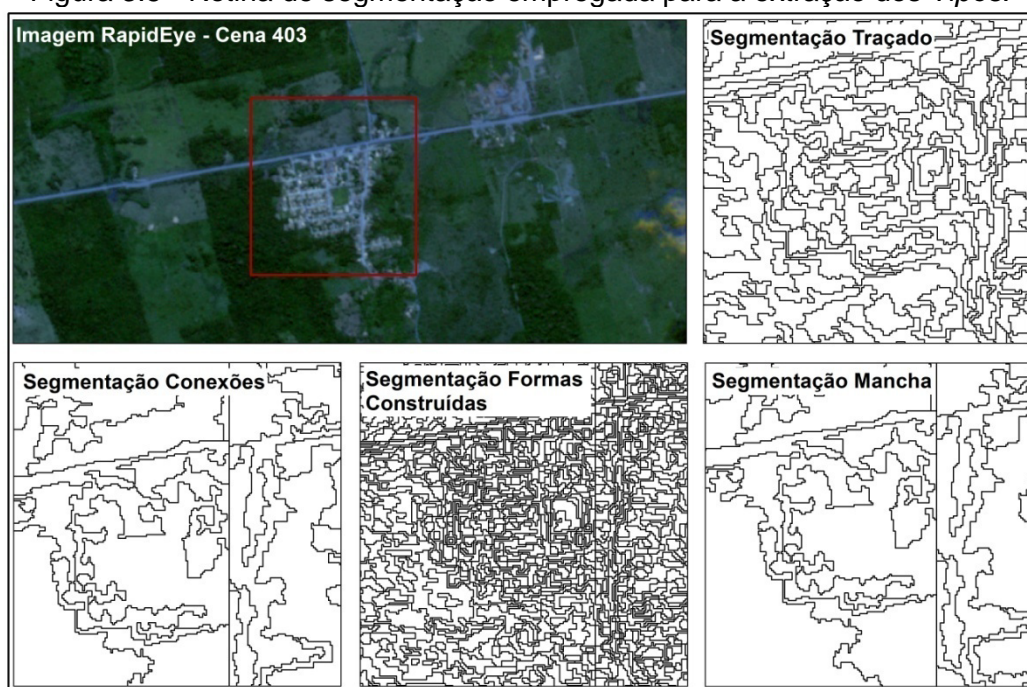
Para a segmentação, foram utilizadas as cinco bandas das imagens RapidEye, sendo que para os tipos “traçado”, “conexão” e “mancha” a banda 2 original foi substituída pela banda com aplicação do filtro morfológico. Para gerar as segmentações, foi utilizado o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões proposto por Baatz e Schape (2000), uma vez que o método pode trabalhar com um parâmetro de escala, o que ajuda na identificação de objetos que possuem formas espaciais distintas, onde a escala de observação pode auxiliar na captura destas diferenças. Neste sentido, ele chama o método proposto de segmentação multi-resolução. Este algoritmo foi implementado no aplicativo *Geographic Data Mining Analyst - GeoDMA* (KORTING, et al., 2008)



que foi utilizado nesta fase<sup>10</sup>. O algoritmo utiliza parâmetros de escala, cor e compacidade (descritos na Tabela 3.3), que foram definidos empiricamente, por meio de escolha direta sobre a imagem, de um conjunto de *Tipos* característicos, para cada forma específica. E então foram estabelecidos parâmetros partindo do resultado dos testes das características destas formas, como tamanho e métrica de forma espacial.

As segmentações foram realizadas de forma independente para cada *Tipo Básico*, ou seja, para cada cena foram geradas quatro segmentações - uma para cada *Tipo*. Contudo, os parâmetros definidos para cada elemento foram utilizados nas segmentações em todas as cenas para esse *Tipo*. Essa rotina de segmentação é apresentada na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Rotina de segmentação empregada para a extração dos *Tipos*.



Fonte: Produção da autora (2016).

---

<sup>10</sup> No contexto deste trabalho, ao fixar a escala de observação a partir do tamanho escolhido para as células, foi fixado um parâmetro de escala para cada segmentação relativa a um *Tipo* específico e o algoritmo trabalhou como o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões.



De posse das imagens segmentadas para cada elemento, foram extraídos outros atributos dos segmentos utilizando o conjunto de métricas disponíveis no sistema de mineração de dados GeoDMA (KORTING et al., 2013). Nesse sistema, as métricas calculadas para o nível de polígonos (segmentos) estão associadas às características espectrais - calculadas dentro de um polígono e respectivas a um canal espectral -, e as características espaciais definidas por meio de medidas gerais de formas como compacidade, perímetro, relação área-perímetro, etc. (GeoDMA, 2011). A relação e descrição das métricas calculadas pelo GeoDMA para os segmentos é detalhada no Apêndice A, onde estão apontadas as métricas utilizadas no contexto deste trabalho.

Após a extração dos atributos, foram selecionadas amostras de treinamento representativas de cada *Tipo Básico*, ou seja, para cada *Tipo* foram selecionados polígonos característicos desse elemento em sua respectiva segmentação. Com base no conjunto de amostras de treinamento, foi realizada uma classificação binária (*Tipo Básico* ou outros). Esta classificação foi apoiada no método de árvore de decisão supervisionada (QUINLAN, 1986) utilizando o sistema GeoDMA. Quando o conjunto de características (variáveis) é um conjunto finito (no caso deste trabalho o conjunto finito de métricas espectrais e espaciais utilizadas), o método de árvore de decisão é chamado como o método de árvore de classificação, uma vez que ao fim do processo ele estabelece os objetos que pertencem a uma classe consideradas as estatísticas do conjunto de amostras selecionadas para o processo de aprendizagem. Desta forma, utilizando este método, o que produzimos é uma identificação dos *Tipos Básicos* na imagem por meio do uso de uma árvore classificatória estabelecida para cada *Tipo*.

No GeoDMA, o algoritmo específico utilizado é o C4.5 (QUINLAN, 1993), que foi desenvolvido para tratar de processos classificatórios apoiados em árvores de decisão. Por isso, muitas vezes este procedimento é reconhecido dentro do domínio dos classificadores estatísticos. A escolha das amostras de treinamento e a classificação de cada *Tipo Básico* foram realizadas de forma

independente, cena a cena. Assim, para cada cena foi gerada uma árvore de decisão para a classificação de cada *Tipo*. Optou-se por esse procedimento para buscar garantir um resultado de classificação automática que pudesse reduzir o tempo de edição dos erros de classificação, uma vez que as imagens são de datas distintas e os elementos têm diferentes complexidades. As árvores de decisão utilizadas em cada cena para cada tipo básico são apresentadas no Apêndice B.

Após a classificação, os resultados foram avaliados visualmente<sup>11</sup> e erros de classificação foram corrigidos por meio de edição vetorial. Ressalta-se que para o tipo *formas construídas* o procedimento de classificação foi a interpretação visual dos segmentos.

Dessa etapa, o resultado é a identificação e mapeamento dos quatro *Tipos Básicos* que apresentam formas espaciais visíveis da Tipologia definida para o contexto de um trecho da Rodovia Transamazônica (BR-230) entre os municípios de Brasil Novo e Uruará. Deve ser observado que o *Tipo Básico EsF* não é encontrado com este procedimento de classificação, uma vez que ele não apresenta formas espaciais detectáveis. O *Tipo EsF* será associado a uma célula, após o procedimento de distribuição espacial dos Tipos Básicos em um espaço celular e da construção de uma medida-síntese de complexidade estrutural para cada célula. Após a identificação, esses *Tipos* foram redistribuídos em um espaço celular, um conjunto de células regulares com resolução de [250 x 250]m gerando uma representação espacial contínua, porém discretizada, da distribuição destes elementos no território estendido.

---

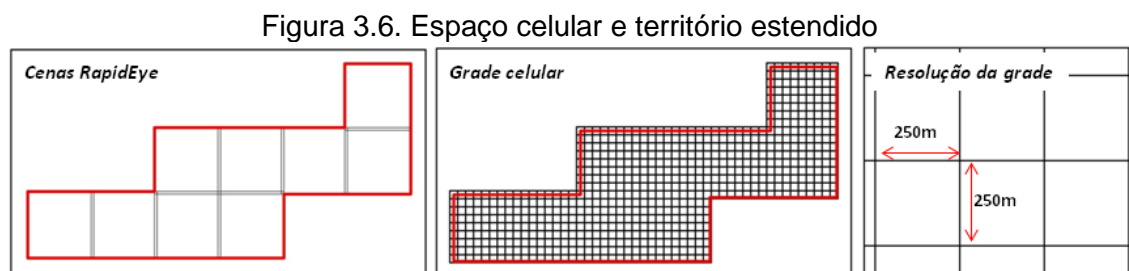
<sup>11</sup> As imagens de referência utilizadas neste trabalho têm resolução espacial de 0,6m e são disponibilizadas pela empresa Google, pelo site <https://www.google.com.br/maps>.

### **3.3. Distribuição espacial dos *Tipos Básicos* considerando o território estendido**

De posse dos *Tipos Básicos*, utilizou-se um plano celular para representar espacialmente o *continuum* territorial onde os quatro *Tipos* (*mancha, conexão, traçado e forma construída*) estão distribuídos. Assim, para essa representação a noção de território estendido está associada com aquela área compreendida nos limites das nove cenas das imagens RapidEye. Para este recorte espacial, foi gerado um espaço celular com células de resolução de [250 x 250]m (Figura 3.6). O tamanho das células foi definido empiricamente a partir de testes, levando em consideração, na escolha da resolução, que o menor elemento mapeado está contido em uma única célula. Neste caso, a resolução escolhida para as células, que definem o espaço celular, está orientada pela ideia de *escala de observação* que está presente nos estudos de morfologia urbana. A *escala*, no campo da morfologia urbana, está associada aos elementos que compõem o estabelecimento da *complexidade estrutural* presente. Por exemplo, em certa escala pode-se imaginar uma igreja como um monumento único. Mas se a escala de observação for alterada, é possível pensar no conjunto de elementos que compõem aquela paisagem arquitetônica onde o monumento igreja está inserido, que têm uma praça, um jardim, etc. Ao alterar a resolução das células, modifica-se a *escala* e, conseqüentemente, altera-se a medida de *complexidade estrutural* para cada célula, o que, por sua vez, influencia o ordenamento das referidas células com base nesta medida, que, por fim, altera a leitura da condição daquele espaço, condicionado pelo tamanho da célula em relação à sua *complexidade estrutural*. É natural e, neste caso, desejável, que seja assim: o resultado do *Gradiente* é sensível à resolução das células. Caberá ao analista definir que *escala de observação* ele pretende para o território em estudo. O ideal seria poder trabalhar com espaços celulares contendo células de resoluções diferentes, o que impõe mais

dificuldades para os instrumentos operacionais de construção destes espaços, mas pode ser um desafio a ser enfrentado<sup>12</sup>.

Desse modo, a partir da definição da grade celular, os polígonos de cada *Tipo Básico* foram transferidos para as células, gerando uma representação territorial na perspectiva de *continuum*.



Fonte: Produção da autora (2016).

### 3.4. Arranjo compositivo dos *Tipos Básicos* no espaço celular

Para integrar os *Tipos Básicos* ao espaço celular, utilizou-se um procedimento específico, que é necessário toda vez que se promove uma mudança de suporte espacial de referência, ou seja, os *Tipos* que são objetos identificáveis e únicos, agora devem aparecer como elementos intrínsecos a outra unidade espacial: a célula. Para fazer isso, é preciso definir um conjunto de operações que mostrem como um certo *Tipo*, que está sendo "desmontado" passará a ser visto a partir do novo elemento, a célula. Em resumo, as propriedades dos *Tipos* deixam de ser dos objetos (polígonos de cada *Tipo*) e passam a ser de cada célula da grade celular. Assim, foram escolhidos operadores<sup>13</sup> que permitem analisar a composição dos tipos básicos em cada célula, conforme

---

<sup>12</sup> Há maneira de fazer isso utilizando um modelo de Grafos, abstrato, associado a conjuntos de células com resoluções espaciais distintas, mas este estudo visa conter os instrumentos em nível de simplicidade que possa ser utilizado por profissionais do planejamento sem experiência com técnicas de modelagem mais sofisticadas. Desta forma os procedimentos tentaram utilizar avanços na classificação digital e em operações de geoprocessamento em SIG mas que podem ser encontradas em produtos disponíveis abertos e livres ou proprietários no mercado.

relacionado na Tabela 3.4. Para realizar este procedimento foi utilizado o plugin de preenchimento de células do TerraView 4.2.2.

Tabela 3.4 - Operações utilizadas na integração dos *Tipos Básicos* ao espaço celular.

| <b>Elemento</b>               | <b>Operação</b>         | <b>Descrição</b>  |
|-------------------------------|-------------------------|---|
| <i>Mancha</i>                 | Presença<br>Porcentagem | Presença de mancha na célula e<br>Porcentagem da classe na célula |
| <i>Traçado</i>                | Presença                | Presença do traçado em uma dada<br>célula.                        |
| <i>Conexões</i>               | Presença                | Presença de conexões em uma dada<br>célula.                       |
| <i>Formas<br/>construídas</i> | Quantidade              | Número de formas em uma dada<br>célula.                           |

Fonte: Produção da autora (2016).

Foram adotados alguns procedimentos para analisar os *Tipos Básicos* quando distribuídos no plano celular. Assim, para as *conexões*, após a transferência para o plano celular, foi calculado, para cada célula, o número de elementos do *Tipo conexões* presentes na célula. Para isso, com base no histórico de ocupação deste território, foi considerado que as *conexões* vicinais receberiam peso 1 (um) e a *conexão* identificada com a Transamazônica peso 2 (dois). Assim, em uma dada célula: se houver somente vicinais, o peso aplicado tem valor 1 (um); quando a presença de conexões corresponde à Rodovia Transamazônica, –aplica-se peso 2 (dois) e no caso de haver ambos Transamazônica e vicinais, é aplicado peso 3 (três). Esse procedimento foi adotado, porque entende-se que possuir *Tipo conexão* com a Transamazônica promove, neste território, um acesso mais direto com as principais cidades e centros urbanos da região.


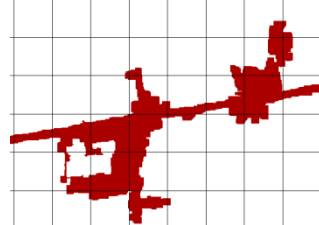
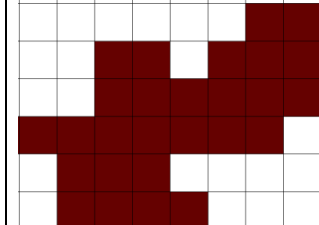
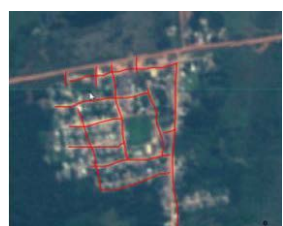
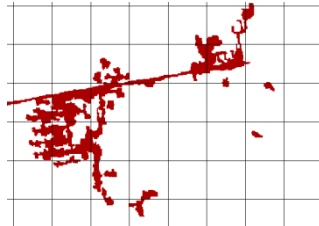
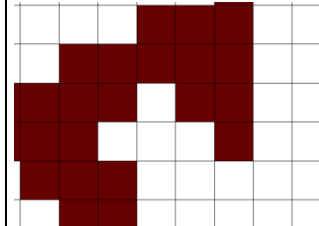

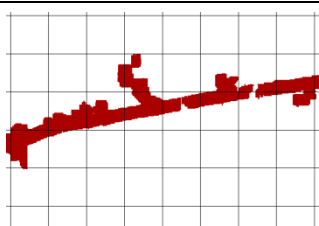
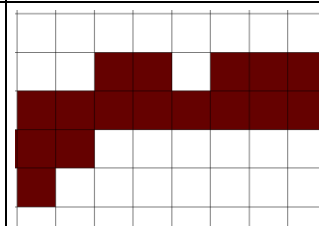

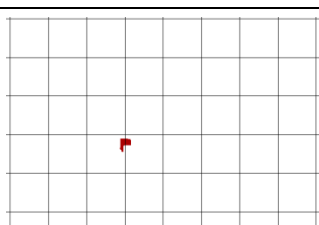
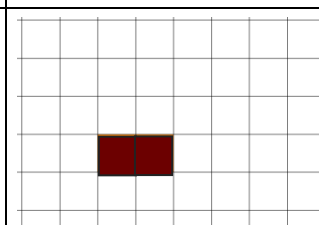
Para o *Tipo manchas*, o tamanho da mancha pode ser tomado como um indicador de consolidação da ocupação e, conseqüentemente, de um espaço potencial para dar suporte a outros *Tipos*, aumentando sua *complexidade estrutural*. Sendo assim, para cada célula, para o *Tipo mancha*, além da

informação de presença/ausência, foi calculada a área do polígono de mancha que intercepta a célula, como outro atributo da célula.

Após a integração ao plano celular, foi aplicada uma normalização linear para os *Tipos Básicos conexões, manchas* (área da mancha) e *formas construídas*, com o objetivo de que os valores nas células para cada um destes *Tipos Básicos* estivessem em uma mesma régua definida para o intervalo entre 0(zero) e 1(um). Nesse intervalo, 0(ZERO) representa células que, para esta escala de observação, esta resolução espacial das células da grade, o *Tipo Básico* não foi detectado. Quando todos os *Tipos* são 0 (ZERO) esta célula corresponde ao *Tipo Básico* da Tipologia "*Espaço sem Formas espaciais detectadas - EsF*" -, e quando temos 1(UM), temos o valor máximo de pelo menos um *Tipo Básico* sendo observado na área de estudo naquela célula.

Exemplos de integração ao espaço celular dos *Tipos Básicos* são apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Operações utilizadas para a integração dos *Tipos Básicos* ao espaço celular.

| <b>Elemento (operação)</b>                               | <b>Identificação na imagem</b>  | <b>Espaços Celulares (250 x 250m) e Tipos Básicos</b>                                | <b>Integração na Célula após Operações</b>  |
|--|---|--|---|
| <b>Manchas</b><br>(Presença e área total do polígono)    |    |    |    |
| <b>Traçado</b><br>(Presença)                             |    |    |    |
| <b>Conexões</b><br>(Presença e tipo – vicinal ou BR-230) |   |   |   |
| <b>Formas construídas</b><br>(Quantidade)                |  |  |  |

Fonte: Produção da Autora (2016).

O resultado dessa etapa é a definição do arranjo compositivo dos *Tipos Básicos* para cada célula na grade de células que passa a ser a representação, a partir da Tipologia estabelecida, do território estendido em estudo.

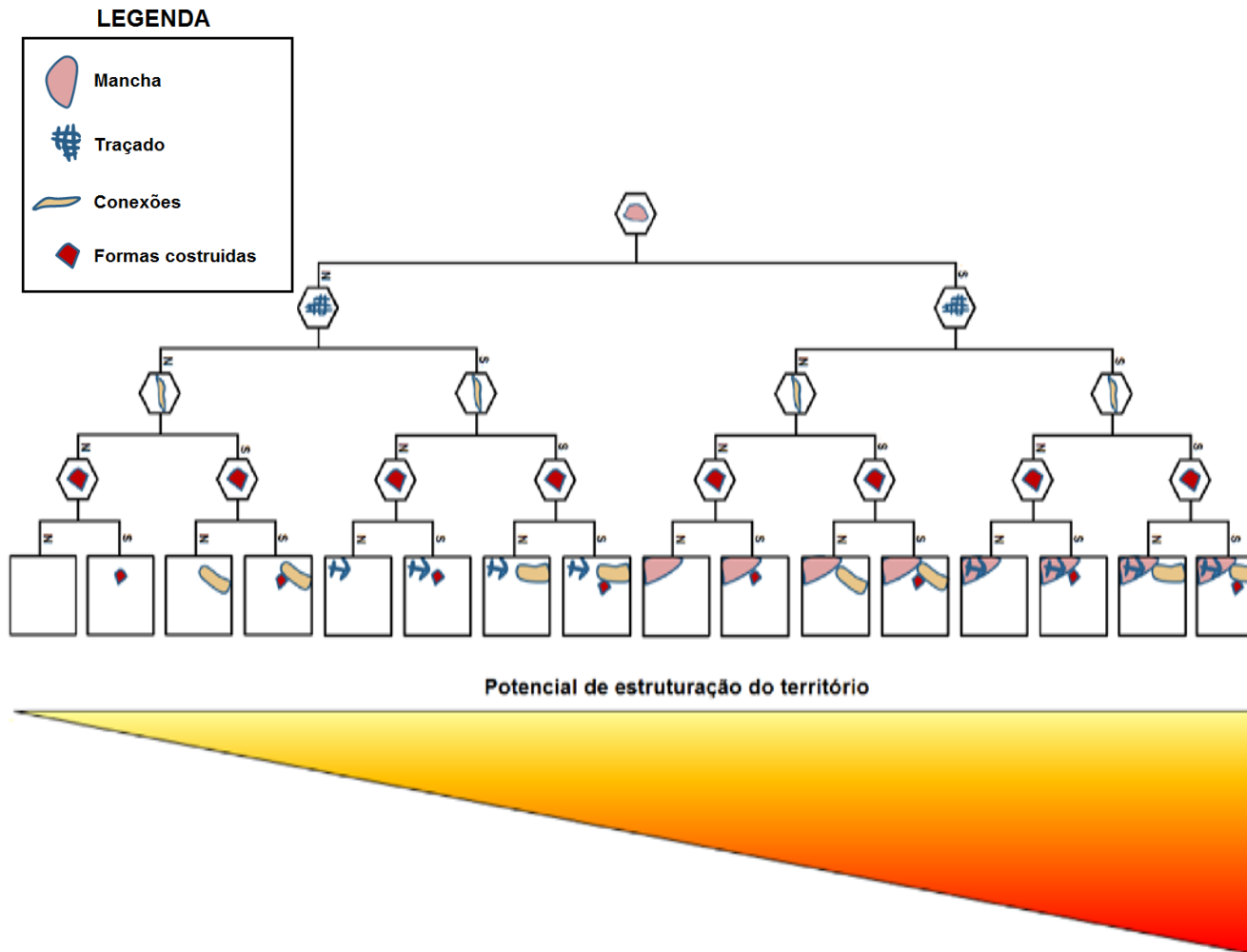
### 3.5. Configuração Contextual e Produção do GCE - Gradiente de Complexidade Estrutural

Após a definição do arranjo compositivo dos *Tipos Básicos* na grade celular, foi realizada uma operação de síntese que expressa a complexidade desse

arranjo em cada célula. Essa operação foi construída levando-se em consideração cada *Tipo Básico*, exceto o *Tipo EsF*, e sua respectiva relevância como uma estrutura espacial com potencial para dar suporte ao desenvolvimento de funções urbanas (observe que o *Tipo EsF* é uma célula com valor de complexidade ZERO, mas têm significado e relevância, por estar associada às possibilidades do desenho espacial, planejado ou não, deste território estendido). Com base nos *Tipos básicos* e nas diferentes combinações possíveis em que podem aparecer, construiu-se uma Tipologia composta por 16 arranjos, conforme a representação da Figura 3.7. Esta Tipologia apresenta um conjunto de Arranjos ordenados e, desta forma, pode-se pensar na noção de *gradiente*, que representa uma variação ordenada significando, neste caso, uma gradação entre a menor e a maior *complexidade estrutural*, possível medida a partir de uma formulação que contempla a presença/ausência de *formas espaciais* e de suas propriedades rebatidas nas células.



Figura 3.7 - Tipologia dos Arranjos dos *Tipos Básicos* no território estendido.



Para construir um indicador síntese dos arranjos em cada célula, a representação síntese da *complexidade estrutural*, foi realizado o cômputo segundo a fórmula expressa pela equação (3.1).

$$CE_{cel} = 4 * (M_A * T_P) + M_P + T_P + C_Q + F_Q \quad (3.1)$$

Onde:

$CE_{cel}$  é a medida de *Complexidade Estrutural* da célula *cel*.

$M_A$  refere-se à área total da mancha que a célula *cel* intercepta [m<sup>2</sup>].

$T_P$  refere-se à presença de traçado na célula *cel*.

$M_P$  refere-se à presença de mancha na célula *cel*.

$C_Q$  refere-se à quantidade de conexões presentes na célula *cel*.

$F_Q$  refere-se à quantidade de formas presentes na célula *cel*.

Na equação (3.1), assume-se que o *traçado* é vinculado à *mancha* no primeiro termo do modelo, pois, entende-se que estes devem coexistir. O peso 4(quatro) foi atribuído levando-se em consideração a combinação desses dois elementos que, do ponto de vista de potencial estrutural (formas espaciais) para geração de funções urbanas mais variadas, representam maior importância nesse arranjo.

O resultado do cômputo do modelo da CE varia de 0 (ZERO) a 8 (OITO), sendo estabelecido um limiar máximo para o Gradiente, equivalente a 6 (SEIS). Desta forma, o valor SEIS corresponde às células de maior *complexidade estrutural*, enquanto que ZERO corresponde às células apenas com "*espaços sem formas espaciais detectadas - EsF*". Assim, a síntese dos arranjos, contemplada na equação (1), expressa a *complexidade estrutural* associada à composição de cada célula, ou seja, corresponde a um valor, estabelecido para cada célula quando medida pela síntese de complexidade dada pelo GCE. Portanto, é possível, utilizando este indicador-síntese, criar uma representação espacial apoiada na grade de células que apresenta a variação deste indicador ao longo das células que compõem o território estendido sendo estudado. Esta

representação, cuja legenda representa a variação entre [0,6] do grau de complexidade estrutural de uma célula é o que denominamos *GCE- Gradiente de Complexidade Estrutural (GCE)*. O GCE é a representação computacional da espacialidade urbana, simplificada, para territórios estendidos e compostos por diferentes *formas socioespaciais* além do núcleos de cidades e vilas estruturadas.

Contudo, foram verificadas inconsistências nas células que contêm *manchas* ou *traçados* isolados, associadas a: (i) identificação de áreas com *traçado*, que pode ser confundido com outros alvos, além de uma estrutura de circulação organizada (áreas de culturas, por exemplo); ou (ii) áreas de *mancha* que podem ser confundidas com sedes de grandes fazendas, por exemplo. Desta forma, foi necessário realizar uma análise de vizinhança com o objetivo de realçar ou suavizar o *gradiente*, e conseqüentemente a importância do potencial de uma dada célula. A rotina empregada nessa abordagem de contexto foi definida na forma de álgebra de mapas e implementada com a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) que é a linguagem de manipulação de mapas do SIG SPRING (CÂMARA et al., 1996). O código, aqui simplificado, para estas operações segue abaixo para duas das situações em que o ajuste foi empregado.

[1] para as células que contêm somente *Tipo traçado* foi verificada na vizinhança de uma célula (250m) a existência do *Tipo mancha* e simultaneamente, para a vizinhança de duas células (500m), a existência do *Tipo conexões*. Se atendida essa condição, aceita-se o valor do cômputo (CE) inicial. Neste caso, é reforçada a importância do lugar em relação à complexidade estrutural.

**Se não atendida a condição acima** rejeita-se o valor do cômputo (CE), igualando-o a ZERO. Neste caso, a célula passa a corresponder ao *Tipo Espaços sem formas espaciais detectadas - EsF*.

[2] para as células que contêm somente *Tipo mancha* foi verificada na vizinhança de uma célula (250m) a existência do *Tipo traçado* e simultaneamente, para a vizinhança de duas células (500m), a existência do *Tipo conexões*. Se atendida essa condição, aceita-se o valor do cômputo (CE) inicial. Neste caso, é reforçada a importância do lugar em relação à complexidade estrutural.

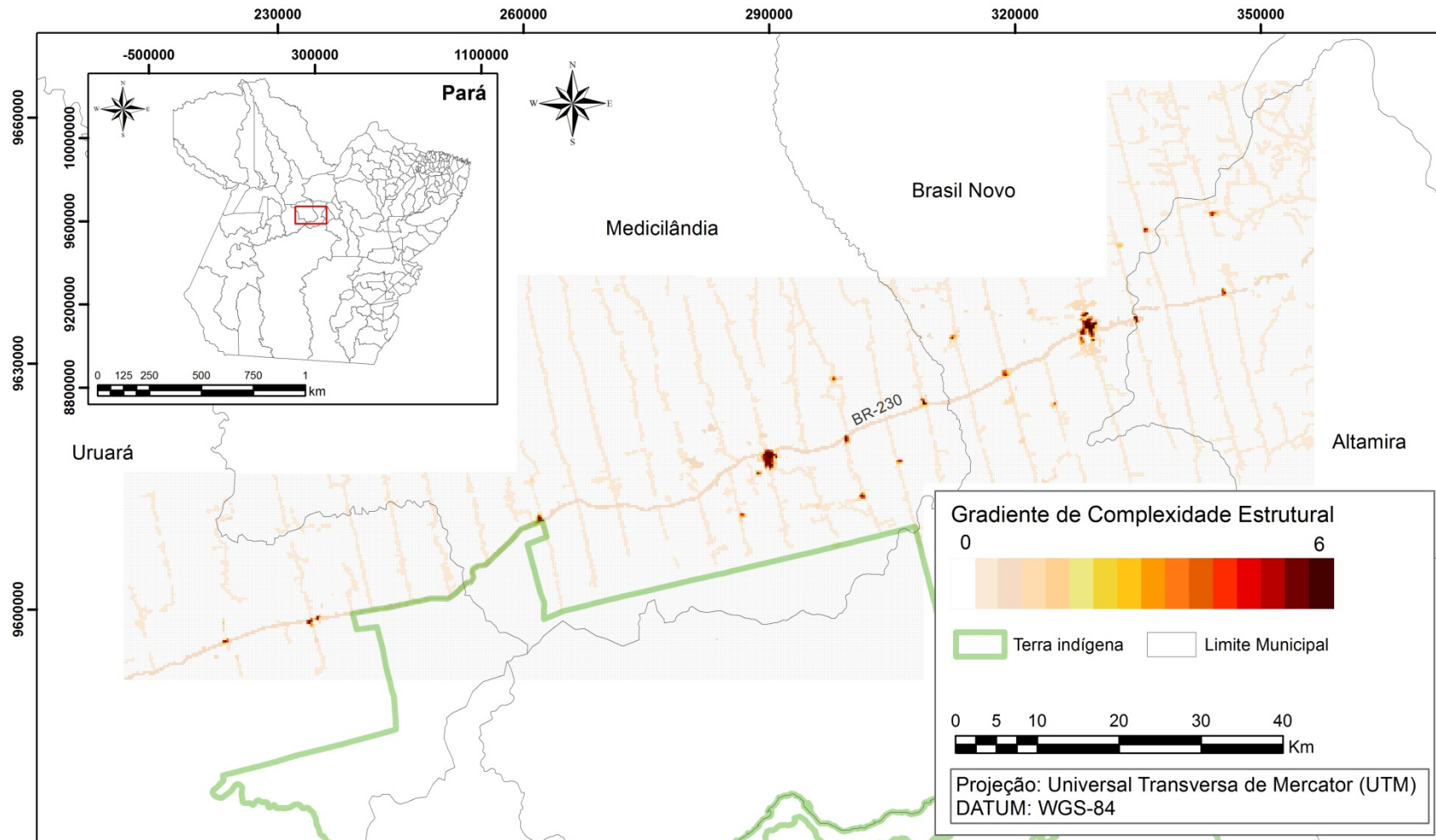
**Se não atendida a condição acima** rejeita-se o valor do cômputo (CE), igualando-o a ZERO. Neste caso, a célula passa a corresponder ao *Tipo Espaços sem formas espaciais detectadas - EsF*.

Ao executar a análise de contexto, os valores das células são atualizados e se pode produzir um novo mapa de *gradientes*, isto é, um novo *GCE-Gradiente de Complexidade Estrutural* ajustado pelo contexto.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O **GCE – Gradiente de Complexidade Estrutural** gerado (Figura 4.1) reflete a estrutura de *espinha de peixe* presente desde a implantação do projeto de colonização nos início dos anos 70 (1970-1976). As UOH, *formas socioespaciais*, estabelecidas no início do processo de ocupação deste território estendido foram desenhadas para ocupar a ampla extensão territorial, em sua dimensão espacial, como núcleos de aglomeração em escala e funções diferenciadas, porém conectados ao longo das vias principais e secundárias, como nós de uma trama espacial. Esta estrutura espacial imposta sobre o território, aproximadamente 42 anos depois (as imagens utilizadas neste trabalho são dos anos 2012-2013), teve e ainda tem influência sobre os novos nucleamentos e seus arranjos nesta *espacialidade urbana* particular. Pode-se perceber com o **GCE** uma *hierarquização* dos espaços, condicionados pelas células como unidades espaciais de referência. Partindo-se do eixo horizontal, que contém conjuntos de células que apresentam maior *complexidade estrutural*, medida pela métrica-síntese estabelecida na equação 1 ( $CE_{cel}$ ) (Capítulo 3) para as células que formam as ramificações e seus entornos, cuja medida da complexidade estrutural tem menor intensidade quando mapeada para o **GCE**, até chegarem aos espaços de arranjo compositivo ZERO, que expressam os lugares onde temos o *Tipo Básico Esp* (*Espaços sem formas espaciais detectadas*).

Figura 4.1 - Gradiente de Complexidade Estrutural para a área de estudo.

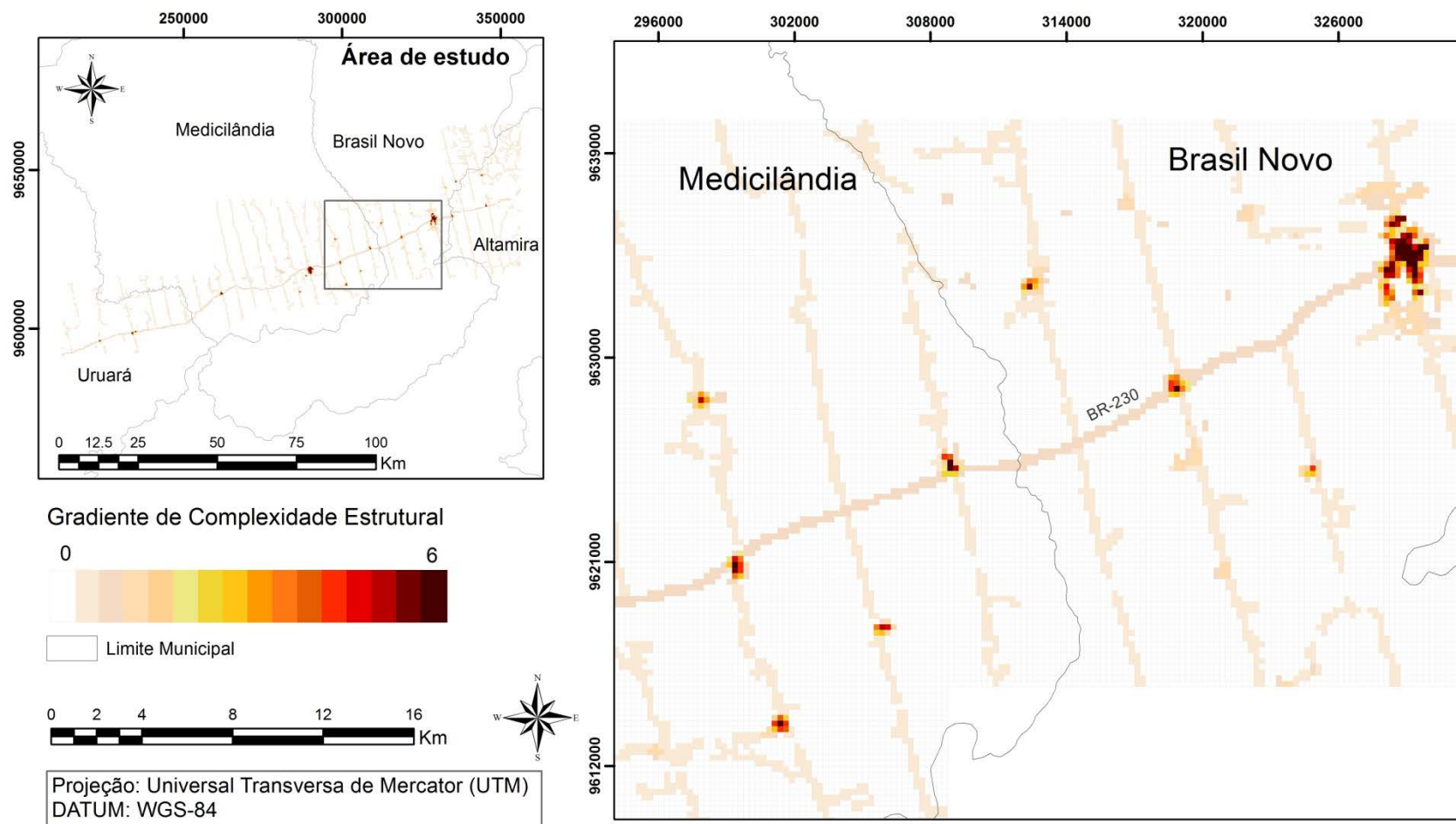


Fonte: Produção da autora (2016).

A leitura que o *GCE* enseja, uma vez que sua matriz conceitual é uma adaptação da análise morfológica no contexto da Morfologia Urbana, para uma leitura da *espacialidade urbana* em **territórios estendidos**, é uma percepção deste recorte do espaço regional como um território marcado estruturalmente pelas conexões, que neste caso em particular organizam os fluxos (invisíveis ao **GCE** explicitamente) e que expressa a estrutura de tráfego radicular, responsável pela manutenção, mas organizam no espaço os acessos às diversas *complexidades estruturais* estabelecidas para cada célula que compõe a grade de células representativa da *espacialidade urbana*. No **GCE**, excluindo as células com CE (complexidade Estrutural) ZERO que são nosso *Tipo Básico Esf*, o valor do gradiente crescente nas células, representa uma porção do território que possui um arranjo compositivo dos *4 Tipos Básicos (manchas, traçado, conexões e formas construídas)* de maior complexidade. Podemos associar a esta maior complexidade de presença e arranjo destas *formas urbanas visíveis* dentro de uma unidade de área a uma ideia de recorte territorial que tem maior *potencial* para assumir um número maior de funções urbanas entre as diversas funções possíveis. É bom realçar que estamos falando de *potencial* e não de efetiva realização, uma vez que estamos capturando apenas a dimensão visível, espacial, do que compõe a *espacialidade urbana* e os processos de urbanização neste território estendido.

Na Figura 4.2 podemos observar que núcleos urbanos com o arranjo compositivo mais complexo prevalecem no eixo central horizontal da área, que corresponde à rodovia Transamazônica. Esses são núcleos de complexidade intermediária – com valores inferiores às células que correspondem às cidades sede municipais, todavia superiores aos valores daquelas áreas mais distantes do eixo horizontal - revelam o papel dos lugares de passagem presentes na região, que se consolidam e se expandem em razão da circulação constante facilitada pelo acesso direto que a estrada principal confere a estes espaços.

Figura 4.2 – Nucleos Urbanos no eixo central horizontal (Transamazônica) do Continuum.



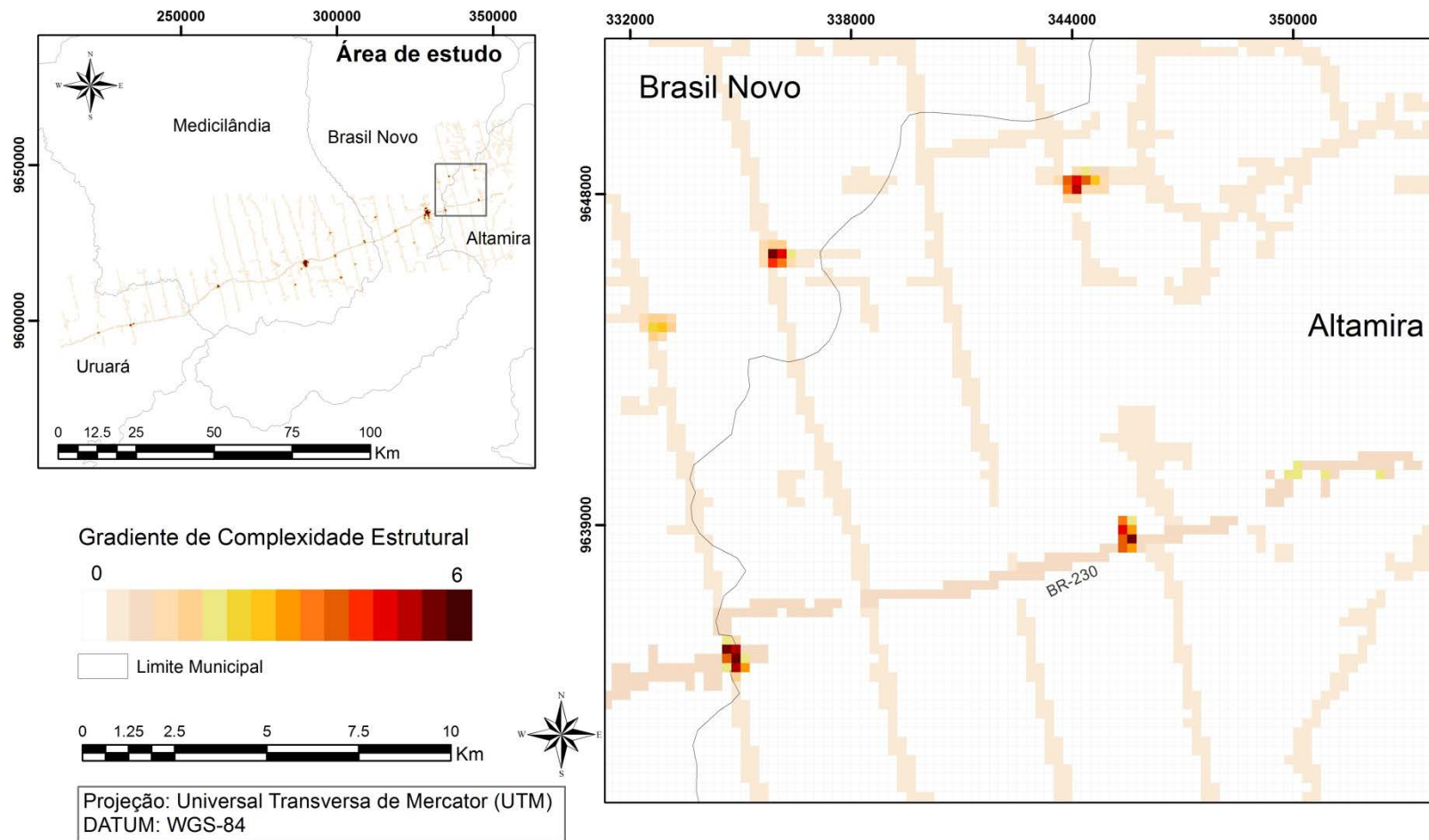
Fonte: Produção da autora (2016) .



Fica claro, portanto, que o *Tipo Básico conexão* influencia sobremaneira o potencial associado à estruturação deste particular território ao fornecer acesso a células com arranjo compositivo que tem sua medida de complexidade estrutural mais alta e, por consequência, com capacidade potencial de oferecer suporte territorial para o exercício de funções urbanas em maior quantidade e maior diversidade.

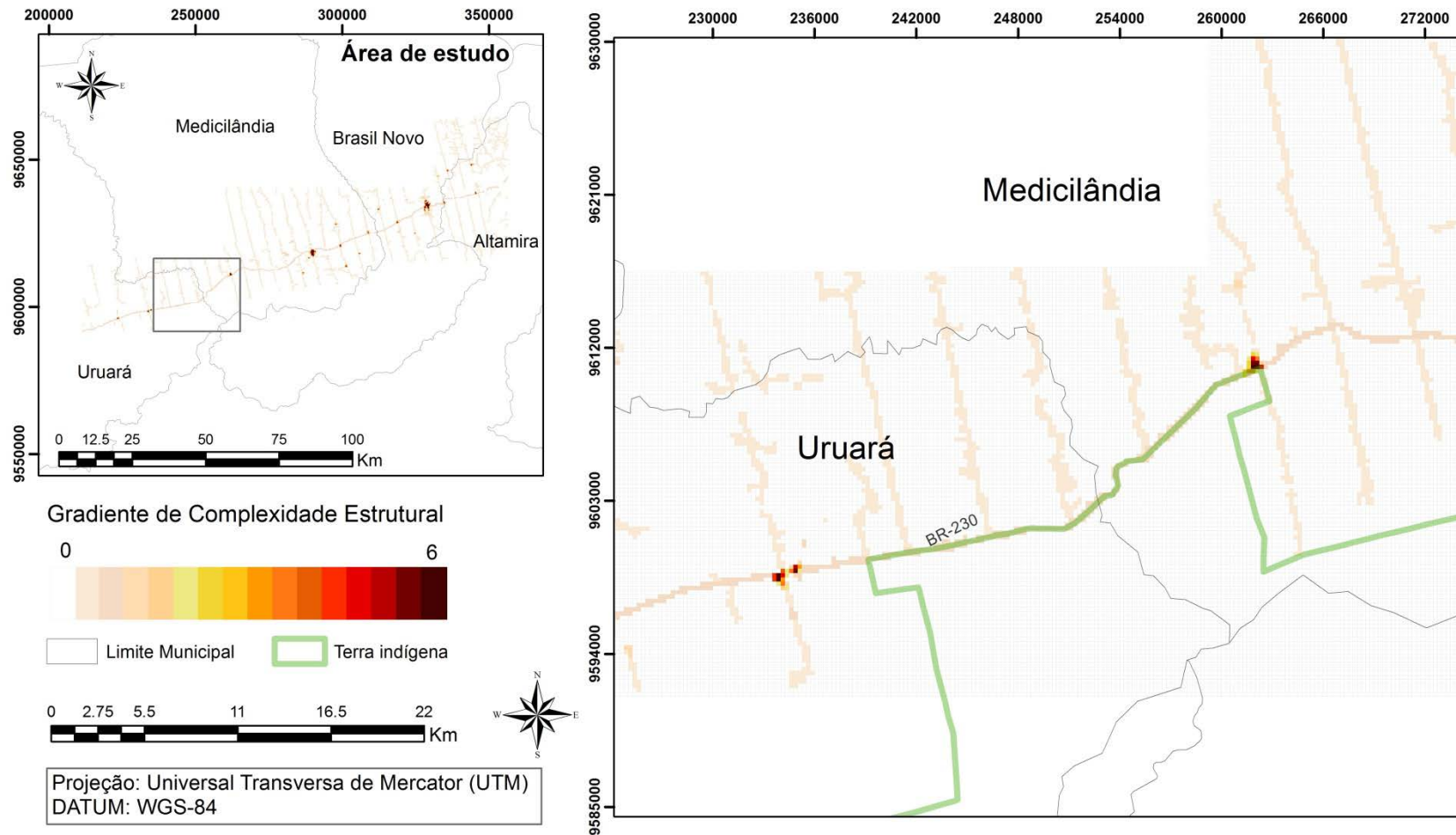
Na Figura 4.3 é importante notar o fato de que os aglomerados celulares presentes nos eixos das vicinais, estradas secundárias e ramais, revelam os núcleos remanescentes das agrovilas projetadas no início da ocupação. Embora possuam valores de *complexidade estrutural* inferiores às células na rodovia principal, se aninham com um entorno possuindo conjuntos de células do *Tipo EsF*, ou seja, aqueles cujo valor do *gradiente é ZERO* – representados na Figura 4.4. Essa configuração merece especial atenção. Elas permitem pensar no *potencial* que este *território estendido* ainda possui para se trabalhar uma reorientação do modelo de desenvolvimento urbano, em que haja espaço para a construção de uma *espacialidade urbana ampliada*, responsabilmente adequada ao bioma e socialmente justa. Porque são essas células *EsF* que podem promover uma nova reestruturação do espaço urbano regional, cujo desenho vai depender destes espaços para constituição dos novos nós da trama urbana no *território estendido* e os seus respectivos papéis. Isto porque as células *EsF* representam espaços mistos, público e privado, apenas nesta escala de observação, sem a detecção de *formas espaciais visíveis* dada a Tipologia escolhida, mas são células essenciais para criar lógicas de conexão territorial que contemplem melhor as regiões de fronteira, buscando acomodar outros elementos como áreas de interesse ambiental restrito, áreas de interesse social e áreas de interesse econômico orientadas para o desenvolvimento de economias de base local inseridas em mercados regionais e/ou nacionais ou globais.

Figura 4.3 – Conglomerados afastados do eixo central horizontal (Transamazônica) do Continuum.



Fonte: Produção da autora (2016).

Figura 4.4 – Espaços do tipo sem Formas (EsF)



Fonte: Produção da autora (2016).

É importante considerar também que o fato de serem *potencialmente* capazes de oferecer suporte para diferentes funções urbanas não significa que a célula de fato represente uma unidade espacial que seja provedora dessas funções. É preciso desvincular o *potencial* representado pelo *gradiente de complexidade estrutural* da existência efetiva das funções urbanas nos espaços analisados, porque existem outras dimensões importantes no estabelecimento do *urbano* que este trabalho não contempla. Isto pode ser demonstrado ao avaliar o histórico de ocupação, cujo formato de implantação, planejado e dirigido, não foi capaz de determinar efetivamente a apropriação dos espaços na lógica do seu projeto de implantação e não foi também capaz de promover o esperado desenvolvimento urbano da região. O desenho e o estabelecimento de formas, ou seja, o cuidado somente com a dimensão espacial da construção da *espacialidade urbana* não garante a evolução destas formas espaciais em suporte a *formas socioespaciais* que operem as transformações nas direções planejadas. É necessário olhar o planejamento como processo em vez de produto e, enquanto processo, tem sua dinâmica que deve ser observada no tempo. Esta é uma das possibilidades da metodologia aqui desenvolvida e a proposta do **GCE** como um instrumento de leitura continuada da evolução das *formas espaciais visíveis* em um *território estendido*. Neste sentido, o **GCE** é instrumental para a análise territorial como um dos instrumentos para o planejamento territorial e não o planejamento de cidades.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi essencialmente de cunho metodológico. A preocupação principal foi explorar possibilidades para a constituição de uma matriz instrumental de apoio técnico a leituras de territórios que se estendem além dos núcleos urbanos associados às cidades e que, em particular, apresentam grande extensão espacial, cortam unidades político-administrativas diferentes (municípios), acomodam diferentes formas socioespaciais como suporte de núcleos populacionais e estão inseridas em áreas ambientalmente sensíveis.

Este quadro, descrito assim, pode ser visto em recortes da Amazônia brasileira, mas também pode ser encontrado na África subsaariana, na Pan-Amazônia, e em outros biomas brasileiros. Embora haja dificuldade em compreender estes territórios estendidos a partir da leitura de sua constituição enquanto *espacialidade urbana* integral, é necessário abandonar as dicotomias, os polos opostos, quando se pensa em objetos urbanos e rurais.

Desta forma, se equacionam as novas preocupações e orientações para um planejamento territorial, de fato, negando o território. Ou pelo menos, na sua dimensão mais simples, aquela que se apresenta através de suas *formas urbanas visíveis*, negando os elementos de forma associados a formas socioespaciais que não sejam cidades. E, assim, a matriz instrumental do planejamento territorial relativo à construção de representações da *espacialidade urbana*, necessária ao processo de planejamento, continua com sua base nos elementos de representação das cidades e não na representação dos elementos constitutivos destes territórios estendidos.

Neste sentido, esta dissertação se constituiu em um exercício de construção metodológica para demonstrar a viabilidade de uma representação simplificada da *espacialidade urbana* em contextos como aqueles encontrados na Amazônia brasileira. Para isso, foi preciso buscar como apoio uma *matriz conceitual e metodológica* no campo disciplinar da Morfologia Urbana. Embora pareça paradoxal buscar elementos em uma disciplina cujo objeto central é a

cidade para tratar a *não-cidade*, ou seja, o território estendido (que contém múltiplas formas socioespaciais em coexistência), a racionalidade consiste no *método tipológico* e na *análise morfológica*. Esses são as bases da Morfologia Urbana, quando tratam das *formas urbanas visíveis* no contexto do projeto, desenho, planejamento de cidades e nos emprestam um arcabouço que pode ser adaptado para pensar em instrumentos de representação da complexidade das *formas urbanas visíveis* e seus arranjos em territórios que vão muito além das cidades. Isto nos permite experimentar a produção de novas representações, simplificadas a partir da dimensão espacial das *formas visíveis*, de *cartografias desta espacialidade urbana*.

Este estudo construiu adaptações conceituais para um contexto específico, um trecho da rodovia Transamazônica no Pará, perpassando os municípios de Medicilândia, Uruará, Brasil Novo e Altamira. Um *território urbano estendido* por 4 (quatro) municipalidades. A associação entre a definição de uma Tipologia de *Tipos Básicos* para este *território estendido* e uma *Análise Morfológica*, orientada a partir desta Tipologia, permitiu demonstrar: (1) como com o uso de imagens de SR de média resolução, técnicas de segmentação de imagens, procedimentos de classificação de *Tipos Básicos* (formas) - com uso de técnicas de classificação estatística baseada em métodos de árvore de decisão, que trabalha sobre atributos radiométricos, de formas e de contexto extraídos para *Tipos* exemplos guiados pelo especialista (tem por base a *Tipologia* que é a representação formalizada do saber do analista) - e, (2) como o uso de técnicas e operações espaciais sobre estes *Tipos*, em ambiente integrado por um SIG, para desagrega-los em uma grade de células, que por sua vez passa a representar o *território estendido*, passa a compreender uma unidade espacial, onde os elementos constitutivos não são mais os *Tipos Básicos*, mas suas propriedades transferidas para as células da grade. Além disso, pode ser uma representação auxiliar para o estudo da situação e da evolução - do ponto de vista da complexidade estrutural - destas formas visíveis, ou seja, da *espacialidade urbana* em um contexto específico.

Esta dissertação apresentou, portanto, os desenvolvimentos e gerou uma representação, aqui denominada **GCE - Gradiente de Complexidade Estrutural**, para um território específico na Amazônia brasileira. Uma análise qualitativa foi conduzida e procurou avaliar se esta representação proposta pôde, de fato, quando associada a informações sobre os processos histórico-geográficos de constituição daquele particular *território estendido*, ser auxiliar para estabelecer uma *expressão espacial do urbano*. A conclusão desta análise foi que o **GCE** se mostrou adequado como instrumento de leitura sobre os processos de estabelecimento daquela *espacialidade urbana* no presente e seus potenciais de evolução, observadas as formas visíveis e seus arranjos. Embora apenas um caso tenha sido analisado, a metodologia proposta e desenvolvida operacionalmente no contexto desta dissertação demonstra grande potencial para ser um instrumento utilizado como cartografia auxiliar nos debates sobre modelos de urbanização, em particular, em regiões inseridas em áreas ambientalmente sensíveis e de grande desigualdade social.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, S. **Geoinformação para estudos demográficos**: representação espacial de dados de população na Amazônia brasileira. 2004. 183 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica - USP, São Paulo, 2003.

AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Dados de videografia aérea e imagens CCD/CBERS2 para a identificação de assentamentos humanos em uma região de fronteira na Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6585-6592.

AMARAL, S.; DAL'ASTA, A. P.; BRIGATTI, N. PINHO, C. M. D.; MEDEIROS, L. C. C.; ANDRADE, P. R.; PINHEIRO, T. F.; ALVES, P. A.; ESCADA, M. I. S.; Monteiro, A. M. V. Comunidades ribeirinhas como forma socioespacial de expressão urbana na Amazônia : uma tipologia para a região do Baixo Tapajós (Pará-Brasil). **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.30, n.2, p. 367–399, 2013.

BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: STROBL, J.; BLASCHKE, T.; GRIESEBNER, G. (Eds.). **Angewandte Geographische Informations - Verarbeitung XII**, Wichmann Verlag, Karlsruhe p. 12–23, 2000.

BANON, G. J. F.; BARRERA, J. **Bases da morfologia matemática para a análise de imagens binárias**. 2. ed. Sao Jose dos Campos, SP: Depositado na URLib/Web, repositório = , 1998. 242p.

BANON, G. J. F. **Formal introduction to digital image processing**. 2. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000. 180p.

BECKER, B. K. A Amazônia na estrutura espacial do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, p. 3-33, 1974.

BECKER, B. K. Uma hipótese sobre a origem do fenômeno urbano numa fronteira de recursos no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 1, p. 160-184, 1978.

BECKER, B. K. Undoing Myths: The Amazon - an urbanized forest. In: CLÜSENER - GODT, M.; SACHS, I. (orgs). **Brazilian Perspectives on sustainable development of the Amazon region**. . Paris: Unesco e Parthenon Publish Group Limited. 1995. p. 53-89.

BECKER, B. K. **A Urbe Amazônica**: a floresta e a cidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

- BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, n. 65, p. 2-16, 2010.
- CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARDOSO, A. C. D.; MELO, A. C. ; GOMES, T. V. O urbano contemporâneo na fronteira de expansão do capital: padrões de transformações espaciais em seis cidades do Pará, Brasil. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 4, p. 5-28, 2016.
- CARDOSO, A. C. D. O Problema das Escalas e o Desafio do Urbano na Amazônia Oriental. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO. 2010. **Anais...** Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.anparq.org.br/dvd-enparq/simposios/18/18-200-1-SP.pdf>> Acesso em 2 Fev 2015
- CARDOSO, A. C. D. How cities are born, and how they evolve in Easter Amazon. In: International Seminar on Urban Form, 2007, Ouro Preto. **XIV International Seminar on Urban Form**. Ouro Preto: Escola de Arquitetura UFMG/ UFOP, 2007. p. 1-20.
- CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. DE. Tipologias e padrões de ocupação urbana na Amazônia Oriental: para que e para quem? In: CARDOSO, A. C. D. (Ed.). **O rural e o urbano na Amazônia: diferentes olhares em perspectivas**. Belém: EDUFPA, 2006. p. 215.
- COSTA, F. A. Lugar e significado da gestão pombalina na economia colonial do Grão-Pará. **Nova Economia**, Belo Horizonte v.20, n.1, 2010. P.167-206
- DAL'ASTA, A. P. **Representações do fenômeno urbano na Amazônia contemporânea: observações no sudoeste paraense**. 2016. 207 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.23.18.20-TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - - São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MAQBF>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- DAL'ASTA, A. P.; AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V. Sensoriamento remoto para a caracterização intraurbana de cidades Amazônicas: uma abordagem classificatória híbrida para o caso da cidade de Santarém. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015, p.2661-2668. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4A96>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

DAL'ASTA, A. P.; ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V. Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013a, p.7040-7047, 2013. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7GD97>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

DAL'ASTA, A. P.; BRIGATTI, N.; AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Identifying spatial units of human occupation in the Brazilian Amazon using Landsat and CBERS multi-resolution imagery. **Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p.68-87, 2012.

ESCADA, M. I. S. et al. **Caracterização das comunidades entre Uruará e Anapu, na área de influência da Transamazônica (BR-230): relatório da expedição de campo 2014**. INPE. São José dos Campos. 2017(submetido)

FAURE, J. F.; TRAN, A.; GARDEL, A.; POLIDORI, L. Sensoriamento remoto das formas de urbanização em aglomerações do litoral Amazônico: elaboração de um índice de densidade populacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003, p.1771-1779. Disponível em:<[http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.22.16.05/doc/14\\_441.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.22.16.05/doc/14_441.pdf)>.

**GeoDMA**. São José dos Campos, SP: Brazil's National Institute for Space Research (INPE), 2011. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geodma>>. Acessado em 10/12/2016.

HIRYE, M. C. M.; ALVES, D. S.; KUX, H. J. H. Mapeamento da cobertura da terra na cidade de Altamira (PA) em 2000 e 2010, com a utilização do modelo linear de mistura espectral de imagens do sensor TM. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 67, p. 157-168, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **REGIC** - regiões de influência das cidades. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_est/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/)>. Acesso em: 15 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. **Estudos e Pesquisas. Informação Demográfica e Socioeconômica**. número 34, ISSN 1516-3296, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE – **Séries históricas e estatísticas**. 2015. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=POP122&t=taxa-urbanizacao>>. Acesso em 15 de Fev de 2015

KORTING, T. S.; FONSECA, L.M.G.; CÂMARA, G. GeoDMA - Geographic data mining analyst. **Computers & Geosciences**, v. 57, p. 133-145, 2013.

KÖRTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; ESCADA, M. I. S.; SILVA, F. C.; SILVA, M. P. S. GeoDMA - a novel system for spatial data mining. Data Mining Workshops, 2008. ICDMW '08. **IEEE International Conference on**. Pisa, Italy, 2008

KRAFTA, R. **Notas de aula de morfologia urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2014.

KUCK, T. N.; ALVES, D. S. Análise da impermeabilização da área urbana de Manaus (1987-2006) com o uso do modelo de mistura espectral MESMA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p.0996-1003. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0449.pdf>>.

LIMA, J. J. F.; CARDOSO, A. C. D. Conflicts between national and local approaches to water usage, hydroelectricity generation and local communities living conditions in Tocantins River, Brazil. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON WATER POVERTY AND SOCIAL CRISIS, 2005, Agadir. **Proceedings...** 2005. v. II. p. 143-163.

LU, D.; HETRICK, S.; MORAN, E. Impervious surface mapping with Quickbird imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.32, n.9, p.2519–2533, 2011.

LYNCH, Kevin. **The image of the city**. Cambridge: The M.I.T. Press, 1960.

MENEZES, P. R.; ROSA, A. N. C. S. Filtragem. In: MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012. 276 p.

MONTEIRO, A. M. V.; CARDOSO, A. C. D. Project URBISAMAZÔNIA: What is the nature of the urban phenomenon in the contemporary Amazônia? Cities, places, and networks in the multi-scale configuration of the urban setting in contemporary Amazônia. **GLP News**, n. 8, 2012.

MONTE-MÓR, R. L. de M. Urbanização extensiva e novas lógicas de povoamento: um olhar ambiental. In: SANTOS, M.; SOUZA, M.A.; SILVEIRA, M.L. (Ed.). **Território: globalização e fragmentação**. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1994, p.169-181.

MONTE-MÓR, R. L. M. **A relação urbano-rural no Brasil contemporâneo**. Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional. Santa Cruz do Sul - RS: UNISC, 2004a

MONTE-MÓR, R. L. M. **Modernities in the Jungle**: extended urbanization in the Brazilian Amazônia. PhD Thesis, The University of California, LA. 2004b.

MONTE-MÓR, R. L. de M. O que é urbano no mundo contemporâneo. **Revista Paraense de Desenvolvimento**, n.111, p.20, 2006.

NASCIMENTO, T. T. **Trajetórias na Transamazônica**: estratégias de vida e trabalho em uma área rural amazônica. Campinas: UNICAMP, 2009

PAVANELLI, J. A. P.; NEVES, B. V.; CAMPHORA, V. P.; KORTING, T. S. Remote sensing image processing to identify spatial units of human occupation along Trans-Amazonian Highway (BR-230), Brazil. In: JOINT URBAN REMOTE SENSING EVENT, (JURSE), 2015, Lausanne. **Proceedings...** Lausanne, Switzerland: IEEE, 2015.

PINHO, C. M. D.; AMARAL, S.; DAL'ASTA, A. P.; ESCADA, M. I. S.; SOARES, F. da R.; FONSECA, L. M. G. A visibilidade das localidades no espaço urbano amazônico: Uma proposta metodológica para a inserção da microescala na rede urbana Amazônica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, ABEP, 14., 2014, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro-SP: ABEP, 2014. Disponível em: <[http://abep.info/files/trabalhos/trabalho\\_completo/TC-6-12-584-506.pdf](http://abep.info/files/trabalhos/trabalho_completo/TC-6-12-584-506.pdf)> . Acesso em: 17 jan. 2015.

PINHO, C. M. D. **Análise das redes de localidades ribeirinhas Amazônicas no tecido urbano estendido**: uma contribuição metodológica. 2012. 180 f. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/04.19.04.13-TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BNMFS8>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

PONTES, L. ; CARDOSO, A. C. D. Open spaces: windows for ecological urbanism in the Western Amazon. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, p. 96-112, 2016.

POWELL, R.L.; ROBERTS, D.A. Characterizing variability of the urban physical environment for a suite of cities in Rondônia, Brazil. **Earth Interactions**, v.12, p.1-32, 2008.

QUINLAN, J. R. **C4.5**: programs for machine learning. Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

QUINLAN, J. R. Induction of decision trees. **Machine Learning**, v. 1, p. 81-106, 1986. Kluwer Academic Publishers.

ROSA, P. B. Uruará: Uma epopéia amazônica. Uruará, 2013 [manuscrito].

SANTOS, M. **A natureza do Espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: HUCITEC, 1996.

SCHOR, T.; OLIVEIRA, J. A. Reflexões metodológicas sobre o estudo da rede urbana no Amazonas e perspectivas para a análise das cidades na Amazônia brasileira. **Acta Geográfica**, Número Especial, p. 15-30, 2011.

SOUZA, A. R. **Economia e natureza**: padrões de uso e cobertura da terra associados a atividades agropecuárias e extrativistas de comunidades do sudoeste do Pará. 2016. 224 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.11.22.22-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3M8SD78>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

SILVA, M. I. C. **Mulheres migrantes na Transamazônica**: construção da ocupação e do fazer política. Belém: UFPA, 2008.

SPOSITO, M. E. B. Espacialidade, cotidiano e poder. **GEOSUL**, n.9 14 - Ano VII - 29 semestre de 1992.

TRINDADE JR., S-C. C. Das "cidades na floresta" às "cidades da floresta": espaço, ambiente e urbanodiversidade na Amazônia brasileira. **Papers do NAEA** (UFPA), v. 321, p. 1-22, 2013.

TRINDADE JR., S-C. C.. Pensando a modernização do território e a urbanização difusa na Amazônia. **Mercator** (Fortaleza. Online), v. 14, p. 93-106, 2015.

UN-WUP. **World urbanization prospects: the 2014 revision**. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SER.A/352), 2014. ISBN 978-92-1-151517-6.

UN-WCR 2016 - **Urbanization and development: emerging futures - world cities report 2016**. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2016. ISBN Number (Series): 978-92-1-133395-4. ISBN Number (Volume): 978-92-1-132708-3

UN-HABITAT. **Diretrizes internacionais para planejamento urbano e territorial**. International Guidelines on Urban and Territorial Planning. Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, ONU-Habitat, Nairóbi, 2015.

UN-WPP – **World population prospects: the 2015 revision - key findings and advance tables.** United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Working Paper No. ESA/P/WP.241, 2015

VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; CÂMARA, G.; AMARAL, S.; MAURANO, L. E.; RENNÓ, C. D.; ALMEIDA, C.; MONTEIRO, A. M. V. Dimensões do desmatamento na Amazônia brasileira. In. MARTINE, G. (Ed.). **População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira.** Belo Horizonte: ABEP, 2012. p. 223-238.





## APÊNDICE A - Métricas do GeoDMA utilizadas para classificação dos tipos básicos

| <b>Atributos espaciais</b>    |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Nome</b>                   | <b>Descrição</b>   |
| <i>p_angle</i>                | Representa o ângulo principal de um objeto. Obtém-se calculando a elipse mínima circunscrita e o ângulo do maior raio da elipse se adapta ao ângulo do objeto.   |
| <i>p_area</i>                 | Retorna a área do objeto.  |
| <i>p_box_area</i>             | Retorna a área da caixa delimitadora de um objeto, medida em pixels.   |
| <i>p_circle</i>               | Relaciona as áreas do objeto e o menor círculo circunscrito ao redor do objeto.  |
| <i>p_elliptic_fit</i>         | Localiza a elipse de circunscrição mínima no objeto e retorna a proporção entre a área do objeto e a área de elipse.   |
| <i>p_fractal_dimension</i>    | Retorna a dimensão fractal de um objeto.   |
| <i>p_gyration_radius</i>      | Esta característica é igual à distância média entre cada posição de pixel em um objeto e o centróide do objeto. Quanto mais semelhante a um círculo for o objeto, mais provável o centróide estará dentro dele e, portanto, esse recurso estará mais próximo de 0. |
| <i>p_length</i>               | É a altura da caixa delimitadora do objeto.  |
| <i>p_perimeter</i>            | É a quantidade de pixels na borda do objeto.   |
| <i>p_perimeter_area_ratio</i> | Calcula a relação entre o perímetro ea área de um objeto.  |
| <i>p_rectangular_fit</i>      | Esse recurso ajusta um retângulo mínimo fora do objeto e calcula a relação entre sua área ea área desse retângulo.   |
| <i>p_width</i>                | É a largura da caixa delimitadora do objeto.   |

| <b>Atributos espectrais</b> |  |
|-----------------------------|--|
| <i>rX_amplitude_B</i>       | Define a amplitude dos pixels dentro do objeto. A amplitude significa o valor máximo do pixel menos o valor mínimo do pixel                        |
| <i>rX_dissimilarity_B</i>   | Mede o quão diferentes os elementos do GLCM são uns dos outros e é alta quando a região local tem um alto contraste.                               |
| <i>rX_entropy_B</i>         | Mede o grau de desordem em uma imagem. Quando a imagem não é uniforme, muitos elementos GLCM têm valores pequenos, resultando em entropia grande.. |
| <i>rX_homogeneity_B</i>     | Assume valores mais elevados para as diferenças menores no GLCM  |
| <i>rX_mean_B</i>            | Retorna o valor médio para todos os N pixels dentro do objeto  |
| <i>rX_mode_B</i>            | Retorna o valor mais ocorrido (moda) para todos os N pixels dentro do  |

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | objeto. Quando o objeto é multimodal, o primeiro valor é assumido.    |
| <i>rX_std_B</i> | Retorna o desvio padrão de todos os N pixels ( $\mu$ é o valor médio) |

## APÊNDICE B - Exemplos de Árvores de Decisão para Classificação dos Tipos Básicos da Cena 403

