



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO E**  
**DESIGN**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN**

**DAVI RAMALHO RODRIGUES DE ANDRADE**

**REPRESENTAÇÃO SOCIOESPACIAL DE ASSENTAMENTOS POPULARES**  
**URBANOS: CONTRIBUIÇÕES DO CIM NO BAIRRO PRESIDENTE VARGAS EM**  
**FORTALEZA**

**FORTALEZA**

**2019**

DAVI RAMALHO RODRIGUES DE ANDRADE

REPRESENTAÇÃO SOCIOESPACIAL DE ASSENTAMENTOS POPULARES URBANOS:  
CONTRIBUIÇÕES DO CIM NO BAIRRO PRESIDENTE VARGAS EM FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Arquitetura e Urbanismo e Design do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo e Design. Área de Concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico

Orientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso

Coorientadora: Prof. Dra. Clarissa Figueiredo Sampaio Freitas

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A566r Andrade, Davi Ramalho Rodrigues de.  
Representação Socioespacial de Assentamentos Populares Urbanos: : Contribuições do CIM no bairro Presidente Vargas em Fortaleza / Davi Ramalho Rodrigues de Andrade. – 2019.  
97 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.  
Coorientação: Profa. Dra. Clarissa Figueiredo Sampaio Freitas.

1. Espaço Intra-urbano. 2. Assentamentos Populares Urbanos. 3. Modelagem da Informação da Cidade (CIM). 4. Sistemas Complexos. I. Título.

DAVI RAMALHO RODRIGUES DE ANDRADE

REPRESENTAÇÃO SOCIOESPACIAL DE ASSENTAMENTOS POPULARES URBANOS:  
CONTRIBUIÇÕES DO CIM NO BAIRRO PRESIDENTE VARGAS EM FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Arquitetura e Urbanismo e Design do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo e Design. Área de Concentração: Produção do Espaço Urbano e Arquitetônico

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Clarissa Figueiredo Sampaio  
Freitas (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Jorge Alcobia Simões  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Mauro Normando Macêdo Barros Filho  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Às minhas filhas, Elis e Cecília, para que nunca desistam de perseguir seus sonhos. Como diz minha mãe: Naufragar é não partir.

Ao meu pai, que ao priorizar o trabalho e os filhos não pôde concluir sua dissertação. Fechamos aqui esse ciclo juntos.



## AGRADECIMENTOS

Não foi fácil tomar a decisão de retomar a vida acadêmica para fechar um ciclo iniciado a dez anos atrás, no Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (DEECC/UFC, turma de 2009). Naquela época a minha maturidade, assim como o lugar e as diferenças de visão de mundo demonstraram que não era o momento certo para eu investir em um mestrado.

Mas foi um período fundamental para minha formação, portanto deixo explícito aqui meu profundo agradecimento aos professores daquela casa que sem dúvida foram determinantes para minha descoberta desse universo, particularmente nos nomes da professora Thaís Costa e dos professores Eduardo Cabral, Barros Neto e Evandro Parente. Não seria justo fechar aqui esse ciclo sem reconhecer também suas contribuições.

Aquele foi também o momento que conheci o professor Daniel Cardoso que desde então se tornou um farol em termos de entusiasmo, dedicação e coerência. Escrevi o projeto de pesquisa que resultou nessa dissertação apontando para o Daniel como norte. Foi através dele que recebi, além da vasta bibliografia de referências, sólidas reflexões para a vida. Obrigado Daniel por me ensinar que mais importante que almejar o destino do rio é viver com intensidade seu percurso.

Enquanto viajar na tecnologia era a grande motivação, ter a professora Clarissa Freitas como guia me permitiu lembrar de meu papel, como pesquisador, arquiteto e urbanista, por um solo urbano justo e democrático. Obrigado Clarissa, por me ajudar a navegar entre os dois mundos.

Agradeço aos meus pais e minha irmã por servirem de porto nessa fase do meu percurso de vida. Sem seu suporte essa vitória não teria sido possível.

Aos amigos Alexandre Araripe, Mara Ramalho, Larissa Cunha e Narcélio Grud pela sensibilidade em perceber o sufoco e oferecer as mãos e o coração em momentos cruciais.

Às mulheres da minha vida, Cindy, Elis e Cecília, não existem palavras suficientes para explicitar a enchente de força e esperança com as quais me supriram nesse período. Cindy, com tua serenidade e plenitude tu és maré, âncora e vela. Aprendemos juntos a apontar pra fé e remar, independente de qualquer turbulência. O mundo é nosso. Elis e Cecília, vocês são nossas estrelas nesse velejar. Vocês são sonho e sonhar. Contem conosco sempre, nesse barco juntos ou quando forem zarpar.

À toda a tripulação do LED/UFC e do PET/Modelagem, particularmente nos nomes

da Ana Roldan, Bruno Bessa, Vinícius Muniz, Sarah Farias e Isadora Nobre, pelo impulso de entusiasmo, trabalho e esperança. Nossos momentos de troca foram fundamentais no amadurecimento deste trabalho.

Aos companheiros, conselheiros e cartógrafos dessa jornada, que dividiram comigo sua sabedoria e experiência, permitindo a expansão da minha própria visão sobre esta pesquisa, particularmente nos nomes de Eugênio Moreira, João Lucas Vieira, Nággila Frota, Cláudia Alcântara e Aderson Passos.

Aos guias nesse trajeto que no mundo do conhecimento percorreu entre Brasil e Portugal, professores Nuno Beirão, Paulo Alcobia e Mauro Barros Filho, muito obrigado por todas as suas considerações.



## RESUMO

O presente estudo busca lidar com a representação socioespacial de Assentamentos Populares Urbanos para inferir de modo mais apropriado sobre os problemas de infraestrutura urbana, suas condições físicas e da existência de padrões espaciais desses aglomerados urbanos. Procura-se entender o papel da Modelagem da Informação da Cidade (CIM) na formulação e avaliação de problemas com foco específico no espaço intra-urbano de assentamentos populares. Diante da desinformação acerca desses territórios e das limitações na articulação das informações existentes, percebe-se uma dificuldade na elaboração de desenhos, projetos e no planejamento urbano nessas áreas. Toma-se como recorte espacial um assentamento popular urbano localizado na Região Metropolitana de Fortaleza, em zona de fronteira entre os municípios de Fortaleza e Maracanaú. O estudo propõe e instancia um Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade (SIMIC) que serve de suporte ao desenho e planejamento desses aglomerados. Para atingir esse objetivo será feita uma revisão sistemática da literatura sobre os principais pressupostos teóricos que buscam caracterizar a estrutura intra-urbana desses aglomerados, o papel da modelagem da informação da cidade na compreensão desses territórios e o papel do processamento digital de imagens adquiridas por sensoriamento remoto e da modelagem de dados enquanto ferramenta capaz de aprimorar a representação socioespacial para análise e descrição de seus indicadores urbanos. Procura-se incrementar a leitura dos dados existentes sobre o território em estudo de modo a favorecer a representação dos indicadores de qualidade física dos domicílios da área em estudo bem como seu acesso à infraestrutura urbana básica. Para isso a pesquisa desenvolve uma interface de projeto paramétrico conectada a uma base de dados geográfica e que possibilita a formulação e avaliação dos indicadores em estudo. Como resultado, a instanciação do SIMIC possibilitou demonstrar com mais clareza as transformações urbanas ocorridas na área estudada bem como sistematizou as informações que possibilitaram representar os indicadores urbanos relacionados a sua infraestrutura física, conectividade e consolidação através de uma interface de projeto que facilita a consulta e seleção dos indicadores pesquisados, fundamentados em uma base de dados consolidada e na representação gráfica de suas informações.

**Palavras-chave:** Espaço Intra-urbano. Assentamentos Populares Urbanos. Modelagem da Informação da Cidade (CIM). Sistemas Complexos.

## ABSTRACT

The study aims to deal with the socio-spatial representation of Popular Urban Settlements to infer properly about the problems of urban infrastructure, their physical conditions and the exhibitions of spatial patterns of these urban agglomerations. It investigates the role of City Information Modeling (CIM) in the assessment and evaluation of problems with a specific focus on the intra-urban space of popular settlements. The research dives into urban data of these territories and perceives the restrictions on the articulation of existing information. This aims to a difficulty in the elaboration of drawings, designs, and urban planning by the urban planners when dealing with these areas. It takes place in a popular settlement located in the Metropolitan Region of Fortaleza, in the border area between the municipalities of Fortaleza and Maracanaú. The study proposes and installs an Integrated City Information Modeling System (SIMIC) that serves as a support for the design and planning of these clusters. To achieve this objective, a systematic review of the literature were made, searching across the main theoretical assumptions that characterize the intra-urban structure of these clusters, the role of city information modeling in understanding these territories and the use of digital image processing acquired by remote sensing and data modeling as tools capable of improving socio-spatial representation for analysis and description of its urban indicators. The aim is to increase the reading of the existing data on the territory to favor the display of the physical quality indicators of the households in the area under study, as well as their access to basic urban infrastructure. For this, the research developed a parametric design interface connected to a geographic database in which is possible to formulate and evaluate the indicators under study. As a result, a SIMIC installation allows to demonstrate more clearly how urban transformations occurred in the studied area, as well as it systematized the information which makes it possible to display the urban indicators related to the physical infrastructure of the houses in the area, their connectivity and how to use a project interface that facilitates a consultation and selection of the surveyed indicators, based on a consolidated database and the graphic representation of their information.

**Keywords:** Intra-urban space. Popular Urban Settlements. City Information Modeling (CIM). Complex Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variáveis do PNAD e Censo 2010 - Universo e Amostra. . . . .	27
Figura 2 – Síntese dos dados do PNAD 2015 para o Ceará e Região Metropolitana de Fortaleza . . . . .	42
Figura 3 – Morfologia Urbana do Bairro Presidente Vargas conforme base de dados disponibilizada pela prefeitura. . . . .	44
Figura 4 – Estrutura de formulação, validação e aplicação do modelo sugerido por LEE (1973). . . . .	46
Figura 5 – Estrutura do CIM adotada pela pesquisa. . . . .	53
Figura 6 – Fluxo de formulação e avaliação dos indicadores de precariedade urbana. . .	59
Figura 7 – Melhoria incremental do sistema com base na DSR e nos métodos ágeis. . .	62
Figura 8 – Melhoria contínua do sistema nos métodos ágeis. . . . .	68
Figura 9 – Composição das bandas espectrais de imagens em cor natural pelos sensores/satélites utilizados no estudo: (A.) TM/Landsat 5 registrado em 20 de julho de 1985; (B.) ETM+/Landsat 7 registrado em 28 de agosto de 2002; (C.) OLI/Landsat 8 registrado em 02 de agosto de 2013 e (D.) OLI/Landsat 8 registrado em 14 de setembro de 2017. . . . .	70
Figura 10 – Implementação do Processamento Digital de Imagens no Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade (SIMIC). . . . .	71
Figura 11 – Diagrama do fluxo operacional para o Processamento Digital de Imagens (PDI). . . . .	73
Figura 12 – Resultado da composição das bandas espectrais em Infravermelho (imagens à esquerda) e das classificações supervisionadas (imagens à direita) resultante das análises das séries históricas de 1985 e 2002. . . . .	80
Figura 13 – Resultado da composição das bandas espectrais em Infravermelho (imagens à esquerda) e das classificações supervisionadas (imagens à direita) resultante das análises das séries históricas de 2013 e 2017. . . . .	81
Figura 14 – Escala de agregação de dados da amostra do censo em relação aos bairros e setores. . . . .	83
Figura 15 – Pilhas implementadas no sistema para análise estatística dos indicadores de Materiais de Paredes Externas com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). . . . .	84

Figura 16 – Pilhas implementadas no sistema para análise estatística dos indicadores de Tipo de Esgotamento Sanitário com base nos dados do IBGE. . . . .	85
Figura 17 – Gráficos resultantes do processamento das variáveis pesquisadas com base nos dados do IBGE. . . . .	86
Figura 18 – Comparativo entre a mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro oficial de edificações disponibilizado pela prefeitura de Fortaleza. . . . .	87
Figura 19 – Sobreposição da mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro oficial de edificações disponibilizado pela prefeitura de Fortaleza. . . . .	88
Figura 20 – Sobreposição da mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro de Assentamentos Precários realizado pela prefeitura de Fortaleza. . . . .	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis que tratam da precariedade urbana segundo pesquisas do PNAD de 2015, Amostra e Universo do Censo de 2010 . . . . .	33
Tabela 2 – Resolução radiométrica, espectral e espacial dos sensores e satélites utilizados na pesquisa. . . . .	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APU	Assentamentos Populares Urbanos
BD	Banco de Dados
CIM	Modelagem da Informação da Cidade
DSR	Design Science Research
FJP	Fundação João Pinheiro
GIS	Sistemas de Informação Geográfica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPLANFOR	Instituto de Planejamento de Fortaleza
LIT	Levantamento de Informações Territoriais
PDI	Processamento Digital de Imagens
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNH	Política Nacional de Habitação
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SIMIC	Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade
SQL	Structured Query Language
TGS	Teoria Geral dos Sistemas

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
2	<b>REPRESENTAÇÃO DE ASSENTAMENTOS POPULARES URBANOS</b>	20
2.1	<b>Âmbito socioespacial, regional e metropolitano</b>	23
2.2	<b>Âmbito da regulação e informalidade urbana</b>	28
2.3	<b>Âmbito estrutural da Precariedade urbana</b>	30
2.4	<b>Uma questão de escala</b>	34
3	<b>COMPLEXIDADE E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DE APU</b>	43
3.1	<b>Complexidade de APU</b>	43
3.2	<b>TIC – DSR, CIM e Ciência de Dados– para APU</b>	52
3.3	<b>Métodos Ágeis para o desenvolvimento de um SIMIC</b>	66
3.4	<b>Modelagem e Representação intraurbana de APU</b>	69
3.5	<b>Discussão</b>	73
4	<b>SIMIC PARA A REPRESENTAÇÃO DA COMPLEXIDADE DE APU</b>	77
4.1	<b>Etapas de desenvolvimento do SIMIC</b>	77
4.1.1	<i>Montagem do SIMIC</i>	78
4.1.2	<i>Classificação supervisionada de imagens de satélite</i>	78
4.1.3	<i>Sistematização dos indicadores levantados</i>	82
4.2	<b>Resultados</b>	84
5	<b>CONCLUSÕES</b>	90
	<b>REFERÊNCIAS</b>	92

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho lida com a Modelagem da Informação da Cidade (CIM) com foco específico no espaço intra-urbano de assentamentos populares. Para tanto, busca-se investigar de que modo a tecnologia da informação e da comunicação pode contribuir para a formulação e avaliação dos problemas apresentados nesses Aglomerados humanos. Busca-se aqui reconhecer esses aglomerados socioespaciais como sistemas complexos ao mesmo tempo que se procura perceber de que modo as ferramentas paramétricas podem tornar mais claros os problemas enfrentados nesses territórios.

A pesquisa insere-se como contribuição à representação socioespacial desses territórios através da instanciação de um sistema que sirva de suporte ao planejamento e ao desenho urbanos e que favoreçam a comunicação e a interação entre os diversos agentes ativos na dinâmica contínua desses núcleos.

Muitos questionamentos surgiram ao longo do desenvolvimento desse trabalho. Esses questionamentos se tornavam mais latentes à medida que se constatava a dificuldade em obter respostas nas bases de dados do IBGE e nos registros oficiais da prefeitura de Fortaleza disponibilizados pelo Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR). Aonde está a Precariedade Urbana? Como ela se apresenta? Como é possível perceber e representar esta realidade a partir dos dados existentes? Até que ponto esses dados permitem a representação da precariedade urbana de assentamentos populares? De que maneira o CIM pode contribuir na otimização da formulação dos problemas associados à precariedade urbana?

A bibliografia discutida nos próximos capítulos irá corroborar que de fato quando se trata de mergulhar nos dados acerca das precariedades urbanas, muitas variáveis podem e devem ser levantadas. Porém perceberemos também que nem sempre os dados disponíveis serão capazes de tornar claras todas as perguntas. Procurou-se então sintetizar a pergunta central da pesquisa sob o seguinte viés: Como representar adequadamente os problemas estruturais enfrentados nos assentamentos populares urbanos, particularmente no que se refere às condições físicas dos domicílios e seu acesso à infraestrutura urbana básica (água, saneamento e energia elétrica)?

Perceberemos no decorrer desse trabalho que as instituições governamentais e de pesquisa tem muita dificuldade em representar com clareza os problemas estruturais enfrentados em Assentamentos Populares Urbanos na escala do interior dos bairros metropolitanos, particularmente no que se refere às condições de estrutura física das moradias urbanas e seu acesso à



abastecimento de água, saneamento e acesso à energia elétrica. Para enfrentar isso identificou-se como necessário procurar métodos e ferramentas que favoreçam a representação mais clara daqueles problemas na escala intra-urbana dos territórios da cidade.

Para isso, toma-se como objeto de estudo um assentamento popular localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), o bairro Presidente Vargas, localizado no município de Fortaleza em fronteira com o município de Maracanaú. O trabalho busca investigar como as ferramentas de modelagem da informação da cidade podem contribuir para a representação socioespacial dos indicadores relacionados à estrutura física dos domicílios e seu acesso à infraestrutura básica, bem como possibilitar análises multidimensionais que favoreçam a avaliação e a geração de cenários de alternativas que orientem a discussão com os múltiplos intervenientes do processo de projeto e planejamento.

De maneira geral objetiva-se então instanciar um SIMIC que sirva de suporte à representação de assentamentos populares urbanos e permita a análise e descrição de indicadores acerca das condições físicas de seus domicílios e seu acesso à infraestrutura urbana básica.

De maneira secundária busca-se atender aos seguintes objetivos:

1. Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre os principais pressupostos teóricos acerca da Teoria da complexidade no âmbito da modelagem da informação da cidade, considerando ainda as especificidades da morfologia urbana de assentamentos populares urbanos;
2. Incrementar a leitura dos dados disponibilizados pela gestão pública através da formulação de uma ontologia adequada à representação de assentamentos populares urbanos, sob a ótica dos indicadores de precariedade dos domicílios e seus entornos, tendo como suporte dos constructos da morfologia urbana, e complementada pelo processamento digital de imagens matriciais;
3. Implementar uma interface de projeto paramétrico conectada a uma base de dados geográfica para favorecer a formulação e avaliação de indicadores urbanos do objeto de estudo;
4. Instanciar um sistema integrado que automatize a representação dos indicadores analisados no assentamento urbano em estudo.

Para avançar naqueles objetivos, os principais pressupostos teóricos a serem revistos procurarão explicar os conceitos de espaço intra-urbano, precariedade urbana, sistemas complexos e modelagem da informação da cidade. A investigação desses conceitos irá evidenciar

como a desinformação acerca dos assentamentos populares urbanos e a má articulação das informações existentes dificultam o desenho, o projeto e o planejamento urbano nestas áreas.

Conforme observam Batty *et al.* (1998), no passado os projetistas urbanos tinham que fazer uso de dados socioeconômicos agregados e suplementar essas informações com sua intuição local para refinar esses dados para escalas mais específicas. Hillier *et al.* (2000) percebem que, ainda que sejam frequentemente percebidos de maneira marginal, existe uma demanda latente para compreender por que alguns assentamentos informais apresentam condições “favelizadas” e precárias enquanto outros se tornam comunidades vibrantes, com fortes redes sociais e considerável nível de consolidação física e social.

Freitas *et al.* (2013) observam, com base ainda em Souza (2010), que a grande maioria das administrações municipais brasileiras trabalha com bases cartográficas desatualizadas e que não refletem a dinâmica da cidade real, “incluindo municípios de grande porte como Fortaleza” (FREITAS *et al.*, 2013). Segundo os autores o quadro de desinformação traz restrições para o planejamento e gestão do território urbano.

Os autores salientam que “a eficiência nas decisões de planejamento é função de uma base de informações que retrate com relativa precisão o ambiente construído” (FREITAS *et al.*, 2013) e o mapeamento dessas informações permite uma melhor cognição por partes dos agentes envolvidos nos processos de tomada de decisão.

Segundo Pereira e Silva (2001), ainda que a tecnologia da informação tenha importante contribuição para as atividades de gestão e planejamento urbanos, frequentemente o desenvolvimento tecnológico em termos de hardware e software avançam mais rápido do que os métodos e conceitos para lidar com a aplicação dessas tecnologias enquanto suporte ao planejamento e desenho urbano. Além disso, para eles, a própria implementação dos Sistemas de Informação Geográfica (GIS) deve ser precedida por um projeto de sistema que defina, a princípio, quais são seus objetivos, considerando ainda a integração de uma multiplicidade de bases de dados bem como o uso de outros níveis de informação, como aquelas oriundas de sensoriamento remoto.

Lopes *et al.* (2015) enfatizam que a combinação de múltiplas teorias e métodos de análise espacial com as possibilidades de mineração de dados permitem uma superação da habilidade humana em apreender as dimensões e correlações simultâneas de variáveis, permitindo a criação de conhecimento a partir do núcleo da própria base de dados, o que favorece a identificação de correlações e a definição de um conjunto mínimo de atributos capazes de

caracterizar os espaços. Porém observam sérias limitações no uso de ferramentas paramétricas de modelagem da informação devido às restrições encontradas nas bases de dados cartográficas e pela dificuldade em complementar as informações no caso de assentamentos mais remotos.

Nesse sentido, a presente pesquisa busca responder, enquanto considera a cidade como sistema complexo, de que modo a tecnologia da informação e da comunicação, por meio dos processos paramétricos de formulação e avaliação de problemas pode favorecer a representação de assentamentos populares urbanos sob a ótica da estrutura física de suas moradias e do acesso à infraestrutura urbana básica, contribuindo assim para o desenho e planejamento urbanos de assentamentos populares.

O método adotado pela pesquisa passa pela modelagem da informação da cidade para a formulação dos problemas estruturais de assentamentos populares urbanos. Nesse sentido discute-se como essa abordagem permite a representação socioespacial do território em estudo a partir da dinâmica de alimentação e leitura do banco de dados e do uso de uma interface visual de projeto para gerar informações a partir dos dados existentes.

De maneira complementar a pesquisa adota a classificação supervisionada de imagens de satélite, através do processamento digital de imagens, para perceber como as transformações urbanas ocorreram na área de estudo nos últimos anos. Por fim, ainda utilizando a interface visual possibilitada pelo SIMIC, faz-se uso dos recursos de estatística descritiva dos indicadores sistematizados pela pesquisa.

Por se tratar de uma pesquisa cujo objetivo se orienta à instanciação de um artefato, o próprio SIMIC, procura-se conceber uma maneira de construir tal sistema, procurando atuar para a melhoria do processo de formulação, geração e avaliação dos problemas observados em assentamentos populares urbanos. Nesse sentido a pesquisa se delinea a partir da ótica do Design Science Research (DSR) (DRESCH *et al.*, 2015) em que o desenvolvimento do conhecimento científico aceita as heurísticas de um conhecimento em construção. Nesse caso o conhecimento será construído a serviço da ação, que não busca uma solução ótima, mas uma solução satisfatória e, preferencialmente simples, segundo o método abduutivo.

Acredita-se que um SIMIC facilita o processo de representação dos problemas enfrentados em assentamentos populares urbanos, com ênfase na análise dos indicadores de precariedade das moradias e seu acesso à infraestrutura básica de abastecimento de água, saneamento e energia elétrica.

A seguir, o capítulo 2 delinea os principais pressupostos teóricos que darão suporte

à compreensão dos Assentamentos Populares Urbanos (APU), particularmente no caso brasileiro. Apresenta-se os conceitos adotados no Brasil para caracterizar os assentamentos populares urbanos e as demandas específicas para o desenvolvimento de projetos de qualificação urbana nessas áreas.

A pesquisa examina as atuais condições do banco de dados da área em estudo e serão discutidos os pressupostos da morfologia urbana que podem auxiliar na melhoria da compreensão do território em questão. A base de dados existente será utilizada para a formulação inicial dos problemas identificados no território, ainda no âmbito do uso dos agregados dos setores censitários do bairro em estudo como componente do sistema metropolitano da cidade de Fortaleza.

No capítulo seguinte são discutidos os conceitos fundamentais de modelo e sistema bem como o papel do CIM no tratamento da complexidade do ambiente urbano e seu papel na representação da estrutura socioespacial urbana. Nesse capítulo também são apresentados os métodos adotados pela pesquisa e delineiam-se as ferramentas de trabalho que servem de suporte à instanciação do sistema a ser desenvolvido.

No capítulo 4 o sistema de modelagem da informação instanciado é apresentado. O capítulo demonstra as etapas de desenvolvimento do SIMIC e o complemento das informações espaciais existentes no bairro possibilitado pelo PDI raster. Por fim são sistematizados os indicadores para a formulação dos condicionantes físicos dos domicílios do bairro Presidente Vargas enquanto componente do sistema da cidade de Fortaleza.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa e discute as possibilidades latentes para pesquisas futuras.

## 2 REPRESENTAÇÃO DE ASSENTAMENTOS POPULARES URBANOS

Para a instanciação do sistema faz-se necessário entender as especificidades ontológicas dos APU no caso brasileiro, do processo de projeto para qualificação desses territórios e de que modo os constructos da morfologia urbana podem aproximar o entendimento do espaço intra-urbano da área a ser estudada.

É necessário antes uma melhor compreensão de como o planejamento e o desenho urbano tradicional lidam com o sistema metropolitano através da análise dos diferentes agregados disponíveis nas bases de dados oficiais, particularmente no caso da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) cuja escala de representação se resume às unidades da federação brasileiras (IBGE, 2016), os resultados dos microdados da amostra de domicílios do Censo demográfico de 2010, cuja escala agregada corresponde à áreas de ponderação que unificam seus resultados em conjuntos de setores censitários (IBGE, 2010b) e os resultados do universo divulgados pelo mesmo censo, com menor quantidade de informações coletadas porém abrangendo o levantamento de todos os domicílios brasileiros e agregando suas informações em setores censitários que “compreendem as características dos domicílios particulares e das pessoas que foram investigadas para a totalidade da população e são denominados, por convenção, resultados do universo.” (IBGE, 2011).

Pretende-se posteriormente avaliar a possibilidade de estudo do sistema intra-urbano através da desagregação desses dados possibilitado pelo processamento digital de imagens adquiridas por sensoriamento remoto. Será tomado como referência inicial para a mineração dos dados existentes os indicadores relacionados à sustentabilidade física, densidade e serviços de suporte sugeridos por (MENG; HALL, 2006) para a definição do índice de qualidade habitacional em assentamentos populares urbanos e os indicadores que definem o nível de proteção contra intempéries, nível de acabamento das edificações, saneamento, serviços urbanos e ambiência que definem os índices de consolidação das moradias e vizinhanças definidos por (HILLIER *et al.*, 2000).

Com esses pressupostos será possível indicar parâmetros para a formulação e avaliação do sistema integrado de modelagem da informação da cidade a ser instanciado. Tais parâmetros serão sistematizados com base nas classificações possibilitadas pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Vieira (2007), cujos agregados apresentam relações e propriedades, pela ontologia definida por Beirao e Duarte (2018), onde as classes são representadas por formas e rótulos, e pela DSR desenvolvida por Dresch *et al.* (2015), para quem a conscientização dos

problemas, a revisão da literatura e a identificação dos artefatos possibilitam a configuração de uma classe de problemas.

O presente estudo busca caracterizar a morfologia urbana própria de assentamentos populares em cinturões periféricos, tomando como objeto as ferramentas e métodos do CIM para formular e avaliar a realidade do bairro Presidente Vargas, localizado na RMF do estado do Ceará, Brasil (Figura 2). Esta abordagem possibilita a criação de um framework (MOREIRA; CARDOSO, 2017) que serve de suporte ao planejamento e ao desenvolvimento de projetos urbanos.

Em uma fase inicial de pré-design acredita-se que a sobreposição de dados interpretados a partir da descrição estatística dos dados agregados presentes nas bases de dados oficiais junto com o levantamento e o processamento de imagens de satélite em ambiente GIS gera informações que complementam a compreensão de um determinado tecido urbano, tais como: descrições funcionais, indicadores de densidade, hierarquia de vias entre outros (GIL *et al.*, 2011). A exploração mais precisa desses dados iniciais permitirá o desenvolvimento das etapas subsequentes do sistema a ser instanciado.

Trata-se aqui o espaço intra-urbano como aquele que considera as características e métodos de análise que enfatizam as relações internas da estrutura urbana, afastando-se dos aspectos que descrevem o espaço urbano a partir de seus componentes regionais e macroterritoriais. Busca-se compreender a estrutura interna de um bairro da cidade de Fortaleza a partir da compreensão de sua localização urbana, caracterizada, segundo (VILLAÇA, 1998), por aquela determinada por uma rede de infra-estrutura e pela possibilidade de deslocamento de seres humanos, enquanto consumidores e força de produção, entre sua casa e trabalho, escola, compras, serviços e lazer.

Interessa compreender a estrutura socioespacial intra-urbana da cidade de Fortaleza a partir da leitura da segregação espacial manifestada em um bairro periférico da cidade e como se dá sua relação complexa com outras partes da metrópole, particularmente o centro, a partir da apreensão das múltiplas escalas dessa estrutura.

Os dados que tratam da precariedade de assentamentos populares urbanos estão dispersos e incompletos, o que torna difícil a compreensão dos reais problemas e demandas latentes desses aglomerados urbanos particularmente em sua escala intra-urbana. Nesse sentido, um Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade pode otimizar o processo de formulação dos problemas e avaliação dos contextos urbanos de assentamentos populares.

Quais são os principais problemas estruturais enfrentados pelas populações residentes em Assentamentos Populares urbanos? Os dados disponíveis pelas agências de pesquisa e instituições governamentais permitem perceber com clareza esses problemas na escala intra-urbana desses aglomerados? Existe uma hierarquia de correlação entre esses problemas? Como a Modelagem da Informação da Cidade pode contribuir na estruturação, interpretação e comunicação desses problemas na escala local desses aglomerados? É possível demonstrar com clareza os problemas estruturais enfrentados nesses aglomerados urbanos?

O principal problema identificado nessa pesquisa foi que a forma como os dados acerca dos assentamentos populares urbanos é levantada e disponibilizada pelas instituições de pesquisa e entidades governamentais não permite uma compreensão específica da situação de precariedade desses aglomerados na escala intra-urbana, interior ao bairro. Dito de outra maneira: As instituições governamentais e de pesquisa não conseguem demonstrar com clareza os problemas estruturais enfrentados em Assentamentos Populares Urbanos. Nesse sentido um Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade otimiza o processo de representação dos problemas enfrentados em assentamentos populares urbanos.

Nesse trabalho faz-se uso de um Sistema de Modelagem da Informação da Cidade para organizar os indicadores, mapear as lacunas existentes, complementá-las através do Processamento Digital de Imagens levantadas por Sensoriamento Remoto e, finalmente, fazer uma análise da relação complexa entre os principais indicadores sistematizados pela pesquisa.

As tecnologias de Modelagem da Informação da Cidade permitem integrar os múltiplos indicadores da precariedade urbana dos assentamentos populares através da concentração dos dados em um sistema que facilita o acesso por diferentes ferramentas de processamento estatístico, mapeamento e consulta de dados. De maneira suplementar, é possível comparar os dados de diferentes fontes o que possibilita a identificação de lacunas que podem ser preenchidas com a agregação de novos dados.

Com a construção de um banco de dados confiável e a sistematização da hierarquia de indicadores mais importantes no âmbito dos assentamentos populares urbanos é possível construir um sistema integrado que possibilita a consulta dinâmica e instantânea das informações que podem ser úteis para o planejamento e desenho urbano mais próximo das reais demandas enfrentadas nesses aglomerados.

Mas afinal, quais são efetivamente esses problemas?

Para definir claramente esses problemas no escopo dessa pesquisa faz-se necessário

verificar como a bibliografia que trata dos Assentamentos Populares Urbanos está organizada. Podemos agrupar as abordagens teóricas e metodológicas que tratam da precariedade do espaço intra-urbano nas cidades brasileiras e de modo geral em quatro categorias:

1. O viés socioespacial focado nos métodos de análise regional e metropolitano;
2. O viés regulador que trata da informalidade desses assentamentos sob a ótica das demandas específicas por política pública e flexibilização da legislação urbana;
3. O viés da estrutura física da moradia e do acesso a serviços urbanos focado na gestão de projetos, com ênfase particular na produção/melhoria de moradias e na melhoria do acesso a serviços urbanos;
4. O viés morfológico que busca compreender as especificidades da forma urbana nesses aglomerados.

## **2.1 Âmbito socioespacial, regional e metropolitano**

No âmbito socioespacial os estudos dão foco na análise regional e metropolitana da realidade dos Assentamentos Populares Urbanos, particularmente quando comparados com outros setores da cidade, mas essa abordagem não explicita com clareza os aspectos internos da precariedade social e econômica vivenciada no interior dos bairros. Os estudos realizados pelo Observatório das Metrôpoles sistematizam vários indicadores capazes de demonstrar a segregação espacial nas regiões metropolitanas brasileiras.

Vários desses problemas são observados por Pequeno (2009). Na dimensão econômica da Região Metropolitana de Fortaleza os autores percebem que as políticas voltadas para a industrialização e turismo tendem a promover um aumento da densidade populacional na RMF, aumentando a concentração de renda nesses municípios.

Na dimensão habitacional da RMF os autores observam uma intensa precariedade nas condições de moradia, o crescimento desordenado, as sérias limitações de censos e bancos de dados específicos sobre as condições de moradia urbana, desatualização dos dados referente às favelas. Observam inadequações de moradia, utilizando como base dados do Metrodata (Censo 2000) que se baseia no método da Fundação João Pinheiro (FJP), tais como irregularidade fundiária, falta de banheiro e adensamento domiciliar. Nessa ótica observam também intensa desigualdade no acesso às redes de infra-estrutura urbana, a progressiva degradação ambiental decorrente desta, restrições de acesso ao abastecimento de água, saneamento e coleta de lixo.

Tratam ainda da disparidade de propriedade de domicílios entre os municípios da



RMF e a precariedade das moradias segundo o número de compartimentos (três ou menos), nível de acesso a bens, processo de favelização e formação de aglomerados subnormais (Segundo critérios do IBGE). Apesar de quantificados, todos esses dados tratam do contexto comparativo entre municípios da RMF, tais como a intensificação de famílias vivendo em áreas de risco e autoverticalização dos bairros centrais e principais eixos de circulação, apesar de não apresentar dados específicos sobre isso. Altos percentuais de co-habitação, favelização intensa e progressiva em direção às franjas periféricas.

Classificam também a metrópole segundo sua dinâmica socioocupacional relacionada ao uso produtivo do território, a localização das atividades produtivas no espaço intra-urbano metropolitano, as disparidades socioeconômicas, segundo tipologias socioespaciais superior, superior-médio, médio, popular-operário, inferior, popular periférico e rural. É importante enfatizar que os autores salientam a demanda por planejamento regional e metropolitano integrado, de modo a favorecer um desenvolvimento menos desigual da RMF.

Duarte *et al.* (2012) tratam da ontologia do ambiente urbano como aquela que define e organiza as relações significativas entre objetos e características encontradas nesses aglomerados. Entre as principais classes dessa ontologia os autores destacam as redes, que descrevem os domínios de conectividade, e a morfologia urbana que contém diversos sistemas.

A presente pesquisa busca tratar os assentamentos populares urbanos como sistema inerente à essa ontologia do ambiente urbano, buscando compreender seu quadro geral a partir do caso particular do bairro Presidente Vargas no município de Fortaleza. Sobre o desenvolvimento de uma ontologia para o desenho urbano, Beirao *et al.* (2012) salienta que trabalhos futuros deverão desenvolver a representação da propriedade urbana e o uso do solo focando em como esses conceitos e representações são utilizados no processo de projeto urbano.

Enquadra-se aqui o bairro Presidente Vargas como subsistema urbano do sistema complexo da região metropolitana de Fortaleza. Nesse sentido vê-se aberto um amplo espectro de possibilidades na compreensão desse sistema no quadro da realidade brasileira, conforme observam Pereira e Silva (2001):

O objetivo de se criar um sistema conceitual que, embora sendo independente, corresponda ao mundo real, é, em termos de planejamento, entender a situação atual e suas tendências, antecipar os cenários futuros e avalia-los, para possível intervenção que pode ser simulada no sistema conceitual, antes de aplicada no sistema do mundo real, atendendo à crescente preocupação com a eficiência e com a equidade do processo de planejamento. (PEREIRA; SILVA, 2001).

O principal norte deste capítulo se orienta para a compreensão do que a presente

pesquisa entende por assentamento popular urbano, quais os principais indicadores utilizados no Brasil para compreender e classificar esses aglomerados urbanos, particularmente na escala metropolitana e municipal através dos agregados disponíveis pelas agências de pesquisa (IBGE, Ministério das Cidades, Fundação João Pinheiro e PNAD) para sua geolocalização, e de que maneira os atributos comuns ao estudo da morfologia urbana nos permitirão uma maior aproximação da escala intra-urbana desses domínios, possibilitando conseqüentemente a formulação dos problemas associados a esses territórios em uma escala mais específica e desagregada e, em seguida, sua avaliação através de indicadores que reconheçam suas peculiaridades específicas.

Nesse sentido o primeiro dilema é conceitual já que no âmbito nacional as principais referências em termos de definição dos assentamentos populares urbanos trazem abordagens diversas sobre o assunto: o IBGE (IBGE, 2010b) define esses agrupamentos como aglomerados subnormais; o Ministério das Cidades (CIDADES, 2010) busca estabelecer uma ótica mais aprofundada sobre aqueles, classificando-os como assentamentos precários; e a Fundação João Pinheiro (PINHEIRO, 2016) foca nos componentes do déficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil.

Segundo o IBGE (2010a), aglomerado subnormal “É um conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas, etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e/ou densa.” Para o instituto, podem apresentar-se sob as categorias de invasão, loteamento irregular ou clandestino, irregulares ou regularizados em período recente, e sua identificação é feita segundo os seguintes critérios:

1. Ocupação ilegal da terra;
2. Possuir pelo menos uma das seguintes características:
  - Urbanização fora dos padrões vigentes, com vias estreitas, alinhamentos irregulares, lotes de tamanhos e formas desiguais e construções não regularizadas por órgão públicos;
  - Precariedade de serviços públicos essenciais, como coleta de lixo, energia elétrica e abastecimento pela rede de água e esgoto.

De modo geral a instituição identificou como aglomerados subnormais 15.568 setores censitários no Brasil durante a realização do Censo de 2010. As variáveis observadas foram classificadas em um Levantamento de Informações Territoriais (LIT) registradas pelos próprios

recenseadores durante suas visitas às áreas e organizados segundo a existência ou predominância desses tipos de espaços.

Em paralelo temos a elaboração da definição de assentamentos precários feita pelo Ministério das Cidades (2010), adotada pela então Política Nacional de Habitação (PNH) de forma a “englobar , numa categoria de abrangência nacional, o conjunto de assentamentos urbanos inadequados ocupados por moradores de baixa renda, incluindo as tipologias tradicionalmente utilizadas pelas políticas públicas de habitação, tais como cortiços, loteamentos irregulares de periferia, favelas e assemelhados, bem como conjuntos habitacionais que se acham degradados” (CIDADES, 2010).

Segundo a instituição, são porções do território urbano que apresentam dimensões e tipologias variadas, mas tem características em comum, tais como:

1. São áreas predominantemente residenciais, habitadas por famílias de baixa renda;
2. Apresentam precariedade de condições de moradia por carências e inadequações tais como: irregularidade fundiária, ausência de infraestrutura de saneamento ambiental, localizadas em áreas mal servidas por transporte e equipamentos sociais; terrenos alagadiços ou sujeitos a riscos geotécnicos, adensamento excessivo, insalubridade e deficiências construtivas da unidade habitacional;
3. Historicamente relacionadas a estratégias de produção autônoma para solução de necessidades habitacionais, pela insuficiência das iniciativas estatais ou pela incompatibilidade do nível de renda e o preço das unidades habitacionais produzidas pelo mercado imobiliário formal.

Interessa demonstrar aqui que o Ministério das Cidades busca incorporar na sua caracterização a tipologia Conjuntos Habitacionais na sua classificação, reconhecendo que ainda que frequentemente partam de iniciativas públicas para a solução da precariedade habitacional brasileira, muitas destas soluções ainda costumam apresentar carências e inadequações típicas de assentamentos precários. Além deste, classifica também os cortiços, favelas e loteamentos irregulares.

As instituições reconhecem a complementariedade de suas classificações. Particularmente no caso do Ministério das Cidades, se suplementa também à sua classificação aquela definida pela Pinheiro (2016) para déficit habitacional e inadequação de domicílios. Segundo esta última assume-se como déficit habitacional “a noção mais imediata e intuitiva de necessidade de construção de novas moradias para a solução de problemas sociais e específicos de habitação,

Figura 1 – Variáveis do PNAD e Censo 2010 - Universo e Amostra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

detectados em certo momento” (PINHEIRO, 2016).

Enquanto a inadequação de moradias “reflete problemas na qualidade de vida dos moradores: não estão relacionados ao dimensionamento do estoque de habitações e sim às suas especificidades internas” (PINHEIRO, 2016), voltando-se principalmente para o delineamento de políticas voltadas para a melhoria de domicílios. A instituição tem como enfoque as famílias com rendimento de até 3 salários mínimos, dado este que costuma ser o limite superior para o ingresso das famílias aos programas habitacionais de caráter assistencial. Para a Fundação os principais componentes do déficit habitacional são a habitação precária, coabitação familiar, ônus excessivo com aluguel urbano e adensamento excessivo de domicílios alugados, enquanto os componentes da inadequação são a carência de infra-estrutura urbana, o adensamento excessivo de domicílios urbanos próprios, a ausência de banheiro exclusivo, cobertura inadequada e inadequação fundiária urbana.

Por fim o Ministério das Cidades (2010) sintetiza as variáveis para a caracterização de assentamentos precários lançando mão dos conceitos de aglomerados subnormais do Ibge (2010) e de déficit habitacional e inadequação de domicílios da Fundação João Pinheiro (2016). Esses conceitos servirão de suporte à formulação dos problemas específicos no âmbito do bairro em estudo, mas, pela sua escala e nível de agregação de dados, perceberemos a demanda por um reconhecimento mais aberto das variáveis e indicadores de modo a tornar-se possível uma modelagem mais precisa da realidade do espaço intra-urbano proposto.

A seguir a Figura 1 e a Tabela 1 demonstram os subcomponentes e variáveis que descrevem a classificação da Fundação João Pinheiro, verificável no âmbito municipal e metropolitano pela PNAD e dos indicadores presentes nas bases sugeridas pelo ministério das cidades para a definição dos assentamentos precários brasileiros, bem como as bases do universo e da amostra do Censo de 2010. Optou-se aqui por demonstrar apenas parte dos indicadores que lidam com as condições físicas e de acesso à infraestrutura urbana pois tratam-se precisamente daqueles sugeridos por Meng e Hall (2006) e Hillier *et al.* (2000) para a posterior análise dos índices de qualidade e consolidação das moradias e vizinhanças urbanas.

## **2.2 Âmbito da regulação e informalidade urbana**

No âmbito jurídico os estudos demonstram com clareza as demandas desses aglomerados por políticas públicas e flexibilização da legislação municipal para viabilizar a melhoria da qualidade de vida dessas populações mas sua retórica está baseada nos tópicos tradicionais da

legislação urbana, como adensamento populacional, uso e ocupação do solo e taxa de ocupação e pouco tratam das relações entre esses aspectos e as demandas por infra-estrutura, qualificação dos espaços urbanos e a precariedade das moradias urbanas.

Sob a ótica da regulação e informalidade urbana LIMA (2017) procura identificar os problemas espaciais decorrentes da forma urbana de assentamentos precários e informais que se caracterizam pela falta de regularização fundiária e consequente limitação de acesso à infra-estrutura urbana pelos moradores dessas áreas. A autora percebe a informalidade urbana aqueles assentamentos cujo parcelamento, uso e/ou ocupação do solo urbano não estão adequados à legislação urbanística vigente e, em consequência disso, apresenta limitações na visualização de suas características.

Para enfrentar essas limitações a autora procura aferir indicadores e estabelecer parâmetros que permitam lidar com a realidade desses aglomerados através da modelagem da informação. Percebe a necessidade de regular a forma urbana de assentamentos informais precários, mas para isso faz-se necessário conhecer e visualizar a forma e os dados dessas áreas.

Constata a baixa disponibilidade de dados espaciais sobre essas áreas e que permitam estudar sua forma urbana. Nesse caso a autora aborda indicadores de densidade e desempenho relativos às áreas dos lotes, área livre, taxa de ocupação, gabarito, índice de aproveitamento, largura e comprimento das vias, entre outros. Salienta a demanda por se compreender dados complementares que permitam gerar cenários propositivos de desenho urbano, como a necessidade de se fazer o levantamento de todas as habitações das áreas estudadas, identificar demandas por áreas de praças compatíveis com o tamanho da população e necessidade de intervenções viárias.

Fernandes (2012) e Smolka (2003) encaram esse dilema. Enquanto o primeiro autor observa que é mais fácil evitar que o processo de assentamento informal ocorra logo de início, salientando que as políticas de regularização tendem a contribuir para a melhoria das condições de vida das pessoas residentes em comunidades em situação de precariedade. Apesar de desconfiarmos que as estratégias de regulação podem levar, a longo prazo, costuma ter efeitos perversos, conforme observa Smolka (2003), acredita-se que as sugestões dadas pelo autor de incrementar as ferramentas de avaliação das demandas dos assentamentos informais e explorar a pesquisa e análise dos dados de modo a subsidiar a definição das ações no âmbito dos assentamentos populares urbanos.

Diante do exposto é necessário levantar quais são os indicadores, variáveis e pa-

râmetros mais importantes para lidar com a escala intra-urbana de assentamentos populares urbanos. Veremos isso mais adiante. Antes disso é necessário verificar como a ciência normal do planejamento urbano lida com os indicadores desses mesmos assentamentos na escala municipal e metropolitana. Como veremos a seguir, aparentemente os dados agregados apresentados pelo IBGE parecem explicar bem o sistema da cidade ou mesmo da metrópole ao lidar com seu menor agregado, os setores censitários, dentro do sistema metropolitano. A questão a ser levantada é a respeito da pertinência desses mesmos indicadores quando lidamos com o espaço intra-urbano.

Por fim, salienta a necessidade que esses cenários prescritivos possam ser utilizados para comunicação com diferentes atores para que seu envolvimento possa tornar mais efetivo o planejamento e a produção de projetos urbanos. Nesse caso há espaço para o desenvolvimento de um Sistema de Modelagem da Informação com potencial de gerar relatórios de indicadores em tempo real, possibilitar a simulação de custos e favorecer a compreensão das realidades locais através da representação de suas informações.

### **2.3 Âmbito estrutural da Precariedade urbana**

As pesquisas e manuais institucionais que tratam da precariedade urbana sob seu aspecto estrutural apontam para uma compreensão dos diferentes fatores que, juntos, definem o grau de precariedade desses aglomerados urbanos mas os indicadores mais uma vez se restringem aos dados genéricos coletados pelas agências de pesquisa que descrevem com clareza as escalas municipais e metropolitanas mas pouco têm a dizer quando se aproximam de escala intra-urbana desses assentamentos.

No aspecto da estrutura física dos assentamentos populares urbanos, sob a ótica da moradia e do acesso a serviços urbanos, tomamos como referência as variáveis indicadas pelo Ministério das Cidades (2010) para a caracterização de assentamentos precários e os indicadores sugeridos por Abiko e Coelho (2009) para a qualificação de aglomerados populares urbanos, particularmente no caso de favelas.

Para o primeiro, as variáveis a serem consideradas se agrupam em infra-estrutura urbana, como abastecimento de água, drenagem, coleta de lixo e saneamento, acesso a serviços e equipamentos urbanos, como escola, posto de saúde, edificações comunitárias e espaços recreativos, ambiência urbana, como pavimentação, calçadas, existência de esgoto a céu aberto e condição de arborização, as condições físicas dos domicílios, como situação das vedações externas, condição das coberturas, infra-estrutura dos domicílios, como ligação com saneamento

e eletricidade, densidade de ocupação dos domicílios e situação fundiária dos mesmos.

De maneira complementar Abiko e Coelho (2009) enfatizam também a necessidade de se avaliar o risco eminente de acidentes geológicos, estruturais e de inundação dessas áreas bem como a sua condição de inserção na malha urbana. Os autores salientam também a necessidade de se considerar indicadores que apontem para a eficiência financeira e de minimização de danos sociais observados nessas áreas, como possibilidade de implantação de obras urbanas de maior porte, possibilidades de sinergia com outros programas e ações, mobilização e demanda da população local, custo estimado e complexidade técnica de intervenções locais, estimativas sobre a relação custo/benefício de potenciais intervenções e eventuais retornos econômicos, impactos das melhorias na infra-estrutura da cidade e disponibilidade de recursos.

Acredita-se que as demandas por novas moradias, pela adequação daquelas existentes e ainda pela complementação de infraestrutura física, jurídica e socioeconômica tenderá e se ampliar a partir do momento que o foco de análise se fecha de maneira mais próxima às especificidades desses assentamentos. Abiko e Coelho (2009) trazem duas informações importantes para a justificativa de aprofundamento na análise dos aglomerados populares urbanos, que em sua pesquisa tratam especificamente por “favelas”: o primeiro trata da diversidade com a qual essas aglomerações se apresentam no território brasileiro, pelo seu tamanho e localização, os aspectos regionais que determinam as tipologias de suas edificações, o grau de adensamento e consolidação, o nível de precariedade de condições das edificações e sua relação com a infraestrutura e serviços urbanos além do nível de organização comunitária entre os seus moradores. O segundo trata das alternativas de ação que podem ser pontuais ou mais amplas, que envolvem disponibilidade de recursos e viabilidade técnica e que devem considerar, para atingir o sucesso almejado, além de procedimentos, recursos e aparatos legais adequados, a qualidade e o perfil dos profissionais envolvidos nos processos, de modo polivalente, participativo e interativo, respeitando ainda aspirações, potencialidades e limitações locais.

Em uma etapa preliminar Abiko e Coelho (2009) salientam a importância de uma classificação e hierarquização das prioridades pela qualificação de assentamentos urbanos que considere, além da justiça social, da eficiência financeira e da minimização de danos, os seguintes aspectos:

1. Inserção na malha urbana e na infraestrutura local;
2. Situação da favela quanto à ZEIS;
3. Interferência para implantação de obras urbanas de maior porte;



4. Situação ambiental e consequências para o entorno;
5. Risco eminente de acidentes geológicos, estruturais e de inundação;
6. Nível de degradação da qualidade de vida da aglomeração humana (renda, saúde, educação e violência);
7. Possibilidades de sinergias com outros programas ou ações;
8. Tempo de ocupação e histórico com relação ao recebimento de outros benefícios sob a forma de investimentos públicos;
9. Adesão e mobilização da população local;
10. Demanda de movimentos sociais;
11. Custo estimado e complexidade técnica da intervenção;
12. Condição física e legal do terreno;
13. Possibilidade de regularização fundiária;
14. Estimativa sobre a relação custo/benefício da intervenção e potencial retorno econômico;
15. Impacto na infraestrutura da cidade;
16. Recursos disponíveis.

Para tanto os autores sugerem procedimentos que considerem tanto o levantamento de dados no âmbito do assentamento popular em estudo como os itens de projeto necessários ao desenvolvimento de ações. A Tabela 1 a seguir sintetiza as variáveis levantadas pelos registros do IBGE em diferentes pesquisas e que lidam com os condicionantes físicos dos domicílios, bem como seu acesso à infraestrutura urbana.

Percebe-se, tanto pela especificidade morfológica da realidade dos assentamentos populares urbanos como pelo alto grau de informalidade na apropriação desses territórios pelos seus habitantes, a complexidade da configuração desse espaço urbano (Figura 3&Figura 9). Optou-se no presente estudo tomar-se como base de análise uma área de 2,5x2,5km (Figura 3) circunscrita no bairro em questão, de modo a tentar construir uma leitura local sem perder a percepção do contexto urbano do qual o mesmo faz parte.

Apesar do aparente vazio existente no mapa vetorizado de edificações e arruamentos disponibilizados pela prefeitura (Figura 3) é nítido que existem lacunas de informação quando verificamos a foto de satélite imediatamente anterior e posterior ao levantamento realizado pela prefeitura (Figura 9). É nesse contexto que se buscou ampliar a compreensão desse território através do uso das imagens de satélite que veremos adiante.

Tabela 1 – Variáveis que tratam da precariedade urbana segundo pesquisas do PNAD de 2015, Amostra e Universo do Censo de 2010

Grupos de Variáveis	PNAD 2015	Censo 2010 - Amostra	Censo 2010 - Universo
Infraestrutura urbana	V0211, V0212, V0213, V0214	V0209	V008-V013, V031-V037, V056-V061 (entorno01)
Abastecimento de água e Drenagem	V4624	V0208	V012, V013, V014, V015 (domicilio01)
Coleta de lixo e saneamento	V0217, V0218	V0210	V017, V018, V019, V020, V021, V022, V023, V035, V036, V037, V038, V039, V040, V041, V042 (domicilio01)
Condições Físicas dos Domicílios	V0201	V4001, V0201	V001 (domicilio-renda)
Condição da vedação externa	V0203	V0202	-
Infra-estrutura dos domicílios	V0215, V0216	V0205	-
Ligação com saneamento	V0217	V0207	V017, V018, V019, V020, V021, V022, V023
Ligação com eletricidade	V0219	V0211	V043, V044, V045, V046 (domicilio01)
Densidade de ocupação dos domicílios	V0105, V0206	V5060 (planilha pessoas), V0203, V0204	V003 (basico), V001 (domicilio02)
Situação fundiária dos domicílios	V0210	V0201	V011 (domicilio01)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cabe aqui levantar o questionamento: o que deve pesar no momento da definição dos problemas dos assentamentos populares urbanos, a lei ou a cidade real? Será que os impasses e conflitos entre os parâmetros de regulação (top down) e a ocupação orgânica (bottom up) não deixam claro a presença de uma anomalia dos métodos tradicionais de planejamento urbano segundo Kuhn (1998) e a impossibilidade ou mesmo risco identificados por Batty (2007) em lidar com o planejamento e desenho urbano enquanto sistema complexo quando não se tem uma compreensão profunda das causas e efeitos que as intervenções podem acarretar.

Essa discussão é importante pois se emularmos a demanda do Estado na análise da expansão real da ocupação intra-urbana do Bairro Presidente Vargas poderíamos rapidamente chegar à conclusão de que as ocupações irregulares ou mesmo ilegais devem ser coibidas. Por outro lado, se emularmos a demanda crescente por moradia dada a incapacidade do estado em prover habitação e infra-estrutura urbana, além do crescimento natural da densidade de ocupação do local (as famílias crescem e querem espaço), chegaríamos a conclusão que o Estado

(consequentemente seus planejadores top down) não estão aptos a cobrar legalidade a partir do momento que se demonstram incapazes de resolver o problema da ocupação irregular ou informal nos assentamentos populares brasileiros.

Nesse caso fica claro a limitação dos agregados apresentados pelo PNAD e pelo Censo demográfico brasileiro quando tentamos sobrepor essa mancha à análise da morfologia intra-urbana do bairro em estudo. Como observa (BATTY, 2007) é necessário desagregar os dados ao ponto que se torne possível explicar os indivíduos (numa escala mais micro, os lotes, as edificações, seus moradores e sua relação com o entorno imediato), o que tornará possível a exploração de outros indicadores que nos aproxime mais da escala em estudo. Não se trata aqui de ignorar a escala analítica da ciência normal mas sim aprofundar-se no sistema mais micro: o setor censitário está para o sistema da cidade e da metrópole assim como o uso do solo e as dinâmicas locais estão para a morfologia intra-urbana do bairro no âmbito da cidade. É a máxima explorada por (BATTY, 2007) e (VIEIRA, 2008): “O todo é muito maior que a soma de suas partes”. O Sistema morfológico urbano possui agregados, relações e propriedades específicos e este está contido no Sistema metropolitano.

## **2.4 Uma questão de escala**

É preciso ter clareza nas potencialidades e limitações de leitura que as diferentes escalas de análise dos problemas enfrentados nos APU. Enquanto as escalas mais gerais permitem uma compreensão das condições específicas em relação ao conjunto municipal ou metropolitano elas não permitem um aprofundamento sobre as demandas específicas no nível local. Desse modo a presente pesquisa busca, com base nos dados levantados, desagregar o máximo possível essas informações, tornando possível compreender com mais clareza a realidade intra-urbana desses aglomerados. É preciso reconhecer e representar os locais, como faz CARDOSO (2011), para entender suas demandas e sua história.

Existem lacunas entre as diferentes leituras da precariedade urbana possíveis a partir dos dados do IBGE. Pode-se descrever aqui as limitações entre os dados do PNAD, Censo Amostral e Censo Universo. Além disso os registros oficiais da morfologia urbana desses territórios não conseguem acompanhar a dinâmica de expansão urbana que nos levam a questionar se os números daqueles dados estatísticos conseguem efetivamente falar sobre a realidade enfrentada nos assentamentos Populares Urbanos.

Por fim o viés morfológico da exploração da forma de assentamentos populares

urbanos os estudos apontam para a necessidade de entender as áreas urbanas através do reconhecimento de padrões do sistemas auto organizados e emergentes (PORTUGALI, 2000), de análises tipomorfológicas que levem à descrição e prescrição de tipos urbanos que podem auxiliar particularmente as fases de pré-concepção de projetos (GIL *et al.*, 2012), da verificação da correlação entre padrões espaciais e geométricos com dados econômicos e sociais, particularmente quando associados com GIS e técnicas de sensoriamento remoto (BARROS FILHO; SOBREIRA, 2005; AMORIM *et al.*, 2014), além do potencial de se adotar indicadores de consolidação física e social de assentamentos populares urbanos (HILLIER *et al.*, 2000; GREENE, 2003), a conectividade e a integração dos territórios urbanos (HILLIER, 2007).

Especificamente, pelo viés da complexidade da morfologia urbana, considera-se a importância da desagregação de dados na compreensão da modelagem da informação como “story telling”, além da compreensão da segregação espacial e dos fluxos de seres humanos no âmbito da simulação de cidades baseada em agentes (BATTY, 2005; BATTY, 2008).

Acredita-se que os pressupostos teóricos da morfologia urbana poderão dar um suporte complementar às variáveis apresentadas anteriormente de modo a permitir ampliar a escala de formulação do problema a um nível mais próximo da relação dos edifícios, vazios e rede de transporte e serviços com seu entorno imediato de modo ainda a favorecer o entendimento da dinâmica urbana mais próxima ao nível dos usuários do bairro em estudo.

Segundo Lamas (2000) morfologia é o termo utilizado para “designar o estudo da configuração e da estrutura exterior de um objeto. É a ciência que estuda as formas, interligando-as com os fenômenos que lhes deram origem”(Lamas, 2000). Para o autor,

A morfologia urbana estudará essencialmente os aspectos exteriores do meio urbano e as suas relações recíprocas, definindo e explicando a paisagem urbana e a sua estrutura. [...] implica necessariamente a existência de instrumentos de leitura que permitam organizar e estruturar os elementos apreendidos, e uma relação objeto-observador.(LAMAS, 2000).

Segundo Rio (1990) a origem do conceito de morfologia urbana pode ser atribuída aos geógrafos alemães e franceses no primeiro quarto do século XX e depois aos ingleses. Para estes um período morfológico era entendido como “fase na história social e cultural que gera formas materiais distintas” (WHITEHAND, 1977; Apud.DEL RIO, 1990). Para aqueles, apesar de não haver uma definição consensual, a morfologia urbana deve ser vista como ciência que estuda “o tecido urbano e seus elementos construídos formadores através de sua evolução, transformações, inter-relações e dos processos sociais que os geram” (Del Rio, 1990). Entretanto,

segundo o autor, sua aplicação no campo do urbanismo e da arquitetura se dá primeiramente na Itália, precedidos pelas análises tipológicas e dos processos evolutivos e de mudanças no tecido urbano por Muratori, e, enquanto questionamento às atitudes modernistas em relação às cidades históricas e aos processos sociais que as regem, por Aldo Rossi e Carlo Aymonino.

Para Rio (1990), em termos morfológicos, a cidade pode ser compreendida em três níveis de organização básicos: o coletivo, o comunitário e o individual, em torno dos quais se estruturam os significados e as apropriações sociais. O autor sugere 4 temas e elementos para a pesquisa em Morfologia Urbana, que devem tratar de:

1. Crescimento: modos, intensidades, direções, elementos geradores e reguladores, limites, modificação de estruturas, etc.;
2. Traçado e parcelamento: ordenadores do espaço, estrutura fundiária, relações, distâncias, circulação e acessibilidade, etc.;
3. Tipologia dos elementos urbanos: inventário e categorização de tipologias edificadas, de lotes e ocupação, quarteirões e ocupação, praças, esquinas, etc.;
4. Articulações: relações entre elementos, hierarquias, domínios do público e privado, densidades, relações entre cheios e vazios, etc.

O autor desenvolve uma interessante aplicação da análise da morfologia urbana como estratégia para estruturação de áreas faveladas e construção de novas áreas habitacionais na Favela da Maré, localizada no Rio de Janeiro. Nessa proposta o autor propõe diretrizes para o desenho urbano com base no estudo morfológico do assentamento, investigando “linhas e formas de crescimento, tipologias habitacionais, de quarteirões e de vias, densidades, relações público-privado e estruturação geral” (RIO, 1990), elaborando modelos físico-espaciais para os elementos urbanos e estratégias para o fortalecimento da estrutura interna do assentamento e suas relações com a cidade.

O autor salienta também a importância da análise visual, da geração de respostas emocionais a partir das dimensões óticas, de lugar e de conteúdo sugeridas por Gordon Cullen, e das qualidades urbanas definidas por Kevin Lynch de legibilidade, estrutura e identidade e imageabilidade como fatores que favorecem “a identificação de formas mais apropriadas, cultural e socialmente, para intervenção na cidade existente e o desenho de novas áreas” (RIO, 1990).

Segundo Lamas (2000) os instrumentos de análise utilizados no estudo da morfologia urbana fazem ressaltar os fenômenos implicados na produção do espaço. Segundo ele a teoria não explica por completo a configuração do espaço da cidade e frequentemente converge na

morfologia urbana dados de outras disciplinas, como a economia, a sociologia e a história, de modo a explicar a cidade como fenômeno físico e construído. Para o autor, o estudo da morfologia urbana leva a clarificar três pontos importantes:

1. A morfologia urbana é o estudo da forma do meio urbano nas suas partes físicas e de seus elementos morfológicos na sua produção e transformação no tempo;
2. Ocupa-se da divisão do meio urbano em elementos morfológicos e da articulação destes entre si e com o conjunto que definem;
3. Leva necessariamente em conta os níveis ou momentos da produção do espaço urbano que tratam, segundo o autor da formalização ou composição urbana (o desenho urbano), a realização das construções de suas partes ou seus projetos e a planificação que precede o desenho urbano.

Lamas (2000) define três escalas para a classificação da forma urbana:

1. Dimensão setorial – escala da rua: é a menor porção do espaço urbano. Num ponto o observador consegue abarcar a unidade espacial de seu conjunto. Os estudos de Cullen permitem sistematizar os elementos morfológicos e características dessa dimensão: a relação proeminente do edifício com o espaço, o tratamento do solo e sua superfície, fachadas, mobiliário urbano, pavimentos, cores, texturas, árvores, etc.
2. Dimensão urbana – escala do bairro: pressupõe uma estrutura de ruas, praças e formas de escalas inferiores. Corresponde a partes homogêneas identificáveis. A análise de sua forma necessita de movimento e de vários percursos.
3. Dimensão territorial – escala da cidade: a forma estrutura-se através da articulação de diferentes bairros ligados entre si. A forma da cidade define-se pela distribuição de seus elementos primários ou estruturantes (como arruamentos, zonas habitacionais, centrais ou produtivas). Percebe-se também tipos de cidades reconhecíveis: como lineares, radio concêntricas, em malha ortogonal, etc.

Uma ênfase interessante dada por Lamas (2000) para essa classificação, particularmente sob a ótica analítica e interpretativa sugerida por Rossi, é que a mesma:

Deixa em aberto a correlação com o processo e método da concepção arquitetônica e do desenho urbano. As categorias estabelecidas permitem sistematizar o conhecimento do espaço urbano, mas serão tanto mais válidas quanto puderem corresponder também às etapas, metodologias e processos operativos de concepção arquitetônico-urbanística.(LAMAS, 2000).

Assim como identifica de maneira mais genérica os elementos construtivos e espaciais que compõem a arquitetura, como paredes, coberturas, janelas, vãos, escadas, e sendo estas relativamente constantes e definidoras da comunicação estética do objeto arquitetônico, Lamas (2000) procura identificar os elementos morfológicos do espaço urbano, segundo uma escala apropriada de leitura, ou seja os elementos mínimos capazes de descrever a forma urbana. São eles:

1. O solo/O pavimento;
2. Os edifícios;
3. O lote;
4. O quarteirão;
5. A fachada;
6. O logradouro (que em português de Portugal significa o espaço privado do lote, não ocupado por construção);
7. O traçado/A rua;
8. A praça;
9. O monumento;
10. A árvore e a vegetação;
11. O mobiliário urbano

Oliveira (2016) faz um panorama geral das características do que considera as quatro abordagens dominantes no debate internacional em morfologia urbana: a abordagem histórico-geográfica, a abordagem tipológica projetual, a sintaxe espacial e a análise espacial, em que descreve os principais elementos de cada uma destas e o modo como cada uma lida com os elementos da forma urbana considerando ainda suas escalas e relação com a dinâmica temporal.

Segundo o autor a abordagem histórico-geográfica parte dos trabalhos desenvolvidos pelo geógrafo Conzen, sob os conceitos fundamentais de cintura periférica, região morfológica e ciclo de parcela burguesa, e desenvolvidos posteriormente por Whitehand (2007), onde são desenvolvidos estudos sobre a interação dos múltiplos agentes nos processos de desenvolvimento urbano, particularmente sob a ótica das transformações observadas nas cinturas periféricas.

Oliveira (2016) descreve a abordagem tipológica projetual como aquela desenvolvida principalmente na Itália sob os trabalhos de Saverio Muratori e Gianfranco Caniggia em que os autores percebiam que a resolução das crises arquitetônicas, e de planejamento de maneira mais geral, deveriam passar pela capacidade humana de estabelecer uma relação equilibrada

com os seus territórios, o que deveria envolver o desenvolvimento de uma metodologia para interpretação da cidade e dos seus componentes, enfatizando a importância dos conceitos de tipo, tecido edificado e edifício básico. “Enquanto Muratori procurou, dedutivamente, construir um sistema filosófico capaz de interpretar a história da civilização através da arquitetura, Caniggia tentou construir, de modo indutivo, um método tipológico capaz de interpretar transformações no ambiente urbano para fins arquitetônicos” (OLIVEIRA, 2016). Entre as contribuições dessa abordagem, destacam-se o desenvolvimento dos conceitos de tipo, tipologia, estrutura e tecido, o desenvolvimento do método tipológico projetual e o método de interpretação por fases da história de uma cidade em articulação com seus processos tipológicos básicos.

Segundo o autor a sintaxe espacial parte dos textos fundamentais de Hillier e Hanson em que se implementa uma abordagem mais quantitativa da morfologia urbana e se propõem novas teorias e métodos para a investigação da relação entre sociedade e espaço, investigando o conteúdo social dos padrões espaciais e as respostas espaciais dos padrões sociais. Os autores procuram estabelecer um método de análise de padrões espaciais “com ênfase na relação entre relações morfológicas locais e os padrões globais. Estabelece uma teoria descritiva dos tipos de padrões e, em seguida, um método de análise” (OLIVEIRA, 2016) aplicado aos assentamentos urbanos e, posteriormente, aos edifícios. O principal desenvolvimento dessa abordagem reside no desenvolvimento das Análises Visuais Gráficas, angular e de continuidade axial, das relações entre espaço, movimento e padrões de uso do solo e compreensão dos processos de segregação.

Por fim Oliveira (2016) sintetiza a abordagem da análise espacial como aquelas baseadas principalmente no uso dos autômatos celulares, os modelos baseados em agentes e os fractais desenvolvidos por Couclelis Crooks e Heppenstall e Batty e Longley, respectivamente. Apesar de entendermos o potencial das pesquisas desenvolvidas sob essa abordagem a presente pesquisa não pretende desenvolver suas análises segundo essas linhas metodológicas. Porém, ainda que não descritas pelo autor, o presente trabalho também tomará um direcionamento analítico a partir dos conceitos de densidade multivariável do Spacematrix desenvolvidos por Berghauser Pont e Haupt (2009) para o estudo da densidade da forma urbana e sua performance e, especificamente no caso de assentamentos populares urbanos, os índices de qualidade habitacional e de consolidação da vizinhança e comunidade desenvolvidos por Meng e Hall (2006) e Hillier *et al.* (2000), respectivamente.

Apesar de perceber-se aqui o potencial de aglutinação dessas abordagens, perpassando ainda pelos métodos típicos do space matrix (BERGHAUSER PONT; HAUPT, 2009),



o desenvolvimento da sintaxe espacial através da análise da lacunaridade (AMORIM *et al.*, 2014) e os padrões de projeto baseados em gramática (BEIRAO, 2012) a presente pesquisa parte inicialmente de uma abordagem histórico-geográfica de compreensão da morfologia urbana dos assentamentos populares urbanos. Como vimos anteriormente, a base de dados referente ao bairro em estudo apresenta-se desatualizado e longe de refletir a realidade de ocupação do território já que o registro oficial da prefeitura computa apenas os lotes e edificações da cidade legal. Além disso, por se tratar de um bairro periférico, no limite com o município vizinho de Maracanaú, fica claro o desinteresse ou a incapacidade da gestão municipal em compreender a realidade intra-urbana do bairro.

Toma-se, portanto, dois conceitos importantes da abordagem histórico-geográfica: i) cintura periférica e ii) região morfológica. Segundo Whitehand (2007)(apud. OLIVEIRA, 2016) uma cintura periférica forma-se nas franjas urbanas através de diferentes processos de transformação e pode ser evidenciado pelo registro da evolução física de uma cidade. Já uma região morfológica, segundo a mesma abordagem, tende a ser uma área que apresenta certa unidade de configuração que a distingue de suas áreas envolventes (OLIVEIRA, 2016).

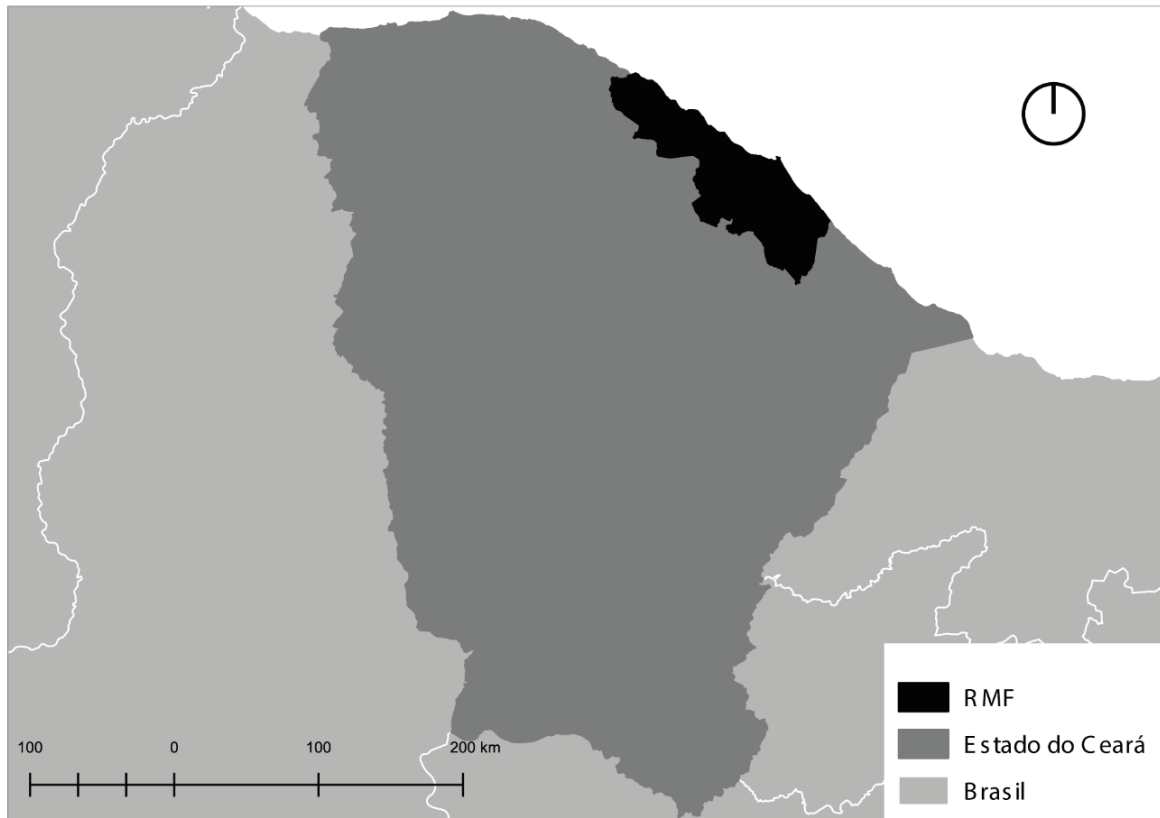
Percebe-se aqui a importância de uma percepção que inclui a variável tempo na transformação de um setor urbano e, nesse contexto, como determinadas regiões desse setor vão se configurando e formando unidades que permitam classificar sua leitura. Acredita-se, portanto, que a leitura de diferentes momentos das características geográficas de um território, através do uso de imagens de satélite, amplia a possibilidade de interpretação da morfologia urbana e enriquece o input de dados úteis ao desenvolvimento de projetos urbanos. Nesse sentido cabem também as considerações de Barros Filho (2009) acerca da multiplicidade escalar da abordagem do território intra-urbano brasileiro.

O aprofundamento desses conceitos, aliado à exploração das ferramentas GIS e de projeto urbano paramétrico, favorece a compreensão dos dados territoriais e morfológicos intra-urbanos e oferece uma contribuição significativa na forma como se aborda o estudo de assentamentos populares urbanos. A pesquisa busca então investir no desenvolvimento de métodos e técnicas para lidar com a elaboração de projetos urbanos em situações de significativa heterogeneidade (GIL *et al.*, 2011; HILLIER *et al.*, 2000) de modo a partir de uma abordagem histórico-geográfica da morfologia urbana através do uso das imagens de satélite (matriciais ou raster) e do método da classificação supervisionada (Figura 10) para leitura e interpretação de séries históricas do perímetro urbanos do bairro Presidente Vargas.

Acredita-se que o método em questão poderá apresentar os seguintes benefícios: i.) A abordagem reduz o tempo de e estimativa de áreas de uso e ocupação do solo de territórios para alimentação do banco de dados da pesquisa; ii.) Permite analisar as mudanças de densidade do uso do solo ao longo de períodos estabelecidos com base nas fontes de imagens e iii) Viabiliza a checagem da confiabilidade dos dados originados com base no método graças a existência de índices de desempenho da classificação.

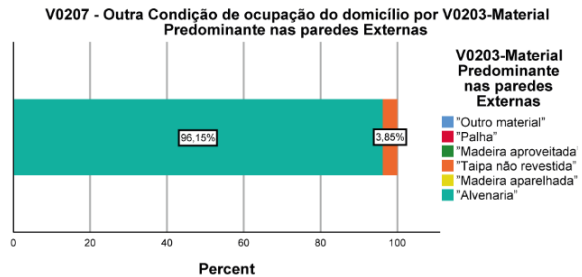
Como veremos a seguir, partiremos portanto da atualização da base de dados da pesquisa através do uso de imagens levantadas por sensoriamento remoto para, em seguida, desenvolver a formulação dos problemas dos assentamentos populares urbanos através de uma ontologia criada a partir das variáveis sugeridas pelo Ministério das Cidades, Abiko e Fundação João Pinheiro para, finalmente, desenvolver o sistema de análise morfológica com base nas abordagens apresentadas anteriormente.

Figura 2 – Síntese dos dados do PNAD 2015 para o Ceará e Região Metropolitana de Fortaleza



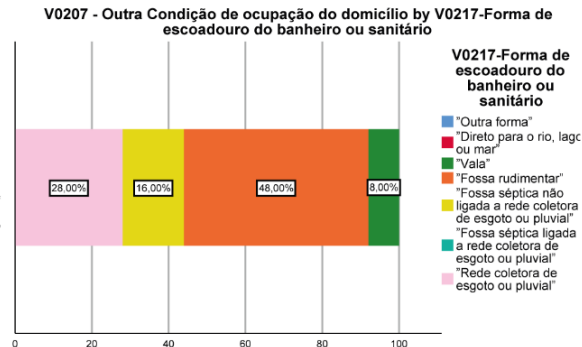
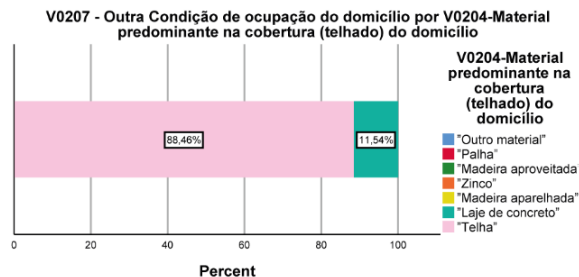
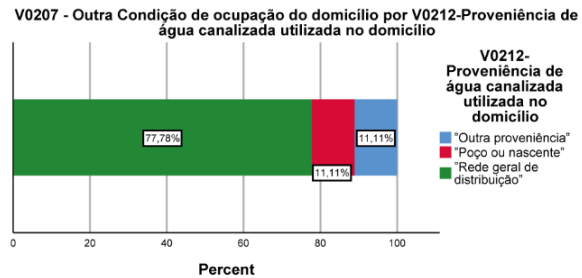
**V0201-Especie do Domicílio**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	"Particular permanente"	5616	71,4	99,8	99,8
	"Particular improvisado"	8	,1	,1	100,0
	"Coletivo"	2	,0	,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>5626</b>	<b>71,5</b>	<b>100,0</b>	
Missing	System	2245	28,5		
<b>Total</b>		<b>7871</b>	<b>100,0</b>		



**V0207-Condição de ocupação do domicílio**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	"Próprio – já pago"	4029	51,2	71,7	71,7
	"Alugado"	1054	13,4	18,8	90,5
	"Cedido de outra forma"	310	3,9	5,5	96,0
	"Próprio – ainda pagando"	132	1,7	2,4	98,4
	"Cedido por empregador"	65	,8	1,2	99,5
	"Outra condição"	26	,3	,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>5616</b>	<b>71,4</b>	<b>100,0</b>	
Missing	System	2255	28,6		
<b>Total</b>		<b>7871</b>	<b>100,0</b>		



Fonte: Elaborado pelo autor.

### **3 COMPLEXIDADE E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DE APU**

É preciso enfrentar a complexidade dos APU através da modelagem da informação, para tanto busca-se sistematizar os suportes teóricos que nos permitam relacionar as diferentes abordagens que tratam da complexidade do desenho e do planejamento desses aglomerados. Além disso, cabe aqui definir os métodos que possibilitem a modelagem e a representação da complexidade desses territórios.

Para atingir o objetivo de instanciação de um sistema integrado de modelagem da informação da cidade no âmbito de assentamentos populares urbanos faz-se necessário antes compreender o que é Modelo e como este permite a descrição de um sistema complexo. A partir disso este capítulo pretende desenvolver o papel da CIM na descrição dessa complexidade através de uma ontologia do ambiente urbano e da descrição dos domínios do projeto voltados ao desenho e ao planejamento urbano.

Com essa fundamentação inicial será possível delinear o método da pesquisa que se apoiará nas Design Sciences para instanciação do artefato da pesquisa, bem como os métodos de trabalho que darão suporte ao desenvolvimento do sistema, sintetizados a partir da ontologia para formulação do problema e operacionalizados através do método ágil e dos grupos focais sobre o caso real a ser, posteriormente, analisado.

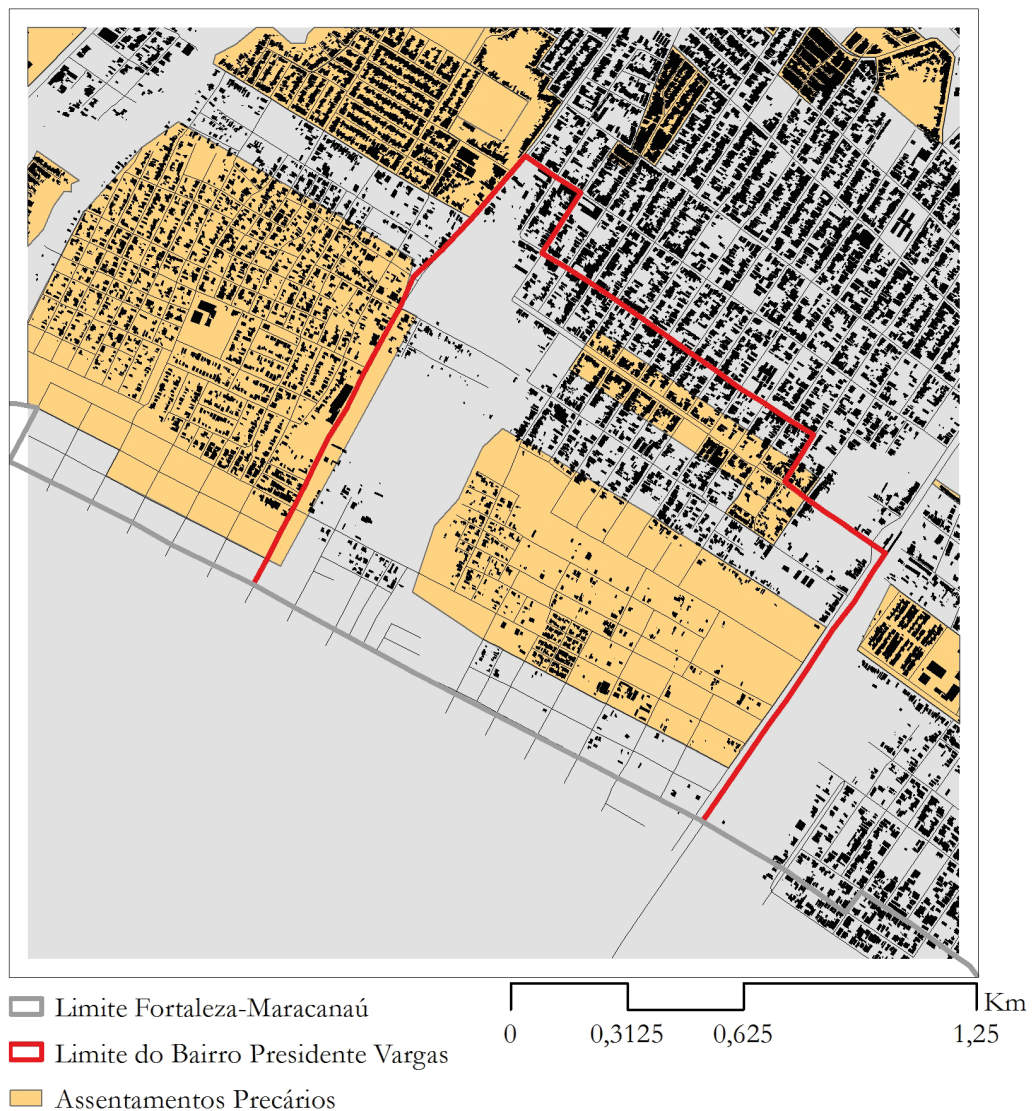
#### **3.1 Complexidade de APU**

Diferentes autores tratam das cidades como sistema complexo. No âmbito dos APU essa complexidade pode ser caracterizada pela interrelação entre os diferentes indicadores e sua dinâmica fractal nas múltiplas escalas da forma do espaço urbano (territorial, bairro e rua) e do tempo. A sobreposição dos diferentes âmbitos de pesquisa em APU (socioeconômico, jurídico e de infra-estrutura) e a definição de indicadores que os correlacionam torna mais clara a compreensão das demandas e dinâmicas desses aglomerados.

Utilizaremos aqui o APU para lidar com os agrupamentos urbanos que apresentam condições socioespaciais, de infraestrutura urbana e de moradia em condições subnormais quando comparados a outros agrupamentos urbanos em melhores situações. Esses agrupamentos frequentemente também enfrentam, particularmente sob a ótica da gestão pública, dilemas de ordem reguladora seja por não possuírem registro fundiário de seus terrenos ou por estarem em condição de apropriação dos lotes urbanos em desacordo com as normas locais.

Buscaremos compreender a estrutura intra-urbana da cidade de Fortaleza a partir da compreensão das mudanças de sua forma enquanto Sistema Complexo, auto-organizado e emergente e cujas transformações incluem múltiplas interferências e agentes que se relacionam também de maneira complexa. Com base em Portugali (1997) e Oliveira (2018) investigaremos como tais conceitos permitirão perceber o surgimento de padrões socioespaciais da forma urbana da localização estudada e a transformação, ou não, de sua estrutura ao longo do tempo.

Figura 3 – Morfologia Urbana do Bairro Presidente Vargas conforme base de dados disponibilizada pela prefeitura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo (LEE, 1973) um modelo é uma representação da realidade que contém declarações simplificadas e generalizadas do que parecem ser as características mais importantes de uma situação do mundo real. Para o autor um modelo não deixa de ser uma abstração utilizada

para obter clareza conceitual e, de certa maneira, reduzir a variabilidade e complexidade do contexto real de modo a facilitar a compreensão clara do contexto em estudo. Nesse sentido o modelo serve para facilitar a compreensão do comportamento de um sistema.

O autor classifica estas representações de realidade em dois tipos, os modelos físicos, que costumam ser réplicas em escala dos objetos em estudo, e os modelos abstratos, em que as situações do mundo real são representadas por símbolos que lidam, no caso do planejamento urbano, com as relações funcionais e os processos básicos de transformação urbana.

Em planejamento urbano essa representação do mundo real por meio de modelos abstratos pode ser expressa de diferentes formas, como imagens mentais, descrições verbais ou escritas ou ainda sob a forma de modelos matemáticos para lidar com os sistemas urbanos ou suas partes componentes.

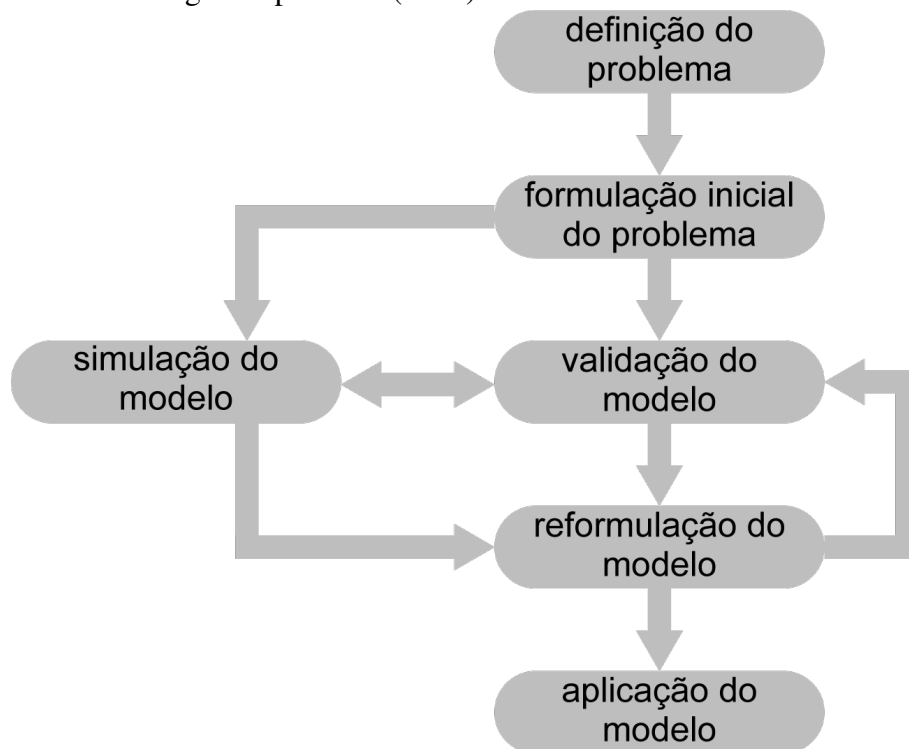
LEE (1973) observa que a aplicação de um modelo a um problema do mundo real não é um processo simples e que qualquer etapa de uma pesquisa relativa ao desenvolvimento de um modelo deve reconhecer que ideias anteriores podem ser melhoradas de modo iterativo.

Os ciclos iterativos durante os quais a estrutura do modelo é progressivamente refinada pode ser pensada como sendo equivalente aos testes em laboratório ou túnel de vento onde engenheiros e cientistas utilizam para melhorar o design de modelos físicos, com testes físicos sendo substituídos por ciclos de simulação computadorizada do modelo e interpretação e teste dos resultados.(LEE, 1973).

O autor faz o alerta de que para o desenvolvimento de modelos tenham como objetivo a simulação de sistemas urbanos é fundamental que se inicie pela formulação do problema em questão, ainda que sob a forma de declaração explícita dos objetivos a serem atingidos pelo modelo, já que a construção do modelo não deve ser um fim em si mas deve ter uma finalidade definida. Nesse sentido, salienta que caso não haja um objetivo específico em mente para o uso do modelo, será impossível decidir que variáveis devem ser inclusas e quais poderão ser deixadas de lado.

Ao elaborar uma conceituação de sistema, Vieira (2007) observa que “a realidade é formada por sistemas de coisas mutáveis no tempo, em taxas de mudanças variáveis, e que essas mudanças produzem perturbações nos ambientes que envolvem essas coisas/sistemas.”. O autor define como objetos essas coisas e/ou sistemas a partir do momento que estas conseguem ser operadas, em algum nível, por nosso intelecto. Para entender a realidade formada por objetos reais o cientista acessa a estes por meio da sua percepção através de um exercício treinado de crítica.

Figura 4 – Estrutura de formulação, validação e aplicação do modelo sugerido por LEE (1973).



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de LEE (1973).

Sistemas tendem a permanecer. Tendem a durar no tempo e para isso têm que evoluir. Uma condição fundamental para isso é que sejam sensíveis aos seus ambientes, porque as crises que podem comprometer suas permanências vêm do ambiente e da posterior ressonância destas com crises internas aos sistemas. (VIEIRA, 2007)

Nesse sentido são criados sistemas de signos e ideias capazes de explicar coisas que estão além da percepção humana. Através do seu sistema cognitivo o ser humano cria um mundo coerente com a realidade e que facilita sua própria existência. Nessa ampliação de compreensão e construção cognitiva da realidade são desenvolvidas ferramentas úteis para demarcar e explorar a realidade. Durante a observação dos fenômenos físicos, frequentemente medidas pelo ser humano sob a forma de série de medidas espaçadas no tempo, o cientista se utiliza da análise e da modelagem dos fenômenos nesse percurso.

Segundo Vieira (2007) enquanto o objetivo da análise é sintetizar as propriedades de uma série temporal e determinar suas características mais importantes, tanto no domínio do tempo como no da frequência com que tais fenômenos ocorrem, na modelagem o objetivo é encontrar um modelo apropriado para uma série temporal que, não sendo uma tarefa simples, envolve a identificação, o ajuste e o diagnóstico do modelo em um processo que, se necessário, pode se repetir inúmeras vezes.

O modelo usado deverá ter o menor número possível de parâmetros que adequadamente representarão os dados. (...) Se nenhuma inadequacidade for encontrada, a modelagem poderá ser assumida como estando completa e o modelo pode ser usado, por exemplo, para prever valores futuros. A previsão é o objetivo maior na atividade científica, dependendo em muito do conceito de determinismo. No entanto, nos dias de hoje, os aspectos que envolvem o parâmetro complexidade exigem estudos não tão dependentes da previsibilidade; a natureza caótica, estocástica ou simplesmente complexa de um sinal torna-se um objetivo em si mesmo. (VIEIRA, 2007).

Veremos adiante que o objetivo final do modelo com os quais estamos lidando tem muito mais a intenção de descrever o fenômeno da ocupação urbana própria de assentamentos populares urbanos e lançar mão do uso de parâmetros e variáveis para estender a compreensão desses fenômenos e, de modo colaborativo, indicar prescrições de direcionamento para o desenho e o planejamento urbano desses espaços do que pretender-se capaz de prever o desenvolvimento que de fato é imprevisível (BATTY, 2008).

Tomamos aqui a ontologia científica elaborada por VIEIRA (2008) para definir uma APU. O autor assume o pressuposto de que a realidade é sistêmica e complexa e, no âmbito da inovação no campo científico e da emergência de uma nova ciência, entende como fundamental a definição clara de conceitos fundamentais a partir de ontologias regionais nas tentativas de transdisciplinaridade. Para o autor um sistema (S) pode ser definido como um agregado (m) de coisas quando, por definição, existir um conjunto de relações (R) entre os elementos do agregado de tal forma que partilhem propriedades (P), dado pela notação:

$$(m)S =_d f[R(m)]P$$

A transição de um agregado de elementos ou mesmo de sistemas para um sistema de nível mais alto é obtida a partir da emergência de propriedades que desaparecem se o novo sistema for decomposto ou reduzido aos seus componentes desassociados. Ou seja, essa adoção ontológica opõe-se à ideia do reducionismo ou à crença de que leis naturais vigentes em níveis elevados de complexidade possam ser reduzidas a leis dos níveis inferiores, o que acarretaria nessa regressão que as leis da Física terminassem por ser as únicas básicas e todas as demais sendo derivadas. (VIEIRA, 2008)

Para Vieira (2007) o fato de estarmos lidando com sistemas abertos implica à noção de existência de um fator ou parâmetro externo, naturalmente variável, conduzindo portanto o sistema a espaços de estado variáveis durante as séries temporais. Tal espaço de estados também é condicionado pela interferência de entidades que podem perturbar a dinâmica do sistema e que o autor denomina atratores.



Vieira (2008) ainda define os parâmetros sistêmicos como as características que ocorrem em todos os sistemas, ainda que a natureza particular do sistema varie. Tais parâmetros podem ser classificados em fundamentais, estando presente em qualquer sistema independente de processos evolutivos, ou evolutivos, que surgem ao longo da evolução do sistema e não necessariamente estão presentes em todos os sistemas. Os primeiros envolvem a permanência, o ambiente e a autonomia do sistema enquanto os outros exprimem a temporalidade do sistema e estão associados à sua composição, conectividade, estrutura, integralidade, funcionalidade e organização. Todos esses parâmetros são abraçados por aquele que “surge desde as condições de permanência e acompanha toda a evolução do sistema: o parâmetro livre da Complexidade.” (VIEIRA, 2008).

Nesse sentido o autor trata, a partir de Bunge, de duas formas de complexidade. A ontológica, que se refere à complexidade real das coisas, e a semiótica, que consiste na complexidade de representação das coisas. Para o autor, frequentemente as deduções lógicas, típicas da ciência da computação que torna a complexidade objetiva através do “comprimento da lista de instruções de um algoritmo necessário na resolução de um problema”(VIEIRA, 2008), não deve ignorar a complexidade semiótica ainda que esta tenha um caráter subjetivo e ideal. Nesse sentido “o todo é sempre maior que a reunião das partes” (VIEIRA, 2008).

Laurini (2001) reforça a ideia de que a cidade pode ser descrita como um sistema geral com diferentes subsistemas interconectados. Para o autor é possível construir um modelo de cidade como um sistema geral, o que inclui os subsistemas de direção, cujo papel é projetar e tomar decisões de configuração do sistema global fazendo-o evoluir no sentido de direções desejadas, informacional, que reagrupa toda a informação necessária para controlar e direcionar a cidade, e controle, que inclui todos os elementos para os quais a decisão será tomada, reagrupando os setores físicos e fenômenos sociológicos que podem ser influenciados pelas decisões.

De maneira simplificada Batty (2007) define os sistemas complexos como “sistemas que são compostos de sistemas complexos”(BATTY, 2007). Para o autor essa recursão faz sentido quando se pondera, por exemplo, sistemas como economias ou cidades por seus elementos que apresentam a mesma ordem de complexidade estando estes agregados em grupos ou instituições ou desagregados em suas partes constituintes que, ainda assim, apresentam características complexas acerca de sua fisiologia ou psicologia.

Nos últimos anos as ciências da complexidade se desenvolveram para dar sentido à compreensão desses sistemas, buscando superar, com o suporte dos avanços científicos e

tecnológicos, a metáfora da cidade como uma máquina. Nesse sentido o Batty (2007) percebe que o início do séc. XXI é marcado por uma mudança radical nessa metáfora sendo esta substituída gradativamente pela percepção das cidades e sociedades como organismos mais semelhantes aos sistemas biológicos do que sistemas físicos.

Isso também é uma mudança de concepção das cidades como artefatos a serem projetados para a concepção destas como sistemas que evoluem, crescem e mudam de maneiras que podem ser guiadas e gerenciadas mas raramente projetadas de cima para baixo. Isso também revela uma mudança da ênfase na estrutura e forma para uma ênfase de comportamento e processo que espelha a marcha gradativa de um fisicalismo que dominou o planejamento urbano a uma geração atrás ou mais para uma preocupação séria sobre os processos sociais.(BATTY, 2007).

É importante salientar que para Batty (2007), assim como Laurini (2001), as cidades são artefatos palpáveis segundo a teoria dos sistemas. Porém aquele autor observa que enquanto nas décadas de 50 e 60 a concepção sistêmica de cidades considerava estas como sendo dotadas de subsistemas que se uniam por suas interações sociais, econômicas, de transporte e de rede sociais cujos processos poderiam ser controlados e gerenciados de modo a se alcançar um estado de equilíbrio, o pensamento sistêmico emergente passa a perceber a cidade não como um sistema passivo de equilíbrio mas “em turbulência na maioria do tempo enquanto a ideia de evolução a novas condições implicando diferentes estruturas e comportamentos”(BATTY, 2007).

O autor reforça portanto uma concepção de cidade no âmbito da teoria geral dos sistemas como um sistema dinâmico que não deve ser tratado como máquina mas como organismos vivos cuja forma e ordem emerge “de ações e decisões em que indivíduos e agentes respondem ao seu ambiente e entre si, competitivamente e de maneira colaborativa de baixo para cima” (BATTY, 2007).

Interessa aqui a definição do autor para cidade como sistema complexo. Tendo o sistema definido como um número de componentes e estados a combinação múltipla de situações possíveis no ambiente da cidade, por exemplo através do arranjo de blocos construídos no arranjo da forma da cidade, é numericamente enorme e isso é um dos desafios fundamentais no entendimento da cidade segundo a teoria da complexidade: entender, lidar e gerenciar esse tipo de explosão combinatória. Para o autor é possível projetar bons controladores que deem conta da estrutura desse sistema mas é pouco provável que o sistema possa existir em todas as combinações possíveis com igual probabilidade. Nesse sentido reforça a impossibilidade de prever a variabilidade de possibilidades do sistema se ele não partir de um sistema generativo que parte de baixo para cima.

Nesse sentido os aspectos dinâmicos dos sistemas complexos interessam tanto quanto seu tamanho e sua evolução emergente. A grande quantidade de variáveis e interações possíveis são muitos para serem manipulados pelos métodos tradicionais que tendem a simplificar os modelos. “Esses sistemas são imprevisíveis no sentido das ciências clássicas, mas apesar disso, esses sistemas são intrinsicamente temporais no sentido de que suas dinâmicas são o que os torna complexos” (BATTY, 2007).

O autor enumera então quatro características que, segundo Durlauf, permitem considerar um sistema de fato complexo: não-ergodicidade, transição de fase, emergência e universalidade. A não ergodicidade são sistemas que carecem de qualquer tipo de comportamento provável a longo prazo. As dinâmicas do sistema tendem a ocasionar turbulências sob a forma de mudanças qualitativas que definem as transições de fase. Estas podem ocorrer de maneira abrupta levando a mudanças estruturais e comportamentais. Essas duas primeiras características reforçam a ideia de emergência, em que ações e interações nos componentes do sistema em níveis mais baixos e na ausência de coordenação em níveis superiores. Trata-se também de uma forma de auto-organização que depende de uma co-evolução típica da competição e conflito entre entidades do sistema. Por fim a universalidade é uma característica que costuma estar presente na forma como o sistema se apresenta em diferentes escalas espaciais e temporais.

Da nossa perspectiva de cidades como sistema complexo, uma consideração chave já levantada é a noção que as cidades manifestam uma variedade que deve ser cumprida por um requisito controlador para a tarefa em mãos. Essa ‘variedade de requisitos’ implica que qualquer sistema de controle, que aqui frequentemente significa manter o sistema dentro de certas metas, pressupõe algum tipo de sistema que contenha a mesma variedade ou diversidade da própria cidade. Por tudo que foi dito, a noção de um controlador de cima para baixo é simplesmente impossível dado o grau de complexidade que as cidades modernas manifestam e portanto qualquer controle bem-sucedido provavelmente deve operar de baixo para cima. (BATTY, 2007).

Desse modo, ainda sob um viés crítico sobre as abordagens tradicionais de concepção de cidade desde o fim da idade média, passando pela revolução industrial até chegarmos numa crítica contemporânea “pós-moderna”, nos aproximamos aqui do discurso de Ascher (2010) em que se assume que as sociedades modernas têm como princípio fundamental a mudança, que parte de uma dinâmica de progresso e projeto, em detrimento de outras sociedades cuja tradição constitui seu princípio essencial. Desse modo considera mais correto falar em sociedades em “modernização” e não em sociedades “modernas”.

Para Ascher (2010) a modernidade saiu do século XX enfrentando várias críticas sobre o progresso e a estética funcionalista. Nesse contexto “há uns trinta anos, a crítica assumiu

uma nova forma, denominada pós-moderna”(ASCHER, 2010) em que a sociedade moderna busca se liberar de um racionalismo demasiado simplista. O autor percebe três características fundamentais do que chama de terceira modernidade:

1. Maior racionalização, individualismo e diferenciação, onde destaca os avanços importantes da teoria dos jogos, das ciências cognitivas e das teorias da complexidade, do acaso e do caos;
2. A emergência da sociedade do hipertexto, possibilitando novos tipos de relações sociais, sua multiplicação e a reestruturação das redes sociais;
3. A passagem a um capitalismo cognitivo, “baseada na produção, apropriação, venda e uso de conhecimentos, informações e procedimentos”(ASCHER, 2010) em que as Tecnologias da Informação e da Comunicação têm papel fundamental no enfrentamento de maiores incertezas e escolhas mais complexas.

Essa concepção de cidade que o autor chama de “neourbanismo”, em que mais conhecimento, mais experiências e mais democracia deve ser o caminho a ser trilhado em uma concepção de cidade contemporânea, traz consigo conceitos que devem servir como norte dessa pesquisa: o feedback, em que se busca regular o aprendizado e o desenvolvimento do modelo com base na troca permanente de experiências, a heurística, como método que serve para a descoberta e opera em avaliações sucessivas e hipóteses provisórias, e o desenvolvimento incremental de métodos e modelos em que novas variáveis são acrescentadas a cada giro de um programa cuja solução se aproxima sucessivamente por meio de ciclos iterativos.

O feedback é uma retroação que permite modificar aquilo que precede por aquilo que segue. É um dispositivo de regulação das causas pelos efeitos, que implica um conhecimento e uma avaliação permanentes dos efeitos das ações. É um fundamento das abordagens incrementais e procedimentais que revolucionaram muitos campos e particularmente as relações entre estratégia e tática, a gestão das empresas, o planejamento. É um elemento dos chamados métodos heurísticos, que procedem a avaliações sucessivas e hipóteses provisórias para permitir agir estrategicamente em contextos cada vez mais incertos. Cada ação se fundamenta sobre uma hipótese de resultado; a análise do resultado permite então refinar ou invalidar a referida hipótese. A qualidade e a velocidade do retorno da informação são decisivas e originam técnicas novas de monitoramento que superam as usuais planilhas gerenciais. O conhecimento não está mais separado da ação, mas está dentro dela.(ASCHER, 2010)

Desse modo Ascher (2010) percebe que o novo urbanismo derruba a antiga cronologia do planejamento e desenho urbano que encadeava o diagnóstico, a identificação das necessidades e a elaboração eventual dos cenários, a definição de programa, o projeto, a realização e a gestão. Para o autor essa linearidade é substituída por uma gestão heurística, iterativa,

propensa a melhorias incrementais e recorrentes que retroalimentam o projeto e permitem procedimentos cujas avaliações “integram o feedback e que se traduzem na redefinição dos elementos estratégicos” (ASCHER, 2010).

A ontologia Sistêmica de VIEIRA (2008), complementada pela conceituação de sistema apresentada por Batty (2007), Ascher (2012) e Laurini (2001), pode nos indicar uma aproximação relativamente precisa de como identificar o subsistema do espaço intra-urbano dos assentamentos populares urbanos dentro do sistema da metrópole brasileira, favorecendo ainda a identificação dos principais parâmetros que caracterizam os agregados, relações e propriedades inerentes àquele subsistema.

### **3.2 TIC – DSR, CIM e Ciência de Dados– para APU**

As Tecnologias da Informação e da Comunicação, da Modelagem da Informação da Cidade e das Ciências de Dados são de grande utilidade para a sistematização dessa complexidade pois permitem traçar a relação entre os diferentes indicadores, completar as lacunas existentes nos dados e otimizar a tradução deles em linguagem cognoscível aos diferentes atores.

A formulação de Modelos (Modelagem da Informação) e a complexidade estão intrinsecamente relacionadas. De fato, segundo Simon (1990), a modelagem é ferramenta primordial no estudo do comportamento de grandes sistemas complexos. Nesse sentido é necessário compreender que um modelo é sempre uma tentativa de representação da realidade, que busca se aproximar o máximo possível dela sem a ambição de representá-la integralmente. Essa representação faz uso da geometria, da matemática e da estatística para comunicar suas características. No caso específico dos assentamentos populares urbanos é preciso definir uma ontologia específica para a Modelagem da Informação dos problemas enfrentados naqueles aglomerados.

Para mapear a complexidade dessa estrutura intra-urbana utilizaremos a CIM de modo a consolidar o uso de ferramentas de projeto e suporte às decisões urbanas que permitam integrar, particularmente, as fases de formulação e avaliação de projetos e planos urbanos.

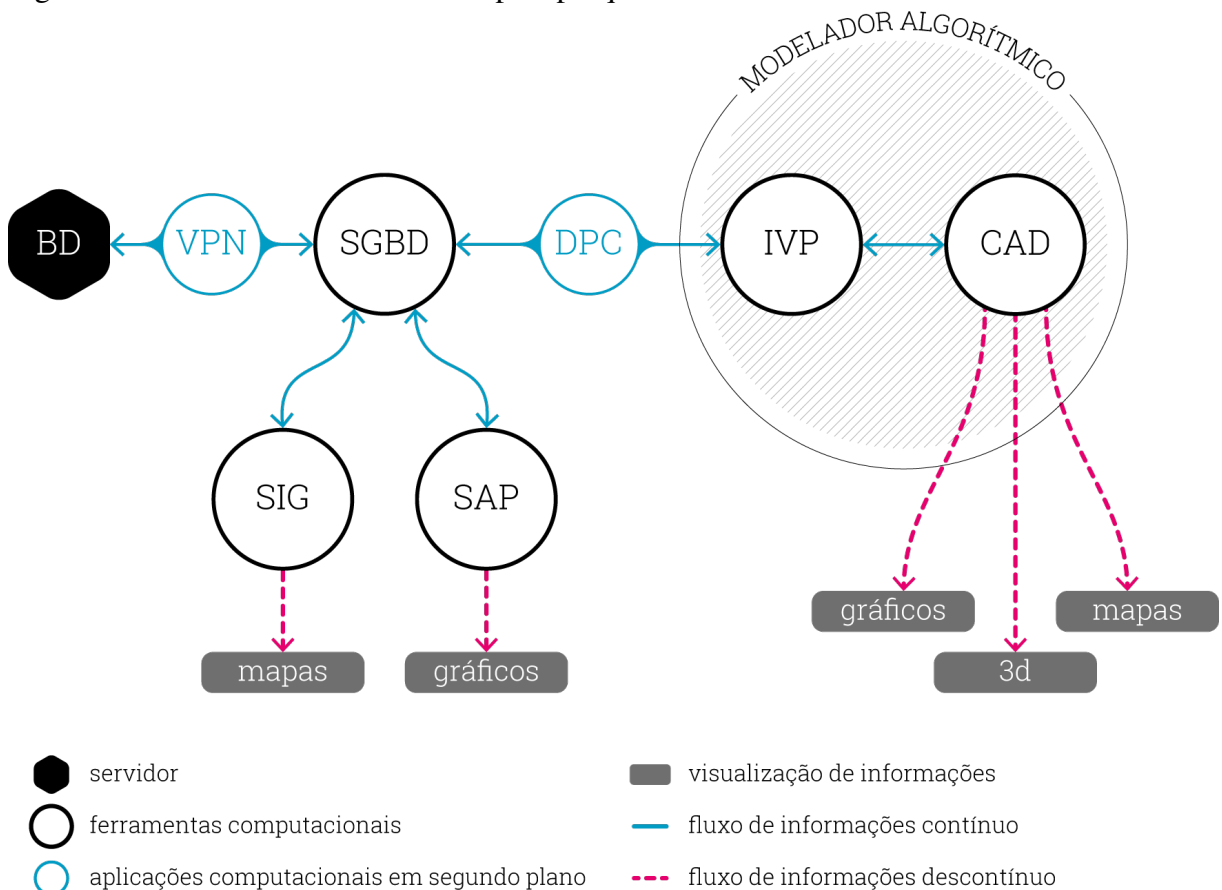
Beirao *et al.* (2012) adotam o termo CIM para descrever uma estrutura capaz de formular, gerar e avaliar planos urbanos. Segundo os autores trata-se de uma estrutura focada no processo de projeto cuja principal ideia é conectar “um modelo paramétrico de um setor urbano com os dados relacionados a este, provendo simultaneamente um ambiente de projeto e um ambiente analítico”. Esse sistema integrado de modelagem da informação é explorado ainda em

Moreira e Cardoso (2017) e Beirao e Duarte (2018).

Os autores tratam dos GIS como um dos componentes responsáveis por prover dados de entrada no Banco de Dados (BD) dessa estrutura CIM. Pereira e Silva (2001) observam que o SIG “se refere a um pacote de software que permite o tratamento automatizado de dados gráficos e não gráficos georreferenciados” cujo componente mais importante é a base de dados com o qual se relaciona.

Dentre os princípios elencados por Ascher (2010) sobre os quais o novo urbanismo deverá tomar para enfrentar os desafios emergentes das cidades em transformação dinâmica, assume-se aqui como fundamentais a necessidade de elaborar e manejar projetos urbanos em um contexto incerto, de integrar novos modelos de resultados, de reconhecer que as ações devem ser direcionadas para articular as demandas de uma sociedade fortemente diferenciada e, por fim, a necessidade de adaptação da democracia às transformações urbanas em andamento.

Figura 5 – Estrutura do CIM adotada pela pesquisa.



Fonte: Moreira e Cardoso (2017).

Enquanto defendemos que o CIM pode contribuir para o primeiro e segundo pontos (Elaborar e manejar projetos urbanos em um contexto incerto e Integrar novos modelos de

resultados) acreditamos que a DSR e os métodos ágeis poderão contribuir significativamente com os dois outros (articular as demandas de uma sociedade fortemente diferenciada e adaptação da democracia às transformações urbanas em andamento) já que estes últimos absorvem metodologicamente a dinâmica de desenvolvimento contínuo e interativo que aceita a melhoria incremental e o envolvimento ativo de múltiplos agentes.

Para entender a escala de complexidade com a qual pretendemos lidar no âmbito do sistema urbano desta pesquisa faz-se necessário antes um posicionamento claro sobre o papel do desenho, do projeto e do planejamento urbano nessa pesquisa. Com isso claro podemos avançar no sentido de definir quais domínios de projeto urbano poderão mostrar-se úteis na compreensão do funcionamento do sistema intra-urbano de assentamentos populares urbanos.

Souza (2010) traz uma importante contribuição na tentativa de localizar os termos planejamento urbano, desenho urbano e urbanismo. Segundo o autor o termo planejamento se aproxima bastante do conceito de gestão, porém, enquanto o primeiro trata da preparação para a gestão futura, o segundo seria a efetivação, pelo menos em parte, das condições que o planejamento ajudou a constituir. Enquanto o planejamento trata de um esforço limitado, ainda que necessário, de imaginação do futuro e de caráter mais tecnocrático, a gestão traz uma conotação de base mais democrática com base em acordos e consenso. Planejar se remete ao futuro, gerir se remete ao presente.

O autor reconhece que não é possível prescindir do planejamento, ainda que este necessite ser referenciado por prognósticos, de modo a evitar que se caminhe erratically na construção de uma vida social organizada. “Entretanto, o linearismo ou cartesianismo que se aninha na definição de previsão como uma antecipação da evolução de um fenômeno precisa ser evitado, por sugerir a possibilidade de prever confiavelmente o curso até mesmo de processos complexos, como o são, em geral, os processos sociais.”(SOUZA, 2010) Para ele, a dificuldade em se abordar o desafio da construção de prognósticos realistas ou a construção de cenários possíveis, reside na resistência à tentação racionalista de formalizar excessivamente a simulação de processos (com três ou cinco cenários que supostamente esgotariam as possibilidades em relação ao futuro) que são naturalmente complexos.

O desafio, então, é de planejar de modo não-racionalista e flexível, entendendo-se que a história é uma mistura complexa de determinação e indeterminação, de regras e de contingência, de níveis de condicionamento estrutural e de graus de liberdade para a ação individual, em que o esperável é, frequentemente, sabotado pelo inesperado – o que torna qualquer planejamento algo, ao mesmo tempo, necessário e arriscado. (SOUZA, 2010).

Nesse sentido o processo de autocriação social inclui os vínculos múltiplos e complexos entre as relações sociais e a espacialidade, cujo palimpsesto de agentes, interesses, significações e fatores estruturais têm a gestão pública como apenas um dos condicionantes do jogo e onde os processos espontâneos e planejados interagem o tempo todo.

Sendo assim o planejamento urbano congrega os mais diferentes profissionais, como arquitetos, cientistas sociais, geógrafos e especialistas em direito urbano. Nesse quadro planejamento urbano e urbanismo não são sinônimos, sendo, para o autor, o urbanismo como pertencente à tradição do saber arquitetônico no sentido de, por formação, este conter saberes técnicos bastante específicos e diferentes da ótica do cientista social por exemplo.

Enquanto o cientista social tenderá, ao lidar com o espaço urbano, a mobilizar o seu conhecimento a propósito das relações e dos processos sociais (dimensões econômica, política e cultural) e dos condicionantes espaciais para extrair proposições a respeito de caminhos válidos de mudança social, o arquiteto, legitimamente, poderá derramar luz sobre os aspectos funcionais e estéticos. De um modo geral, assuntos concernentes ao traçado e à forma de logradouros públicos e conjuntos espaciais intra-urbanos em geral (volumetria, relacionamentos funcional e estético de um objeto geográfico com o seu entorno etc.), bem como o mobiliário urbano, são principalmente da alçada dos arquitetos. (SOUZA, 2010).

Nesse caso trabalharemos aqui com o urbanismo (desenho urbano) como subconjunto do planejamento urbano. Tomaremos aqui a definição de Del Rio (1990) para desenho urbano como “campo disciplinar que trata a dimensão físico-ambiental da cidade, enquanto conjunto de sistemas físico-espaciais e sistemas de atividades que interagem com a população através de suas vivências, percepções e ações cotidianas” em que se trata da produção, apropriação e controle do meio ambiente construído necessariamente permeados pela dimensão temporal. Cabe salientar aqui que o autor acredita na hipótese defendida por Alexander da cidade como unidade orgânica comparável aos sistemas biológicos e nas dimensões de performance da qualidade do desenho urbano defendidas por Lynch de vitalidade, senso, congruência, acesso, controle, eficiência e justiça.

O autor trata da importância de integração entre o desenho urbano e o planejamento de modo a atingir qualidade físico-espacial e econômica nas cidades e defende um enfoque metodológico para atuação em desenho urbano que está enraizado na análise e na atuação sob ótica do usuário em que três dimensões cognitivas são imprescindíveis para a apropriação da cidade e seu “sentido de lugar”: as atividades ou usos inerentes a esta, qualificados pelo comportamento ambiental dos usuários no espaço; os atributos físicos da cidade, tratado segundo



o autor pela Morfologia Urbana; e as concepções e imagens inerentes a cidade, medidos segundo o autor pela análise visual e a percepção do meio ambiente.

Em termos de modelagem da informação da cidade que reconhece esta como sistema orgânico e dinâmico Batty (2008) reforça que ênfase não deve ser dada em capacidades preditivas, mas na construção de modelos que informem e que ampliem a compreensão focadas em questões chave. Mais do que predição, modelos que se pareçam com um “contar história”.

Basicamente a centralização deu lugar à descentralização com as tecnologias da computação e a rede sendo o símbolo mais potente dessa mudança. Em termos de modelagem, o foco mudou dos agregados para os agente, dos grupos e coletivos para os indivíduos, das grandes vizinhanças espaciais como os setores censitários, para células ou parcelas de solo, com a ascensão da busca por modelar tudo em mais detalhe. (BATTY, 2008).

Batty (2007) sugere que qualquer aproximação em termos de planejamento, projeto, controle e gerenciamento de cidade é difícil e potencialmente perigoso. Assumindo os sistemas sociais e de cidades como sistemas biológicos gerados através de processos de ajustes, por tentativa e mutação de erro que aumentam a aptidão de sobrevivência dos mesmos, as intervenções são potencialmente destrutivas a menos que se tenha um entendimento profundo de seus efeitos causais.

Um conceito que emerge naturalmente dessas ações intencionais de baixo para cima é a ideia de que, para explorar um bom planejamento e projeto nas cidades, os modelos computacionais devem ser montados em um contexto de laboratório, no qual o foco está na exploração de diferentes padrões para alcançar objetivos diferentes, laboratórios nos quais os modelos estão disponíveis no modo de área ampla, em toda a Web, de uma forma que muitas pessoas podem experimentar. (BATTY, 2007).

Trabalharemos aqui com o conceito de CIM que parte de uma “ontologia específica para descrever o domínio de conhecimento do planejamento urbano”(Moreira e Andrade, 2018) e se fundamenta principalmente nos trabalhos desenvolvidos pelo projeto “City induction” através dos trabalhos de Montenegro e Duarte (2009), Gil *et al.* (2011), Duarte *et al.* (2012), Beirao *et al.* (2012).

Por analogia com o conceito de Building Information Modelling (BIM), o projeto [City Induction] objetiva desenvolver os fundamentos de um CIM, i.e. city information modelling, como ferramenta para projetar e dar suporte às decisões de projeto urbano. Esse tipo de ferramenta também credita-se a prover uma boa plataforma para monitorar a implementação do projeto por suas características integradas de formulação, geração e avaliação assim como a capacidade de atualizar desenhos e informação, mas isso necessita, claramente, de pesquisa específica aplicada. [...] A ideia principal é tornar-se capaz de prover cálculos, movimento após movimento, enquanto se projeta, consolidando ideias de forma iterativa. (BEIRAO, 2012).

Com o intuito de implementar um modelo integrado para formulação, geração e avaliação de planos e desenhos urbanos, Duarte *et al.* (2012) desenvolveram uma ontologia de ambiente urbano adequado ao planejamento e que foi utilizado para codificar a informação urbana em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). No projeto “City Induction” foi desenvolvida uma plataforma computacional para lidar com as metodologias de desenho urbano.

Considera-se aqui importante um retorno aos fundamentos ontológicos desenvolvidos por aquele grupo para a formulação da definição de um conjunto de especificações de um domínio, formado de objetos (taxonomia), organizados em classes e subclasses, e que apresentam atributos e relações (topologia) inerentes a estes, no caso do ambiente urbano (BEIRAO; DUARTE, 2018) de modo a permitir uma decisão clara sobre quais desses agregados serão importantes, nessa pesquisa, para a descrição de assentamentos populares urbanos. Segundo Beirao e Duarte (2018) os objetos são entidades singularmente identificáveis que podem ser instanciadas ou manipuladas como tal. Toma-se aqui a estrutura de forma etiquetada definida por Stiny (1980) em que, numa estrutura de representação, os objetos são dotados de uma componente geométrica (uma forma “S”) e um componente simbólico (um rótulo “L”) que atribui significado semântico àquela forma. As classes são tipos de objetos organizados em termos de uma estrutura de dependência baseada na tipologia do objeto. Objetos que compartilham características são organizados em classes comuns. Nesse sentido “uma classe C é representada por um vocabulário de formas S e rótulos L. Formalmente, onde i é um índice de identificação da classe” (BEIRAO; DUARTE, 2018).

$$C_i = [S_i, L_i]$$

Segundo os autores, atributos são características, propriedades e parâmetros de objetos em uma classe. Tais atributos correspondem a propriedades que devem ser comuns aos objetos em uma classe, como suas coordenadas, e não devem ser confundidos com seus rótulos que identificam especificamente uma classe particular na ontologia. Por fim as relações expressam a estrutura de dependência entre objetos e, conseqüentemente, também entre classes.

Essa ontologia define e organiza as relações significativas entre os vários tipos de objetos e características encontradas no ambiente urbano. Os autores partem, inspirados em Lynch, da definição de cinco classes ou sub-ontologias principais, cada uma correspondendo a um domínio específico da estrutura da cidade: redes, blocos, zonas, paisagens e pontos focais. Cada uma dessas classes contém sistemas cujas unidades semânticas descrevem os sub-domínios

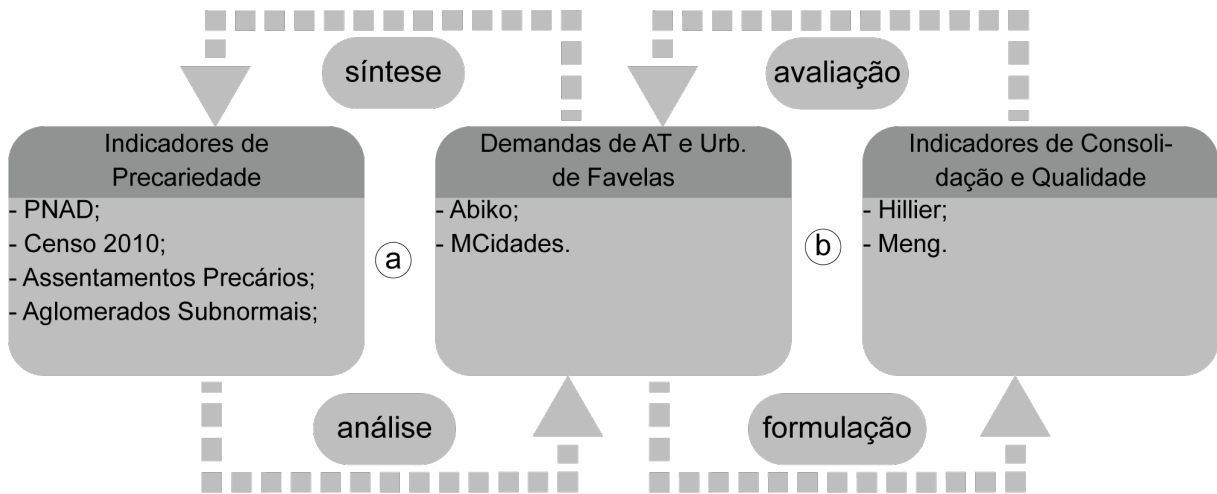
conhecidos da ontologia.

Beirao (2012) salienta que o desenvolvimento de um ambiente de projeto para a modelagem da informação da cidade deve apontar para a criação de um ambiente de projeto urbano amigável com o usuário e que abranja os seguintes objetivos: compreenda o processo de projeto urbano e a forma de pensar dos projetistas ; ser compatível com os sistemas de informação geográfica (GIS); recuperar informação do GIS e armazenar projetos e informações dirigidas ao projeto em GIS e prover o máximo possível de informação, visual, qualitativa ou quantitativa, de modo a dar suporte às decisões de projeto.

No ambiente de projeto urbano essa ontologia permite a descrição clara dos inputs e outputs de dados envolvidos no processo de formulação, geração e avaliação de projetos urbanos que contribuem no desenvolvimento de um sistema integrado de modelagem da informação da cidade. Duarte *et al.* (2012) definem o desenvolvimento desse modelo segundo os três submodelos mencionados: o submodelo de formulação, baseado na linguagem de padrões de Alexander *et al.* (2013) e que “parte de guias existentes para o desenho urbano e bancos de dados geo-espaciais para criar um sistema capaz de gerar as especificações ou os ingredientes de um plano dado um território e uma comunidade”(DUARTE *et al.*, 2012); o submodelo de geração, baseado na gramática da forma de Stiny (1980) cujo objetivo era criar um sistema para gerar alternativas de solução para projeto a partir de uma linguagem de desenho urbano genérica, a ser progressivamente restringida e manipulada durante o processo de projeto; e finalmente o submodelo de avaliação, baseado na teoria da sintaxe espacial de Hillier e Hanson (1984) e direcionado a um sistema de avaliação do desenho urbano com foco na configuração topológica e geométrica das soluções e considerando aspectos sociais, ambientais e de infra-estrutura, incluso ainda análise de rede de relações, mineração de dados e reconhecimento de padrões.

Beirao et al. (2012) apresentam um modelo urbano paramétrico que inclui dados de suporte ao projeto, integrando um fluxo de trabalho que conecta os sistemas de informação geográfica (GIS) a uma plataforma de desenho assistido por computador (CAD), ligados a um banco de dados (BD) e que permitem uma interface dinâmica de análise, síntese e avaliação do processo de projeto. Segundo os autores o processo de projeto urbano não é linear e evolui a partir da configuração de um problema e da evolução de tentativas de solução que fluem num processo de análise, síntese e avaliação (LAWSON, 2005) e de modo incremental, atingindo níveis progressivos de síntese num processo evolutivo e reflexivo (SCHÖN, 1983). Nesse sentido a análise corresponde a uma reflexão de um estado do projeto, a síntese corresponde a transfor-

Figura 6 – Fluxo de formulação e avaliação dos indicadores de precariedade urbana.



a. Dados Agregados - Base territorial do IBGE entre Unidades da Federação, áreas de ponderação e setores censitários do IBGE;

b. Dados desagregados - Bases territoriais da Morfologia Urbana.

Fonte: Elaborado pelo autor.

mações no projeto e a avaliação correspondem a uma reflexão crítica sobre as consequências de um estado do projeto. Nesse sentido os autores defendem a implementação de ferramentas e métodos CIM que possibilitem reestabelecer o papel integrado da análise e da síntese no processo de projeto urbano.

Argumenta-se que a decisão de projeto deve ser muito melhor informada pelo estabelecimento dessa prática e que, mesmo para a discussão pública, uma ligação mais estreita entre as soluções formais e os indicadores utilizados para sua avaliação irão prover um lastro muito mais sólido para discussão do que os métodos atuais (BEIRAO *et al.*, 2012).

O mesmo projeto (“City Induction”) lidou com o desenvolvimento de uma ontologia do processo de projeto, como descrito no trabalho de Gil *et al.* (2011), que consistia em lidar com informações de suporte ao projeto produzidas nas fases de formulação e avaliação e que deveriam prover o sistema com restrições de projeto, regulações, metas de performance e resultados de avaliação, dentre outros.

Em Duarte *et al.* (2012) os autores descrevem uma ontologia do processo de projeto urbano considerando suas várias fases de desenvolvimento, os tipos de dados manipulados e os múltiplos agentes envolvidos no processo. Nesse sentido consideram três estágios principais: pré-design, design e pós-design. Os autores salientam que “Isso significa que o modelo de formulação é extremamente dependente do tipo de paradigma sobre o qual ele é construído, o que impõe um risco. Se o paradigma falha então o programa falha” (DUARTE *et al.*, 2012).

Os autores responsáveis pelo “City Induction” desenvolveram uma ontologia para descrever o espaço urbano e o projeto de modo a garantir a interoperabilidade semântica e sintática do sistema e sua integração ao longo dos modelos parciais. O presente trabalho pretende adotar a ontologia de Modelagem da Informação da Cidade (CIM) no âmbito do desenho urbano e desenvolvê-la especificamente sob a ótica dos assentamentos populares urbanos. Os subsistemas adotados por Beirao e Duarte (2018) para a definição de um domínio do projeto urbano serão investigados de modo a permitir a formulação do problema específico do desenvolvimento de um Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade (SIMIC) voltado para assentamentos populares urbanos e, conseqüentemente, visando permitir as análises de redes e as análises morfológicas.

Preliminarmente utilizaremos também as definições do grupo para a caracterização do processo de projeto urbano primeiramente descrito em Gil e Duarte (2008) e (Montenegro e Duarte, 2008) e posteriormente desenvolvido em Gil et al. (2011); Duarte et al. (2012) e Beirao e Duarte (2018). Vale salientar, conforme acabamos de ver em Duarte et al. (2012), que o fundamento do processo de projeto está lastreado sobre o paradigma teórico que o suporta. O desenvolvimento das heurísticas do sistema proposto na presente pesquisa pretende também, paralelamente, desenvolver uma ontologia de suporte ao processo de projeto que reconheça as demandas emergentes, dinâmicas e que vem de baixo para cima, apresentadas por Batty (2007) e que devem lidar especificamente com o problema do desenvolvimento de projetos urbanos em articulação com múltiplos agentes no caso dos assentamentos populares urbanos.

Para a definição do problema específico que será tratado na modelagem da informação proposta por essa pesquisa é importante antes ter-se clareza sobre os conceitos de variáveis, constantes e parâmetros.

Segundo Lee (1973) uma variável é um símbolo que pode assumir mais de um valor. Por outro lado, uma constante é um símbolo ou número que tem apenas um valor e se relaciona com o problema particular onde é utilizada. Já um parâmetro é um símbolo ou um número cujo valor pode variar entre problemas, mas é constante dentro de um problema.

Para desenvolver um ambiente de projeto CIM (Framework ou design environment) buscaremos aqui abranger os seguintes aspectos sugeridos por Beirao (2012): Definir uma ontologia compatível com os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) capaz e modelar os conceitos envolvidos no processo de projeto urbano e na estrutura descritiva do ambiente urbano; prover informação que possa ser capturada do modelo (geométrico e de dados), como

indicadores de densidade (BERGHAUSER *PONT* ;*HAUPT* , 2009), conectividade (HILLIER, 2007), consolidação da vizinhança (HILLIER *et al.*, 2000) e qualidade habitacional (MENG; HALL, 2006) que possam servir de input de informação como suporte às decisões de projeto; prover acesso rápido à informação, facilitando a interface de projeto e de consultas às informações, com precisão nos modelos geométricos, informação processada graficamente (visualização estatística através de diferentes gráficos) e cálculos precisos de todos os indicadores úteis a partir de uma base de dados acessível.

Conforme apresentado na introdução do trabalho, optou-se por desenvolver esta pesquisa segundo o método da Design Science Research. Por se tratar de uma pesquisa direcionada à instanciação de um artefato, baseado no desenvolvimento de heurísticas que farão uso da iteratividade e feedback como processos necessários ao longo do desenvolvimento do sistema, acreditamos que o método permitirá lidar com a complexidade e a grande quantidade de atributos relacionados à cidade, seu desenho e planejamento, assim como permitirá o incremento de melhorias gradualmente ao longo do desenvolvimento do sistema, durante a formulação, geração e avaliação do modelo em construção.

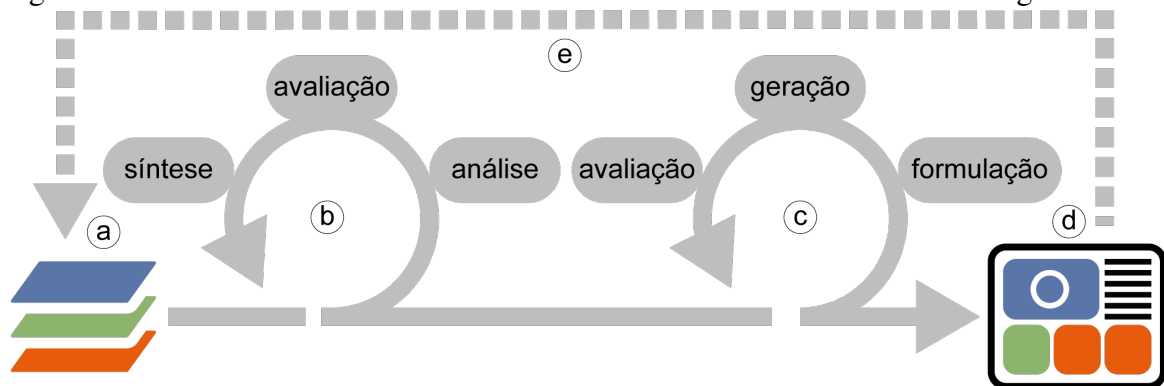
Conforme observam Batty (2007) e Vieira (2008) a ciência enfrenta uma clara mudança de paradigmas ao encarar a complexidade e o pensamento sistêmico como fundamentos epistemológicos e metodológicos. Os dois autores reforçam que “o todo é sempre maior que a reunião das partes” o que direciona o rumo das pesquisas em projeto e planejamento urbanos sob uma ótica amplamente inovadora e, conseqüentemente, complexa. Ascher (2010) e Batty (2007; 2008) sinalizam essas mudanças sob vários aspectos:

1. A necessidade de se considerar a estrutura urbana de modo mais detalhado e desagregado, aonde os modelos de sistema consideram indivíduos e não coletivos populacionais;
2. A importância de se assumir um foco dinâmico de cidade, em vez de estático;
3. Mover-se na direção de uma explicação pormenorizada das localizações urbanas e de comportamentos ligado ao campo da teoria da complexidade sob a ótica de baixo para cima;
4. Modelar a informação de modo a considerar as incertezas, focando menos em previsões e mais em compreender e informar, onde a modelagem aparece mais como uma história contada sobre as várias possibilidades futuras do que em previsões;

5. Considerar o uso de hipóteses provisórias (heurísticas) e o feedback no desenvolvimento de modelos incrementais e iterativos.

Como a DSR trata de um método que traz uma nova abordagem para a ciência, sob a ótica das Design Sciences, optou-se por fazer um resgate anterior sobre o âmbito da ciência normal a partir de Kuhn (1998), onde o autor percebe a demanda por um entendimento de ciência segundo uma visão paradigmática desta. É no núcleo desta ciência normal que se percebe a existência de anomalias e de onde emanam os pressupostos de uma crise do paradigma corrente que levam a uma mudança de abordagem científica.

Figura 7 – Melhoria incremental do sistema com base na DSR e nos métodos ágeis.



- a. backlog do sprint - tarefas a serem instanciadas com base na ontologia  
 b. diagnóstico para formulação do problema  
 c. instancição do artefato  
 d. artefato gerado - pode ser um pacote de algoritmos pronto, desenhos e/ou gráficos instanciados  
 e. feedback para melhoria iterativa e incremental do artefato

Fonte: Elaborado pelo autor.

O autor salienta a necessidade de se estudar a forma como anomalias ou violações de expectativas dos resultados das pesquisas científicas que atraem atenção e como o fracasso recorrente na tentativa de ajustes pode levar à emergência de uma crise. Reforça também que “as condições externas (como o avanço tecnológico ou das condições sociais, econômicas e intelectuais) podem ajudar a transformar uma simples anomalia numa fonte de crise aguda”(KUHN, 1998) e que considerar esses fatores adiciona uma dimensão analítica fundamental no entendimento do avanço científico. O autor não se detém à análise dessas condições externas mas Dresch *et al.* (2015) observam que essas são cruciais no desenvolvimento das “Design Sciences”, conforme a descreveremos mais a diante.

Em sua explanação Kuhn (1998) busca discorrer sobre os pressupostos do que chama “ciência normal” como aquela que frequentemente se baseia em manuais. Estas servem como fonte que define implicitamente “os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa

para gerações posteriores de praticantes da ciência”(KUHN, 1998). O autor relaciona os termos “paradigmas” e “ciência normal” para sugerir exemplos da prática científica onde se desenvolvem modelos de onde brotam as tradições da pesquisa científica, o que inclui simultaneamente leis, teorias, aplicação e instrumentação.

Nesse ponto o autor salienta o papel da tecnologia no surgimento de novas ciências mas alerta que “o coletor de dados casual raramente possui o tempo ou os instrumentos para ser crítico”(KUHN, 1998). Nesse sentido o autor observa que não se concebe uma ciência natural sem um corpo implícito de crenças metodológicas e teóricas interligadas e que permitam uma adequada seleção, avaliação e crítica dos fatos. Segundo ele, para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada.

O autor busca definir as categorias de classes de problemas associados à existência de fatos que devem ser observados e/ou experimentados. Essa clareza na definição dos problemas será fundamental para a definição do problema e método da pesquisa escolhido para o desenvolvimento da presente pesquisa. Conforme veremos adiante em (DRESCH *et al.*, 2015), no âmbito das design sciences, é fundamental um alinhamento claro de objetivos, métodos e técnicas de coleta e análise de dados de modo a garantir a o rigor e a relevância das pesquisas desenvolvidas nesse âmbito.

No caso da Modelagem da Informação da Cidade a ser desenvolvida nessa pesquisa, essencialmente voltada para assentamentos populares urbanos, a investigação do problema será dada numa ponta pela exploração do Processamento Digital de Imagens (PDI), de modo a permitir uma maior precisão na verificação das condições atuais do bairro em estudo, e na outra pelo uso das ferramentas paramétricas como articulador da formulação e geração do CIM, permitindo ainda a avaliação dos indicadores selecionados para gráficas e quantitativas.

Enquanto a DSR trata de uma mudança de paradigma em termos de método científico, a ideia de considerar uma teoria de cidade baseada em complexidade e dinamicidade própria dos sistemas biológicos (e não mecanicistas) é também uma mudança de paradigma sob a ótica dos pressupostos teóricos e epistemológicos. Temos aqui, portanto duas mudanças de ordem paradigmática: uma de âmbito teórico/epistemológico e outra de âmbito metodológico. Ambas se alinham para solidificar uma estrutura equilibrada para a condução de pesquisa científica fundamentada nas Design Sciences. Segundo Dresch et al. (2015) “A falta de alinhamento entre esses elementos pode comprometer e, principalmente, enviesar os resultados da pesquisa.”.



Considera-se, portanto, importante delinear os conceitos fundamentais da DSR para garantir esse alinhamento da pesquisa em desenvolvimento. Dresch et al. (2015) buscam fazer um panorama geral sobre a ciência do projeto (Design Science) enquanto “ciência que se dedique a propor formas de criar (construir e avaliar) artefatos que tenham certas propriedades” (SIMON, 1996 apud. DRESCH et al., 2015) partindo de uma contextualização inicial acerca das lacunas percebidas no pensamento científico tradicional (tido aqui como as ciências sociais e naturais) e denominado por (KUHN, 1998) como ciência normal.

Os autores percebem que a estrutura dos métodos científicos e de pesquisa podem ser orientadas a partir da Design Science através de um “método que fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa quando o objetivo a ser alcançado é um artefato ou prescrição.”(Dresch et al., 2015). Os autores chamam esse método de pesquisa orientado à solução de problemas de Design Science Research. Nesse sentido, caracterizam as Design Sciences como sendo um tipo de conhecimento construído a serviço da ação, que não busca uma solução ótima (ideal) mas uma solução satisfatória ou a mais provável e, preferencialmente simples, segundo o método abdução:

tem como finalidade conceber um conhecimento sobre como projetar, e não apenas aplicá-lo [ao artefato]. Ou seja, a design science é a ciência que se ocupa do projeto. (...) procura desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou, ainda, criar novos artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana, seja na sociedade, seja nas organizações. (DRESCH *et al.*, 2015).

Aparecem aqui com mais clareza alguns conceitos fundamentais para o andamento dessa pesquisa. Para os autores os artefatos são objetos construídos pelo homem e que podem ser caracterizados em termos de objetivos e funcionalidades para as quais foram constituídos. Normalmente tratam da organização de componentes de um ambiente interno constituído de modo a atender os requisitos de um ambiente externo.

Os autores também definem as classes de problemas como aspectos da ciência que permitem a generalização de prescrições para estudos que se identifiquem com outras categorias de problemas similares, reconhecíveis a partir da realização de uma revisão sistemática da literatura e que possibilitam identificar artefatos capazes de enfrentar problemas semelhantes.

Os autores salientam que as classes de problemas têm artefatos associados a esta. “Essa amplitude permite avaliar o alcance do artefato conduzido e o conjunto de outros artefatos a serem comparados”(DRESCH *et al.*, 2015). Nesse sentido a solução em questão aplica-se

não só a um problema específico mas a uma ampla classe de problemas, portanto os autores consideram:

Fundamental é definir as fronteiras que delimitam os problemas a serem resolvidos (considerando o ambiente onde ocorrem), os artefatos existentes para a solução desses problemas e as soluções que estes artefatos apresentam. Esse recorte é central para a avaliação do alcance do artefato, do conhecimento gerado e, por consequência, da generalização pretendida. (DRESCH *et al.*, 2015).

Segundo os autores as classes de problemas tratam da “organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações” (DRESCH *et al.*, 2015). Contido na classe de problemas, o artefato “pode ser considerado como um ponto de encontro, uma interface entre um ambiente interno (a substância e a organização do próprio artefato) e um ambiente externo, ou seja, as condições em que o artefato funciona” (DRESCH *et al.*, 2015). Consequentemente, para a classificação dos artefatos os autores escolhem cinco tipos fundamentais: constructo, modelo, método, instanciação e design propositions (fundamentos ou teorias do design). Os autores entendem como constructos os elementos conceituais, entendidos como vocabulário de um domínio e que são usados para descrevê-lo em termos de problemas e potenciais soluções. Para eles os modelos tratam de um conjunto de declarações que expressam as relações entre os constructos enquanto representação da realidade e que apresentam as variáveis de um sistema e suas próprias relações.

Para os autores os métodos tratam do conjunto de passos necessários para execução de uma determinada tarefa e podem ser representados por heurísticas e algoritmos específicos. As instanciações tratam da execução dos artefatos em seu ambiente, virtual ou real, e operacionalizam outros artefatos (constructos, modelos e métodos) procurando demonstrar sua viabilidade e eficácia. Por fim as design propositions, entendidas aqui como contribuições teóricas, permitem a consolidação do paradigma da ciência em desenvolvimento.

Nesta pesquisa assumimos, portanto, a seguinte estrutura que tem como norte a instanciação do Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade que sirva de suporte ao desenho e planejamento de assentamentos populares urbanos:

1. Constructos: Urban Domains / Design Domains / Urban Design Domains
2. Modelos: Agregados / relações / Propriedades / TGS / Complexidade
3. Métodos: Heurísticas / algoritmos (segundo a DSR e operacionalizado pelos métodos ágeis)

4. Instanciações: Sistema Integrado de Modelagem da Informação da Cidade (SI-MIC) que sintoniza os constructos, modelos e métodos anteriores.

Em nosso entendimento, e reforçamos aqui o já apresentado em Duarte et al. (2012), para quem o fundamento design está lastreado sobre o paradigma teórico que o suporta, que a pesquisa se baseará nos pressupostos teóricos da morfologia urbana, da sintaxe espacial e do spacematrix para sustentar o entendimento artefato a ser instanciado. Utilizaremos também como referência a sugestão elaboradas por Dresch et al. (2015) para organização das camadas do processo de desenvolvimento do artefato a ser instanciado, como:

1. Espaço do Design;
  - Onde se identificam requisitos e possíveis soluções para o problema (possíveis artefatos a serem desenvolvidos e os requisitos para seu bom funcionamento). Consultar o que existe a respeito da classe de problemas de um artefato assegura maior assertividade ao se propor artefatos para solucionar a situação-problema.
2. Camadas do artefato em construção (desenvolvimento do artefato propriamente dito);
  - Viabilidade de implementação do artefato segundo seus requisitos;
  - Utilidade demonstrada pelos benefícios aos usuários e razão pela escolha deste artefato específico;
  - Representação do artefato que “pode ser gráfica ou por meio de um algoritmo, dentre outras maneiras (Como infográficos, diagramas e fluxogramas), tem o objetivo de determinar qual é o formato mais adequado para comunicar os conceitos do artefato para os usuários.” (DRESCH *et al.*, 2015).
  - Construção do artefato, que pode servir como guia para implementação deste artefato no contexto real.
3. Uso do artefato:
  - Instanciação piloto do artefato;
  - Liberação do artefato para instanciação

### 3.3 Métodos Ágeis para o desenvolvimento de um SIMIC

Vimos anteriormente que o foco das Design Sciences está em desenvolver artefatos, que podem ser constructos, modelos, métodos ou instanciações através de heurísticas que se

utilizam do feedback para serem aprimoradas procurando solucionar problemas de ordem teórico-práticos que possam ser utilizados para uma gama mais abrangente de classes de problemas. Vimos anteriormente também que o processo de projeto se abastece continuamente do aprendizado enquanto analisa, sintetiza e avalia o espectro de soluções possíveis a um determinado problema (LAWSON, 2011). É o processo de desenvolvimento cognitivo inerente à geração dos cenários de soluções que surge no processo dinâmico entre designer e o artefato desenvolvido por este, reconhecido por Schön (2008) como a dinâmica do aprender fazendo e, enfatizado ainda por Sennett (2008), como a busca contínua de relacionar teoria e prática no aprendizado gestual do fazer.

Como vimos a DSR pede por um alinhamento claro entre objetivos, métodos e técnicas de modo a garantir o rigor e a relevância das pesquisas realizadas no seu âmbito. Essa demanda exige também uma escolha clara do método de trabalho associado à instanciação (no caso dessa pesquisa) do artefato. Escolhe-se, desse modo, sistematizar o processo de trabalho através da adoção de um método ágil (Scrum) pois acredita-se que este pode facilitar o processo de desenvolvimento incremental do sistema, quebrando a caixa preta do processo de desenvolvimento do mesmo.

Segundo Schwaber e Sutherland (2017) o Scrum é um framework flexível em termos do emprego de processos e técnicas, desde que deixe claro sua eficácia relativa de modo que os produtos, técnicas e mesmo o ambiente de trabalho possam sistematizar sua melhoria contínua. Inicialmente desenvolvido para gerenciar e desenvolver produtos, tem sido amplamente utilizado no âmbito do desenvolvimento de sistemas dotados de alta tecnologia, serviços profissionais, educação, e também no gerenciamento da construção civil e de ações governamentais (Serrador e Pinto, 2015).

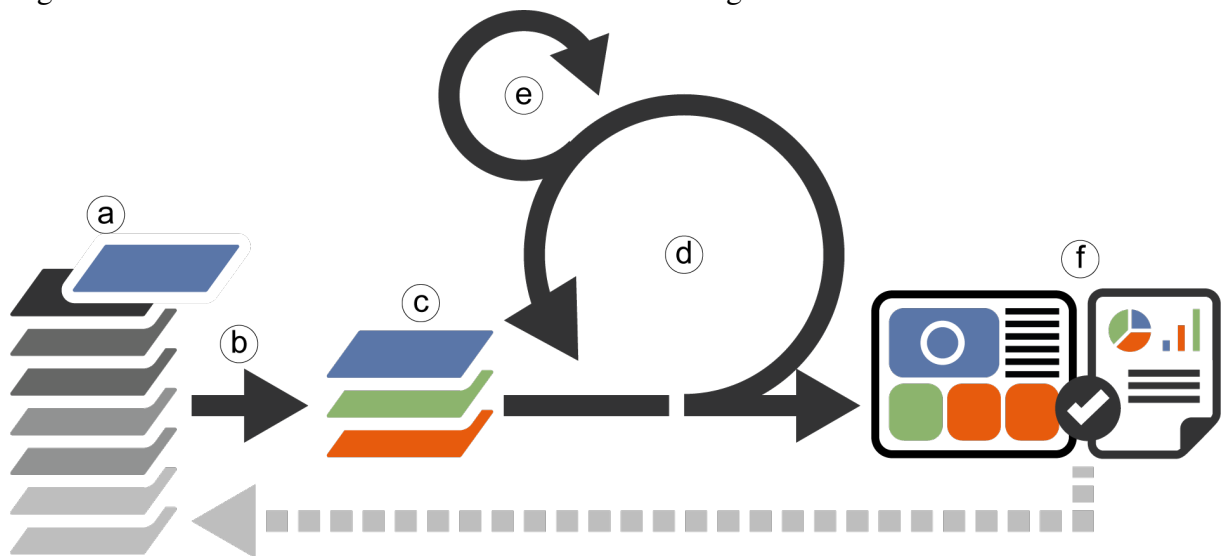
Segundo Schwaber e Sutherland (2017) o Scrum demonstra particular efetividade na transferência de conhecimento iterativo e incremental, particularmente nos casos em que lida com pequenas equipes de pessoas, cujos indivíduos assumem a capacidade de serem flexíveis. Para os autores, trata-se de um “framework dentro do qual pessoas podem tratar e resolver problemas complexos e adaptativos, enquanto que produtiva e criativamente entregam produtos com o mais alto valor possível”(SCHWABER; SUTHERLAND, 2017).

Destaca-se aqui que o Scrum se apoia em três componentes fundamentais ao longo do desenvolvimento de seus artefatos: transparência, inspeção e adaptação. A transparência significa que os aspectos fundamentais dos processos devem estar sempre claros para os agentes

responsáveis pelo seu desenvolvimento, particularmente na definição comum do que significa uma etapa concluída do trabalho (as entregas incrementais). A inspeção cuida para que o incremento do artefato criado, normalmente organizado sob a forma de pacotes menores de trabalho (Sprint), não se desvie do objetivo a ser alcançado pelo artefato. Finalmente a adaptação identifica os limites aceitáveis dentro do qual o resultado deverá ser entregue. Nesse sentido, o Sprint pode ser considerado um projeto menor que conduz o trabalho e o incremento do artefato enquanto este é constituído, favorecendo a interlocução entre membros da equipe de desenvolvimento e também os agentes que serão beneficiados com o artefato constituído.

Além disso os conceitos do Scrum deverão ser úteis ao desenvolvimento do sistema integrado de modelagem da informação da cidade a ser instanciado nesta pesquisa. São eles: backlog do artefato, backlog do sprint, sprint, scrum diário e incremento implementado. A figura seguinte demonstra o diagrama de como esses processos agem de modo a atingir o objetivo do artefato a ser desenvolvido.

Figura 8 – Melhoria contínua do sistema nos métodos ágeis.



- a. backlog do sistema
- b. planejamento do sprint
- c. backlog do sprint
- d. sprint
- e. scrum diário
- f. incremento do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Schwaber e Sutherland (2017).

O backlog do artefato trata da sistematização de todos os requisitos do artefato e está em contínuo desenvolvimento, evoluindo ao longo da sua instanciação, e descrevendo todo o trabalho previsto para que o artefato seja concluído. Enquanto o artefato em si pode demorar

de várias semanas a meses para ser concluído, o sprint organiza séries de requisitos e trabalhos necessários para a produção de um entregável dentro de um prazo menor, normalmente de 3 a 4 semanas. Esse sprint mensal é alimentado pelo backlog do sprint, bem como seu planejamento específico, de modo a tornar claro quais serão as tarefas específicas daquele ciclo e quais serão seus respectivos entregáveis.

Reuniões diárias são realizadas com diferentes membros da equipe de desenvolvimento, bem como outros agentes beneficiados pelo desenvolvimento do sistema, através de scrums diários, de modo a manter o foco da sprint e registrar a troca de experiências e aprendizado ao longo do desenvolvimento. Cada sprint é finalizada com a entrega de um incremento implementado ao sistema que pode ser tido como finalizado, mas pode retroalimentar o backlog do artefato de modo a promover a melhoria contínua dos requisitos do sistema.

Algumas aplicações dos métodos ágeis tem sido feitas no campo da arquitetura, particularmente na sistematização do desenvolvimento de tecnologia BIM, otimizando o aprendizado e a evolução de equipes, como é o caso de Gless *et al.* (2018) e na melhoria incremental de diferentes níveis de desenvolvimento associados ao BIM (KUMAR; MCARTHUR, 2015). Já vimos em Moreira e Andrade (2018) que existem especificidades da ontologia IFC/CityGML que não se aplicam diretamente a uma ontologia CIM (BEIRAO *et al.*, 2012). Desse modo faz-se a opção de incorporar uma ontologia mais precisa para uso específico na instanciação do Sistema CIM, aplicando então o desenvolvimento do processo scrum com base nessa ontologia. Acredita-se no potencial do método ágil na instanciação de sistemas voltados à modelagem da Informação da cidade, desde que as especificidades do processo de desenho urbano e da ontologia específica do ambiente urbano sirvam como norte orientador do backlog do artefato.

### **3.4 Modelagem e Representação intraurbana de APU**

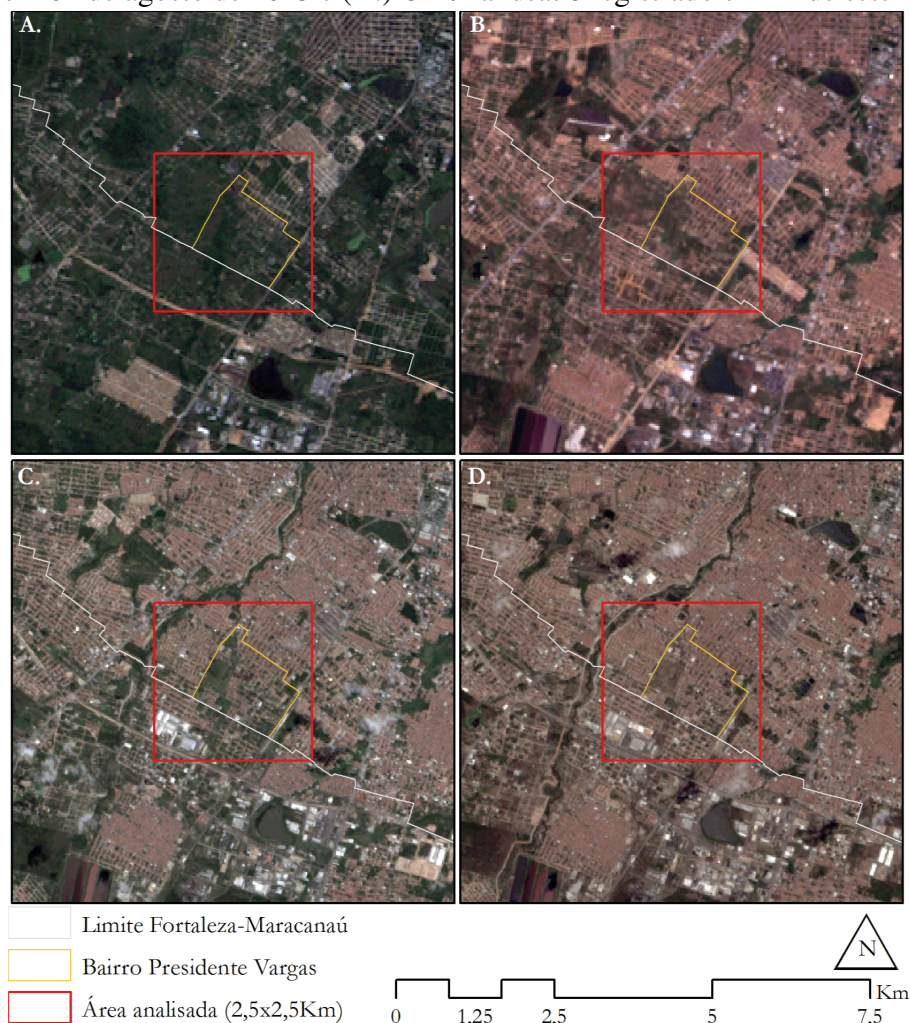
Diante das lacunas perceptíveis quando se trata de sistematização dos dados de APU, é necessário sistematizar um método de modelagem e representação dessas informações de modo a tornar palatável a integração desses dados, o preenchimento de lacunas existentes, sua comunicação e aprimoramento entre diferentes atores sociais envolvidos no processo de desenho e planejamento urbanos, particularmente na escala das demandas locais.

Diante das limitações na qualidade e quantidade de dados disponíveis sobre os assentamentos populares urbanos, particularmente no caso da cidade de Fortaleza, buscou-se incrementar os dados georreferenciados para a área em estudo através da implementação de

imagens matriciais conseguidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Esses dados matriciais, oriundos de levantamentos orbitais feitos por meio de sensoriamento remoto, foram utilizados como input necessários à verificação das porções de territórios que se pretendeu analisar. Essa fonte de dados nos permitiu ter acesso a períodos não registrados pelos dados disponibilizados pela prefeitura local mas, por se tratarem de imagens matriciais, fez-se necessário introduzir a etapa de Processamento Digital de Imagens (PDI) no tratamento das imagens de modo a facilitar sua leitura (Fig. 3, 4 e 5).

Figura 9 – Composição das bandas espectrais de imagens em cor natural pelos sensores/satélites utilizados no estudo: (A.) TM/Landsat 5 registrado em 20 de julho de 1985; (B.) ETM+/Landsat 7 registrado em 28 de agosto de 2002; (C.) OLI/Landsat 8 registrado em 02 de agosto de 2013 e (D.) OLI/Landsat 8 registrado em 14 de setembro de 2017.

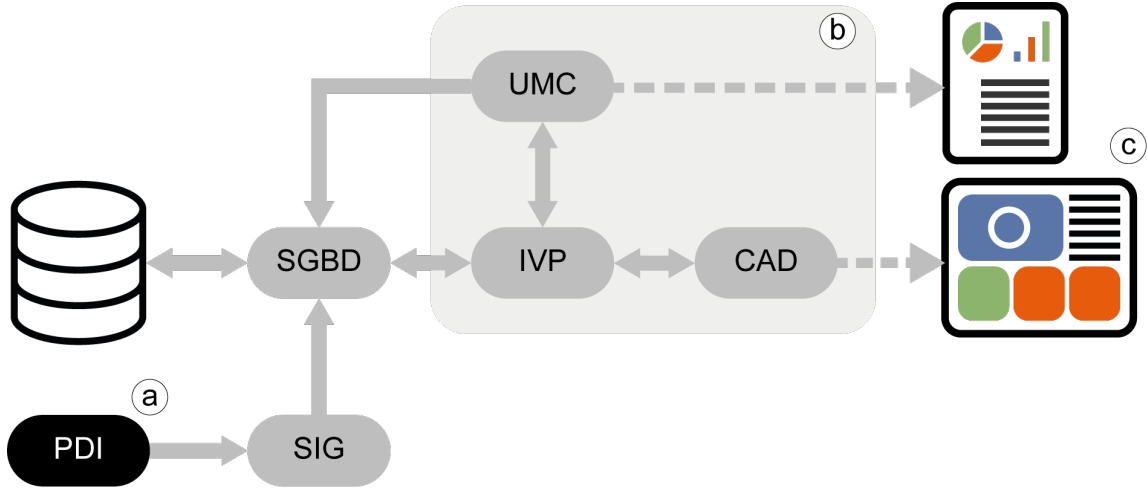


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados levantados junto ao INPE.

É necessário salientar que a resolução das imagens processadas é fundamental para a definição das classes de categorias de uso do solo, seja ele urbano ou rural. Segundo o manual técnico de uso da terra (IBGE, 2013) o tipo de informação obtido dos sensores

remotos dependem, dentre outras, de quatro características dos sensores escolhidos para os estudos propostos: resolução espacial, resolução radiométrica, resolução espectral e resolução temporal. A resolução espacial corresponde ao tamanho da menor área visada pelo sensor e deve ser compatível com a escala do mapeamento proposto. A resolução radiométrica se refere à quantidade de dados embutida em cada banda de imagem produzida pelo satélite.

Figura 10 – Implementação do Processamento Digital de Imagens no SIMIC.



- a. implementação do Processamento Digital de Imagens no SIMIC
- b. ambiente de modelagem paramétrica
- c. artefatos do sistema gerados

Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução espectral caracteriza a “capacidade do sensor em operar em várias e estreitas bandas espectrais” (IBGE, 2013) que auxiliam na distinção das características de diferentes tipos de uso do solo por onde o satélite passou a visada. Por fim a resolução temporal se relaciona com o “intervalo de tempo que cada satélite revisita uma mesma área”, mas, no presente estudo, também computa-se aqui o tempo de operação do satélite que, para o estudo, corresponde à possibilidade de observação das transformações de um determinado perímetro geográfico ao longo do tempo.

Nesse estudo é utilizada a técnica da classificação supervisionada de imagens raster para a análise de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 possibilitando, por meio do cruzamento dos resultados de séries temporais, gerar uma descrição da morfologia urbana daquele assentamento. Os dados levantados e classificados a partir daquelas imagens de satélite serão comparados com os dados vetorizados e georreferenciados adquiridos junto à gestão municipal local de modo a traçar um panorama da consolidação urbana do território escolhido, bem como possibilitar a análise das transformações de uso do solo a ela associadas. No estudo de caso as



imagens de satélite servirão como suporte adicional à modelagem da informação de territórios urbanos, auxiliando na representação de dados espaciais e no desenvolvimento de métodos de projeto urbano paramétrico (BEIRAO *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2015; MOREIRA; CARDOSO, 2017).

O uso de imagens raster para a interpretação de informações é comum em escalas regionais (1:250.000, 1:100.000 ou 1:20.000). Trata-se de um recurso utilizado nos campos da geologia e geografia, entre outros, para permitir uma melhor compreensão da situação das condições do solo (urbano ou rural) na data ou período que o levantamento fotogramétrico foi realizado (LEÃO *et al.*, 2007; MESSIAS; GAROFALO, 2015).

Devido a altitude de operação dos satélites responsáveis pela coleta dessas fotogrametrias, frequentemente observa-se que os estudos que utilizam imagens raster não chegam a um nível de aproximação que permita uma caracterização mais clara de perímetros intra-urbanos (1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000) já que a resolução de suas imagens dificilmente permite visualizar informações em escalas mais próximas do nível do bairro, o que facilitaria por exemplo a visualização de ocupação das quadras, edificações e arruamentos no caso da leitura de aglomerados urbanos. Por uma limitação operacional a presente pesquisa não teve acesso a fontes de imagens pagas, como Quickbird ou WorldView que têm resoluções que permitem efetivamente uma maior aproximação do espaço intra-urbano (AMORIM; BARROS FILHO, 2017).

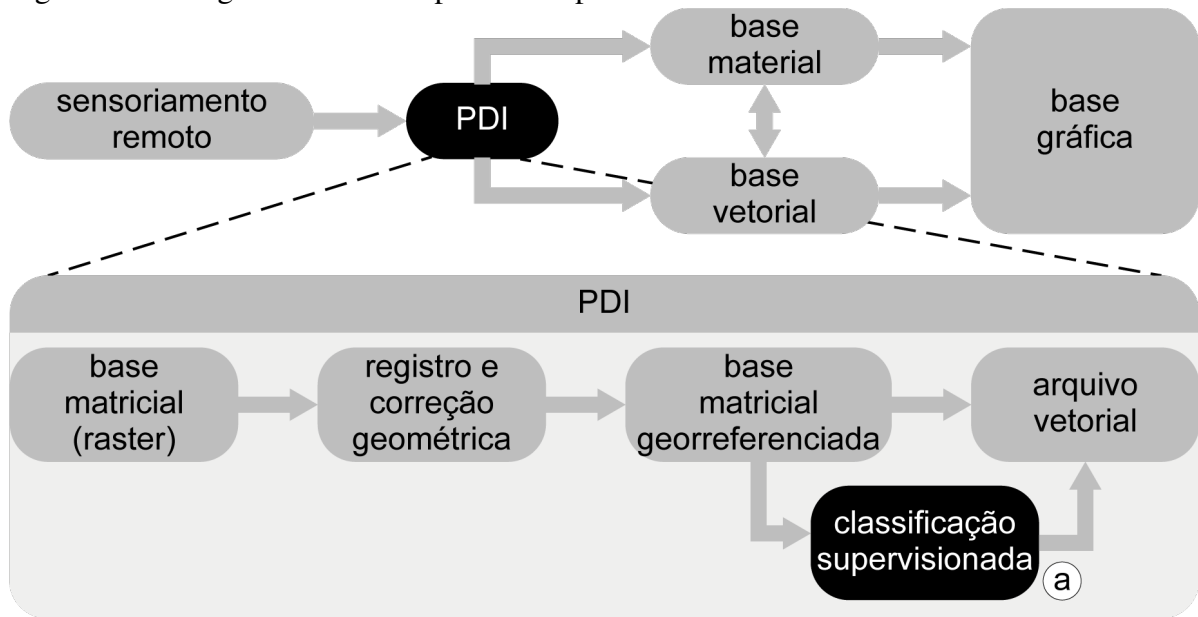
A vantagem do uso de produtos de sensoriamento remoto está na sua ampla capacidade de cobertura da terra, dentro do espectro temporal em que seus respectivos satélites foram lançados. Apesar da restrição na eventual baixa resolução das imagens adquiridas, o processamento digital dessas imagens, através de técnicas de classificação digital, possibilita uma interpretação bastante precisa dos dados de origem. Leão *et al.* (2007) observa que:

Os produtos obtidos por meio de processamento digital de imagens devem ter sua acurácia avaliada a partir de uma verdade de campo a fim de conferir maior confiabilidade e facilitar o processo de tomada de decisão. Atualmente um dos principais parâmetros que devem ser fornecidos junto aos mapas é a avaliação do erro envolvido no produto. (LEÃO *et al.*, 2007)

Este levantamento inicial pretende descrever quais técnicas comuns a outros campos de conhecimento podem favorecer a interpretação de imagens raster no âmbito de escalas mais próximas de perímetros intra-urbanos.

O índice Kappa apresenta, segundo Leão *et al.* (2007), a precisão geral do mapa, a precisão de cada classe temática, bem como os erros de omissão e de inclusão dos pixels

Figura 11 – Diagrama do fluxo operacional para o PDI.



a. a técnica de classificação supervisionada escolhida para essa pesquisa chama-se *bhattacharya*. Outras técnicas também podem ser exploradas, como máxima verossimilhança, isosegmentação e orientada ao objeto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

selecionados na amostra (GONÇALVES *et al.*, 2005; LEÃO *et al.*, 2007). Tomou-se como base o desempenho do índice Kappa utilizado por Messias e Garofalo (2015).

A composição de bandas utilizadas para cada sensor/satélite, bem como os valores de similaridade e área de pixel escolhidas, a classificação para o mapeamento temático bem como o índice Kappa de confiabilidade são apresentados nos Tabela 2 com base no trabalho de Leão *et al.* (2007). Os mapas resultantes da classificação e os índices de transformação intra-urbanas observadas são apresentados nas Figura 12 e Figura 13.

### 3.5 Discussão

Acreditamos que os métodos apresentados neste capítulo podem trazer contribuições significativas para o CIM. O uso do Processamento Digital de Imagens Raster pode ser uma abordagem complementar à abordagem vetorial comumente utilizada nos estudos que fazem uso do CIM. Além disso, no caso específico das precariedades urbanas, a criação de um indicador para avaliação baseado nos estudos de Meng e Hall (2006) e Hillier *et al.* (2000) pode se apropriar de uma abordagem quantitativa para representar os aspectos estruturais dessas áreas. Nesse caso o uso das ciências de dados pode facilitar o processamento estatístico por trás das múltiplas escalas da forma urbana (o território, o bairro e a rua).

Considera-se aqui que processamento digital das imagens de satélite é um primeiro passo importante na desagregação dos dados espaciais tradicionalmente utilizados para a leitura do espaço intra-urbano, particularmente no caso de assentamentos populares urbanos. Apesar de a leitura dos dados agregados existentes permitir uma visão prévia de como a precariedade urbana se manifesta em áreas de difícil acesso, é necessário o desenvolvimento de uma leitura mais desagregada para compreensão de como os indicadores sugeridos por Hillier et al. (2000), Meng e Hall (2006) podem descrever a realidade intra-urbana desses assentamentos, particularmente no caso do bairro Presidente Vargas.

Isso não menospreza a importância dos dados disponíveis, particularmente no caso da elaboração de planos urbanos que objetivem lidar com os indicadores naquelas escalas de agregação, mas algumas ressalvas devem ser feitas.

Os dados amostrais do censo de 2010 e os dados de domicílios do PNAD de 2015 apresentam importantes informações sobre a precariedade física das habitações (material das paredes externas e de cobertura, no caso do PNAD 2015), suas ligações com a rede pública de abastecimento de água, saneamento, drenagem e eletricidade mas sua escala de agregação não permite direcionar o olhar de modo específico para o espaço intra-urbano.

No caso do PNAD as pesquisas em seu âmbito foram interrompidas após a divulgação dos dados de 2015, e substituídas pela PNAD – Contínua, cuja última pesquisa foi divulgada em 2018. Apesar de conter o nível mais abrangente de ponderação, tratando exclusivamente da escala espacial das unidades da federação (estados) e contendo poucas informações capazes de se reverterem em termos espaciais no âmbito dos municípios ou mesmo da região metropolitana, a leitura das séries históricas desses dados pode fornecer indicadores gerais sobre a situação da precariedade das moradias em assentamentos populares urbanos e de suas vizinhanças.

Os resultados da amostra do Censo de 2010 também nos permitem essa leitura transtemporal, ainda que o nível de agregação sob a forma de áreas de ponderação não nos permita perceber a realidade intra-urbana de maneira específica. Em ambos os casos as estratégias de levantamentos de dados utilizadas pelo IBGE parecem subdimensionar a precariedade urbana desses territórios. Por se tratar de pesquisas amostrais não fica claro se os critérios adotados pela instituição no momento da definição das amostras enfatizam a necessidade de gerar informações que permitam uma leitura precisa da precariedade urbana. Como vimos na figura anterior, a quantidade de dados ausentes gera lacunas que dificultam a compreensão da precariedade urbana das áreas mais frágeis da cidade.

Estamos convencidos que é necessário fazer uma leitura mais completa dos dados existentes de modo a permitir uma leitura cada vez mais precisa desses aglomerados humanos. Acredita-se que a leitura dinâmica dessas informações, de modo ágil e intuitivo em ambiente de projeto, pode levar a interpretações melhor direcionadas para áreas específicas das cidades aonde as demandas são mais latentes. Enquanto o PNAD nos fornece uma leitura geral sobre a realidade do estado, os dados amostrais do Censo podem fornecer uma percepção mais específica sobre a realidade de um conjunto de setores ainda que não seja possível definir exatamente que áreas intra-urbanas enfrentam os maiores problemas.

Os dados amostrais do censo, quando sobrepostos aos dados do universo do mesmo, permitem uma aproximação mais específica sobre a realidade interna aos bairros mas algumas ressalvas precisam ser feitas: enquanto o nível de agregação das áreas de ponderação da amostra do censo nos fornecem informações específicas sobre as condições de resistência, durabilidade e acesso à infra-estrutura pelas moradias, seu nível de agregação não permite identificar aonde estão concentradas as regiões mais problemáticas internas às áreas de ponderação. Ainda que cada área de ponderação seja representada por dezenas de setores censitários visitados, esta espacialização não é descrita na base de dados sob o argumento de que seria possível identificar os entrevistados da pesquisa. Em contra-partida os dados do universo do censo conseguem se aproximar mais da realidade intra-urbana devido à escala de leitura dos setores censitários adotada pela pesquisa porém duas barreiras podem ser observadas na leitura desses dados: apesar de várias moradias serem visitadas a representação de seus resultados é feita por uma média geral dos resultados para cada setor censitário o que pode facilmente levar a desvios de resultados pela presença de indicadores muito distantes da média apresentada no território. Além disso, apesar de apresentar dados interessantes sobre as vizinhanças urbanas e acesso à infra-estrutura urbana, o nível de profundidade da pesquisa não permite a leitura das condições físicas das moradias.

Feitas as observações precedentes argumenta-se aqui que apesar do baixo nível de precisão das informações apresentadas pelas fontes de dados do IBGE, particularmente do PNAD e do Censo, essas informações se mostram úteis para a compreensão mais genérica da realidade dos assentamentos populares urbanos. Acredita-se que o processamento digital de imagens raster, iniciado pelo levantamento de dados disponibilizados gratuitamente como é o caso das imagens de satélite Landsat e complementado por levantamentos de campo por meio do mapeamento ortofotogramétrico e de nuvem de pontos feito com drones, podem favorecer a uma leitura mais precisa das condições de precariedade dos assentamentos populares urbanos. Para isso

acredita-se que os elementos morfológicos do espaço urbano definidos por Lamas (2000), Rio (1990), Hillier e Hanson (1984), Berghauer Pont e Haupt (2009).

Além disso é necessário que os dados trabalhados nas etapas iniciais do sistema de modelagem da informação da cidade, particularmente no processamento digital de imagens, no tratamento e armazenamento das bases de dados, na coleta e cálculo de medidas urbanas e na espacialização dessas informações em ambiente SIG, percebe-se a necessidade de que todos esses parâmetros se voltem para a interface visual de projeto de modo a permitir o uso e consulta dinâmica dessas informações de modo a dar suporte imediato ao desenvolvimento de planos e projetos urbanos sem que grandes mobilizações de tempo sejam perdidos na organização e mineração dos dados já existentes e na alimentação de novas informações às bases de dados.

Desse modo a etapa final da pesquisa será direcionada para a instanciação de um sistema que consegue retribuir os dados levantados de maneira intuitiva e interativa em interface visual de projeto, possibilitando o incremento de dados desagregados através da modelagem de novas informações geoespaciais e permitindo ainda a leitura dinâmica dos dados estatísticos resultantes das análises no âmbito intra-urbano do bairro em estudo.

## 4 SIMIC PARA A REPRESENTAÇÃO DA COMPLEXIDADE DE APU

No capítulo 2 percebemos como algumas abordagens já consolidadas do desenho e do planejamento urbanos conseguem demonstrar, a partir de suas óticas, as condições de precariedade dos assentamentos populares urbanos. Utilizamos ali as evidências e ferramentas daquelas abordagens para fazer a leitura da precariedade urbana do bairro Presidente Vargas.

No capítulo 3 tentamos mapear as possibilidades de desagregação da descrição e representação de assentamentos populares urbanos a partir da ótica dos sistemas complexos e da modelagem da informação da cidade.

Com base nos métodos apresentados no capítulo anterior procuraremos estender a leitura da precariedade urbana do bairro Presidente Vargas. Utilizaremos para isso os dados das áreas de Ponderação elaborados e disponibilizados pelo IBGE. Processaremos esses dados com um software de estatística embutida na interface Visual de Projeto do SIMIC e utilizaremos a Classificação Supervisionada de imagens de satélite para traçar um paralelo entre as informações lidas nos dados e a dinâmica de expansão do território evidenciada no processamento digital de imagens. Nesse sentido implementamos os métodos descritos no capítulo anterior dentro do Sistema de Modelagem da Informação da Cidade em desenvolvimento pela pesquisa.

### 4.1 Etapas de desenvolvimento do SIMIC

A seguir, apresentaremos o processo que possibilitou a construção dos mapas de transformação do território em estudo possibilitado pelo processamento digital de imagens de satélite e sua implementação na base de dados. A construção dessa base irá permitir uma análise dos índices de expansão urbana e compará-los com os apresentados no capítulo 2 mostrando as claras diferenças de resultados.

Será descrito aqui o processo de como se deu a construção do SIMIC para a formulação e representação dos indicadores. Como foi visto no capítulo 3, baseou-se na abordagem de Beirao *et al.* (2012) e Moreira e Cardoso (2017) para a construção do Sistema, desde a implementação dos dados em Structured Query Language (SQL), passando por sua leitura na Interface Visual de projeto, as informações geradas pelo pacote estatístico em R do plugin “Decoding Spaces” (ABDULMAWLA *et al.*, 2018) e a criação das pilhas para a leitura dos indicadores de precariedade urbana.

#### **4.1.1 Montagem do SIMIC**

No capítulo 3 procuramos nos apropriar da estrutura do CIM proposta por Duarte et al. (2012) e desenvolvida no caso brasileiro por Moreira e Cardoso (2017), Moreira (2018) e Moreira e Andrade (2018). Procurou-se sistematizar no interior do banco de dados as principais variáveis levantadas pelo IBGE nas pesquisas do PNAD e do Censo de 2010, amostral e universo, e que tratassem das questões relacionadas às condições físicas das moradias, bem como seu acesso à infraestrutura de abastecimento de água, saneamento e disponibilidade de energia elétrica.

Encarou-se o processo de construção heurística do sistema integrado de modelagem da informação da cidade a partir da lógica de desenvolvimento da DSR (DRESCH *et al.*, 2015). Nesse sentido, ao mesmo tempo que se pretendia aplicar o uso das ferramentas e métodos do CIM, buscou-se perceber como essa construção poderia se tornar uma ferramenta de consulta intuitiva através da interface visual de projeto em ambiente Grasshopper/Rhino.

A partir do lançamento dos dados do IBGE nas bases SQL da pesquisa foi possível utilizar as pilhas de consulta desenvolvidas por Moreira (2018) para verificar se os dados espaciais e alfanuméricos estavam funcionando. Após ter-se garantido a fluidez de acesso aos dados pela Interface Visual de Projeto (Grasshopper/Rhino) passou-se à fase de implementação das pilhas de análise estatística em R com base no plugin “Decodign Spaces”, desenvolvido pelos pesquisadores Abdulmawla *et al.* (2018).

Os resultados dessas consultas serão apresentados no item *iii.* a seguir Porém ainda havia uma imprecisão percebida no nível de fidelidade dos dados espaciais existentes na base de dados da pesquisa em relação à expansão da cidade real observada no bairro. Como foi visto nos capítulos 1 e 2 os dados disponibilizados pela prefeitura não apresentam toda a cobertura do espaço urbano existente na área. Decidiu-se então adotar as técnicas apresentadas no capítulo 3 de classificação supervisionada das imagens de satélite.

#### **4.1.2 Classificação supervisionada de imagens de satélite**

Tendo como base o método de Classificação supervisionada apresentado no Capítulo 3.c, seguiu-se então o caminho de mapear a área coberta por zona urbanizada na área de estudo, já que o levantamento realizado pela prefeitura não apresentava toda a cobertura edificada atualmente existente no bairro.

Para o presente estudo foram utilizadas imagens TM/Landsat 5 de 20/07/1985 e 19/06/1991, ETM+/Landsat 7 de 28/08/2002 e OLI/Landsat 8 de 02/08/2013, 08/08/2015 e 14/09/2017. Pretende-se aqui descrever sucintamente as propriedades de resolução das imagens de satélite originadas para estudos do território brasileiro e, conseqüentemente, identificar qual fonte e método de classificação melhor se adequam ao objetivo do artigo.

Tabela 2 – Resolução radiométrica, espectral e espacial dos sensores e satélites utilizados na pesquisa.

Sensor/Satélite	Resolução radiométrica	Resolução espectral	Resolução espacial
TM/Landsat 5	8 bits	Multiespectral	30m
ETM+/Landsat 7	8 bits	Multiespectral pancromática	30m 15m
OLI/Landsat 8	16 bits 16 bits	Multiespectral pancromática	30m 15m

Fonte: Elaborado pelo autor.

As imagens foram coletadas através do catálogo do INPE e selecionadas segundo a informação de cobertura de núvens da área em estudo de modo a obter uma interpretação clara do uso do solo na região, evitando portanto confusões de interpretação após a classificação das mesmas. O georreferenciamento das mesmas e a composição das bandas multiespectrais bem como a fusão da banda pancromática no caso das imagens ETM+/Landsat 7 e OLI/Landsat 8 foram feitas utilizando o software Spring 5.5.3 disponibilizado pelo próprio INPE e Qgis 2.18, ambos de licença e códigos livres.

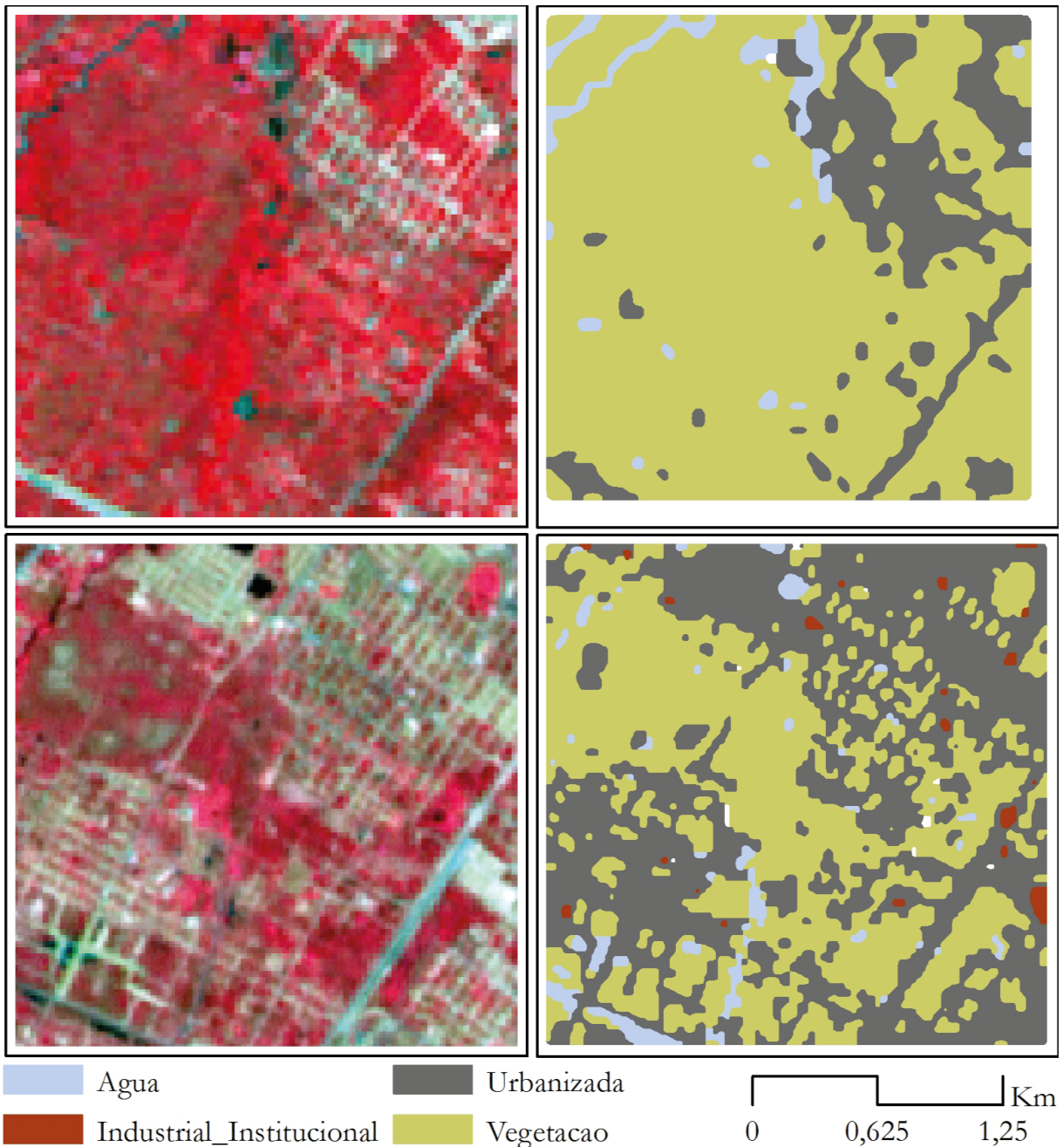
Antes de realizar a classificação das imagens através da vetorização dos dados matriciais foi necessário definir as categorias de uso da terra permitida pela resolução das imagens dos satélites selecionados pela pesquisa. Pela resolução das imagens percebeu-se que só seria possível perceber manchas gerais de uso do solo. As classes definidas foram: Área urbanizada, área industrial e institucional, vegetação e água.

As imagens foram recortadas de modo a mostrar o bairro em estudo inscrito num quadrado de 2,5x2,5km que mostra a relação imediata do bairro com sua situação urbana. Para a classificação supervisionada foi utilizado o algoritmo Bhattacharya Figura 11 por este apresentar maior índice Kappa de confiabilidade da classificação segundo Leão *et al.* (2007).

Apesar da baixa resolução espacial das imagens de satélite utilizadas Tabela 2 foi possível extrair informações esclarecedoras sobre as mudanças ocorridas na área de estudo ao longo dos 32 anos das séries de imagens levantadas. A resolução das imagens raster foi fator limitante dos tipos de classes definidas para análise da cobertura do território e resultaram em



Figura 12 – Resultado da composição das bandas espectrais em Infravermelho (imagens à esquerda) e das classificações supervisionadas (imagens à direita) resultante das análises das séries históricas de 1985 e 2002.



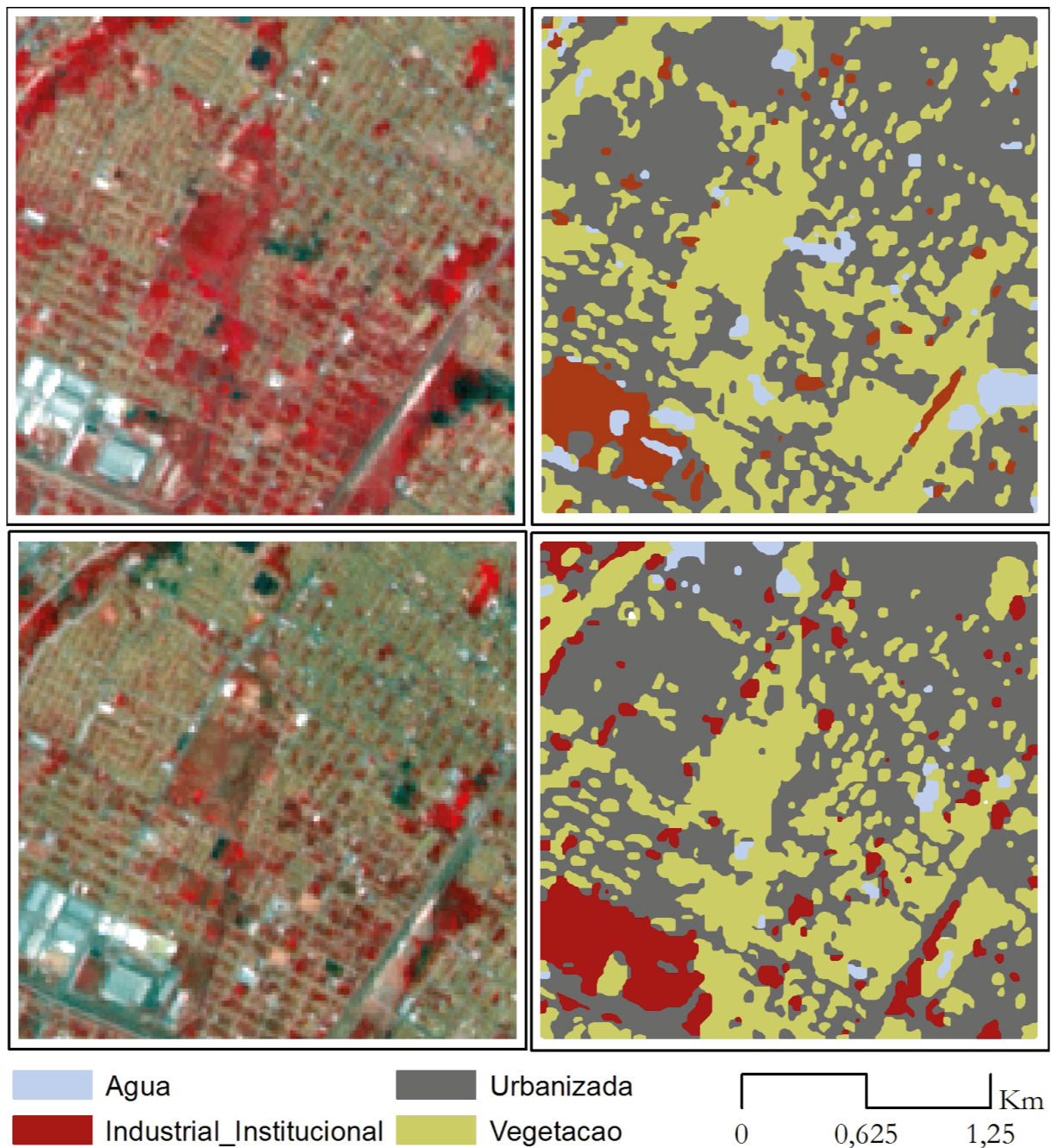
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados levantados junto ao INPE.

uma pequena variação dimensional entre as imagens levantadas pelo satélite em 1985 e as demais. Mesmo assim foi possível observar entre os anos de 1985 e 2017, considerando a proporção ocupada pelas áreas classificadas na série temporal, uma redução de 40 % da cobertura de água e de 41 % da cobertura vegetal da região. Concomitantemente observou-se uma expansão da cobertura antropizada em mais de 300 % e o surgimento de instalações industriais que antes eram inexistentes e em 2017 ocupavam uma área de 10,08 % do território em estudo. Esses

resultados são profundamente discutidos em Andrade e Cardoso (2019).

O nível de precisão destes números está limitado pela resolução das imagens utilizadas, mas oferecem um importante indicador trans-temporal que pode ser muito útil em fases iniciais de projeto e planejamento urbano, particularmente nos casos onde as fontes oficiais de dados inexistem ou são limitados como costuma ser o caso de assentamentos populares urbanos.

Figura 13 – Resultado da composição das bandas espectrais em Infravermelho (imagens à esquerda) e das classificações supervisionadas (imagens à direita) resultante das análises das séries históricas de 2013 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados levantados junto ao INPE.

O método utilizado pelo estudo, da classificação supervisionada das imagens dos satélites Landsat, demonstrou-se bastante útil na complementação das informações do banco de dados da pesquisa o que pode ser confirmado pelo desempenho geral da classificação supervisionada realizada. Além disso tornou possível expandir as fontes de dados da mesma pois esta dependia dos registros oficiais de informações georreferenciadas ou de vetores produzidos manualmente sobre imagens levantadas por sensoriamento remoto.

Acredita-se que o método poderá ser extrapolado para análise de imagens de melhor resolução (Quickbird e Ortofotogrametria feita por drones) o que tornará possível ampliar os tipos de classes observadas e sua checagem imediata em campo. A técnica da classificação supervisionada poderá ser comparada com outras técnicas conhecidas, como a análise orientada ao objeto para imagens de alta resolução espacial (LEONARDI *et al.*, 2009). Esses levantamentos, associados ao método de classificação sistematizado apresentado neste trabalho, podem reduzir de modo significativo o tempo necessário para a aquisição de dados de territórios pouco conhecidos e tendem a tornar mais dinâmico o processo de análise da morfologia urbana de assentamentos populares favorecendo, conseqüentemente, a simulação de alternativas de solução para planos e projetos que busquem qualificar o espaço intra-urbano desse tipo de território.

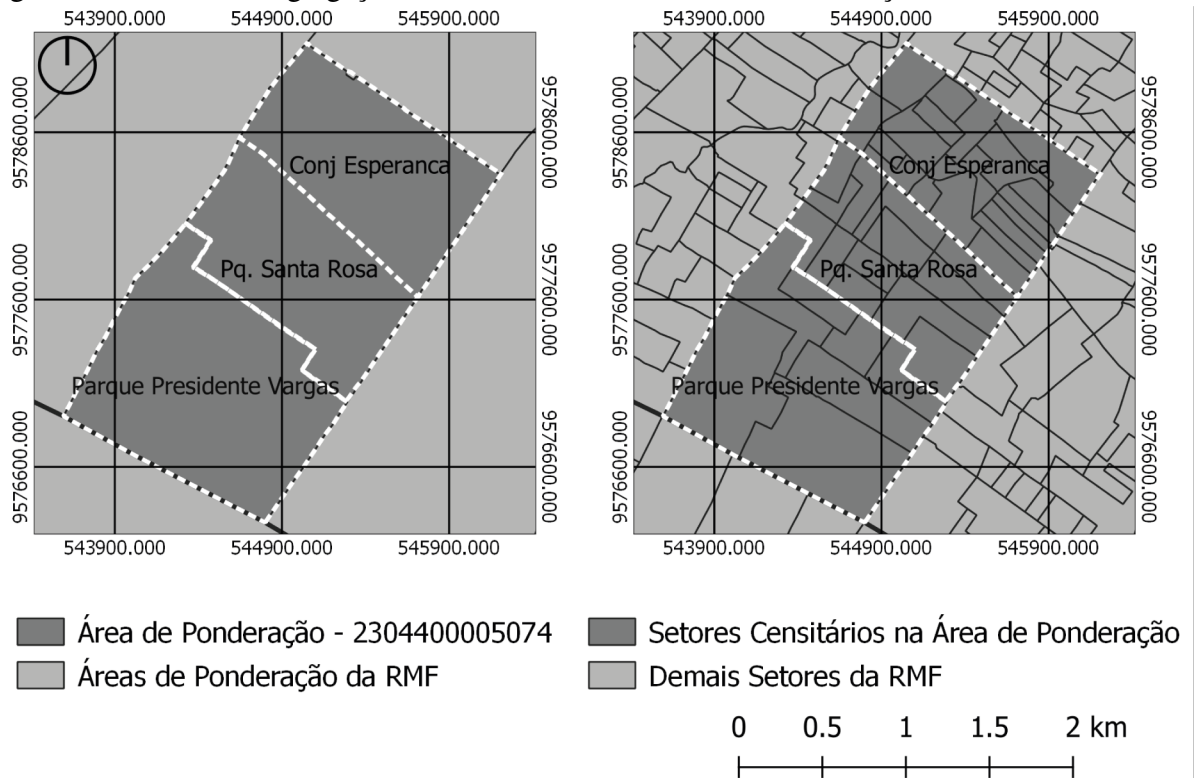
#### **4.1.3 Sistematização dos indicadores levantados**

O objetivo da pesquisa era de nos aproximar o máximo possível da desagregação dos dados disponíveis para compreender as condições de precariedade urbana no bairro Presidente Vargas. Os indicadores de condições físicas das paredes externas e do acesso à abastecimento de água, saneamento e energia elétrica que possibilitavam uma maior aproximação do espaço intra-urbano no bairro eram os dados amostrais do levantamento do Censo, realizado pelo IBGE em 2010.

Como é possível notar na imagem a seguir esses dados se agregam espacialmente na escala das áreas de ponderação definidas pelo Instituto. Esse nível de agregação incorpora 3 bairros da Região Metropolitana de Fortaleza: o próprio Presidente Vargas, além do Parque Santa Rosa e do Conjunto Esperança. Em termos de equivalência, trata-se de uma síntese de levantamento mais aprofundado sobre aqueles condicionantes para os 39 setores censitários que compõem o bairro.

Procurou-se implementar a abordagem multiescalar discutidas no capítulo 2, de maneira a compreender a estrutura do espaço intra-urbano da região e, dentro das limitações dos

Figura 14 – Escala de agregação de dados da amostra do censo em relação aos bairros e setores.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados levantados junto ao IBGE.

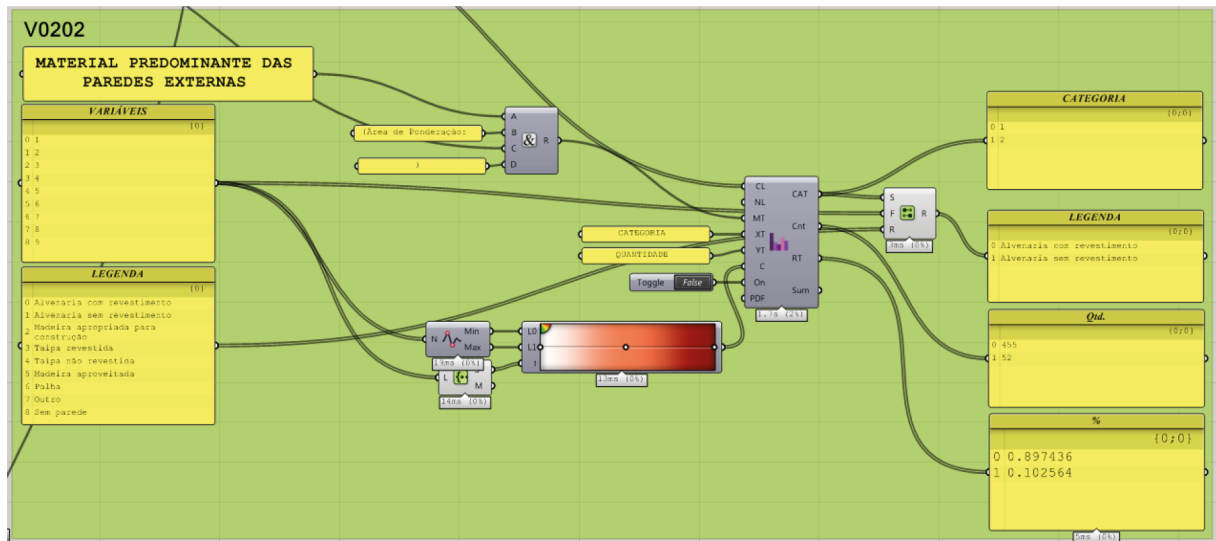
dados disponíveis para a área, perceber a complexidade dos assentamentos populares urbanos, conforme discutido no capítulo 3.

Os dados foram então lançados nas bases do SIMIC para viabilizar as consultas com o pacote R embutido no plugin “Decoding Spaces”. Vale salientar que o nível de agregação de dados específico das áreas de ponderação não possibilitava as tradicionais análises comumente utilizadas na distribuição de setores censitários pois enquanto os dados dos setores censitários correspondem à uma pesquisa de todo o universo de cada setor (ou seja, supostamente toda a população de cada setor é entrevistada no levantamento universal do Censo) os resultados desta pesquisa são sintetizados por uma média de todas as respostas, o que gera anomalias de resultados para cada setor.

Já a pesquisa realizada no nível de agregação das áreas de ponderação carrega consigo vários resultados para cada área, o que possibilita a compreensão da variabilidade de resultados para cada área, como veremos a seguir.

No total, para a área de ponderação em estudo, 507 domicílios foram entrevistados pelos recenseadores. No caso específico dos indicadores selecionados para análise identificou-se que nessa área, 90 % da população residia em moradias com paredes externas revestidas, enquanto 10 % moravam em domicílios cujas paredes externas não possuíam revestimento. Este

Figura 15 – Pilhas implementadas no sistema para análise estatística dos indicadores de Materiais de Paredes Externas com base nos dados do IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

levantamento não apontou nenhum domicílio construído em madeira apropriada para construção, taipa revestida ou não, madeira aproveitada ou outros tipos de paredes externas.

Apesar desses indicadores, a sobreposição do mapa gerado pela classificação supervisionada ao mapeamento de zonas precárias disponibilizado pelo Iplanfor aponta que uma parte significativa da massa urbana expandida no bairro está posicionada sobre zona de favela totalmente em área de risco, ou corresponde a loteamento irregular parcialmente em área de risco.

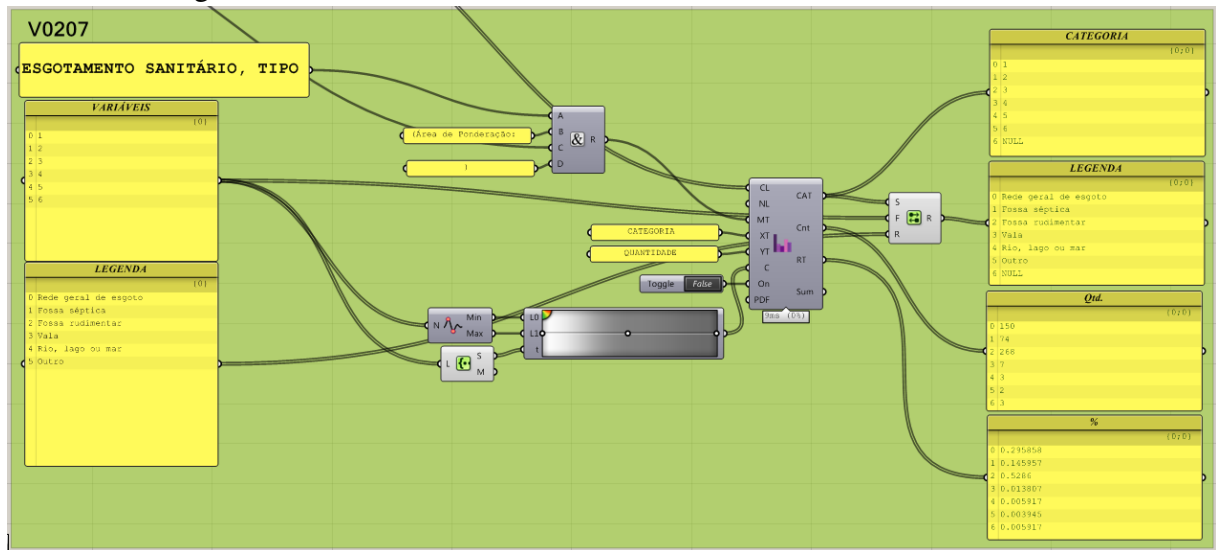
Em relação ao tipo de esgotamento existente na área de ponderação, observou-se que 30 % da população residia em domicílios com acesso à rede geral de esgoto. Além disso, 15 % da população resolvia seu esgotamento sanitário com Fossa Séptica e 53 % fazia uso de fossas rudimentares. Os demais 2 % da população pesquisada na área resolviam seu esgotamento sanitário lançando seus resíduos em valas, rios, lago ou outro tipo de despejo.

Os demais resultados dos indicadores levantados são apresentados nos gráficos a seguir. Em relação ao abastecimento de água 97 % da população estava conectada à rede geral de abastecimento e 100 % da população declarou que seus domicílios estavam conectados à rede geral de distribuição de energia.

## 4.2 Resultados

Os experimentos realizados pela pesquisa possibilitaram a percepção mútua do direcionamento da expansão da cidade no espaço urbano do bairro Presidente Vargas e, na

Figura 16 – Pilhas implementadas no sistema para análise estatística dos indicadores de Tipo de Esgotamento Sanitário com base nos dados do IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

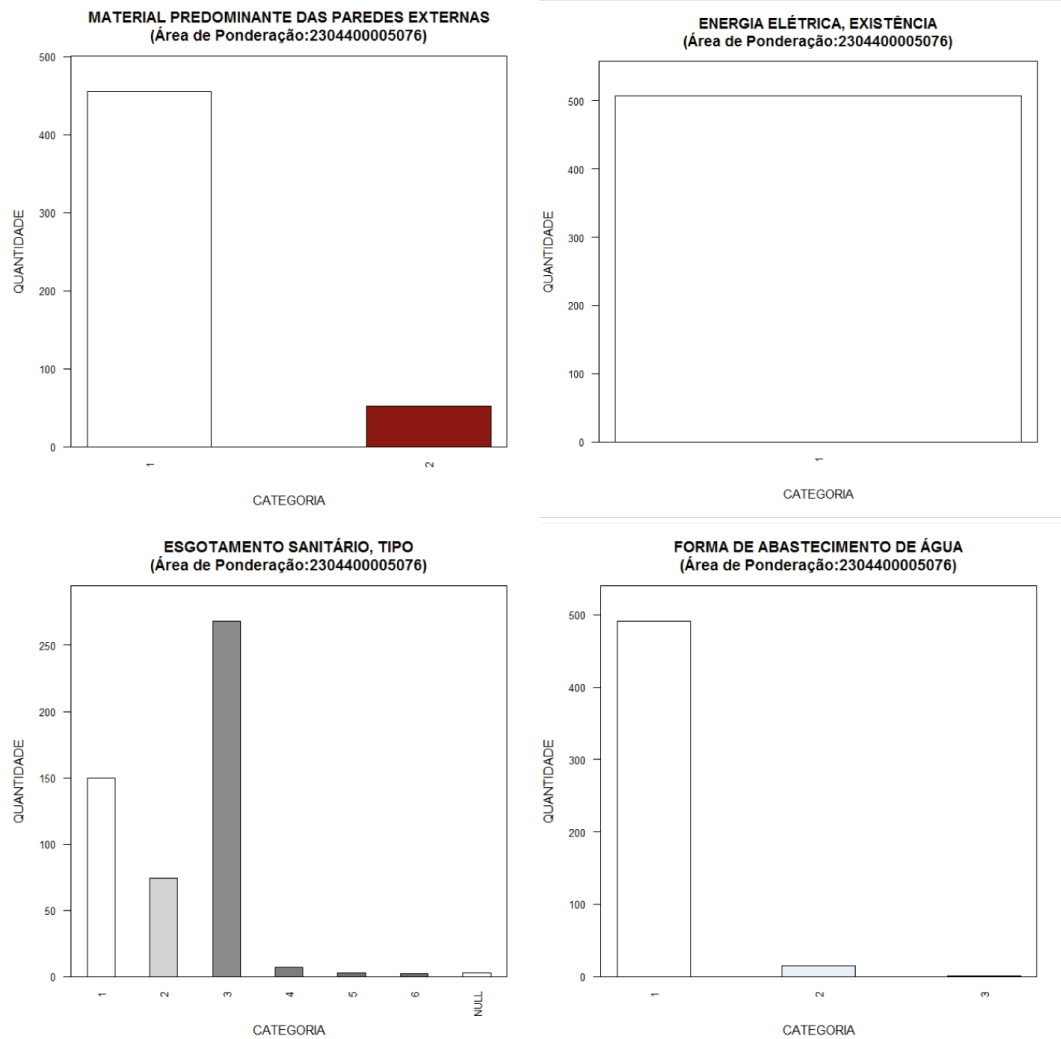
máxima desagregação possível dos indicadores disponibilizados pelo IBGE, suas condições de infraestrutura física de domicílios, bem como seu acesso à infra-estrutura urbana elementar. Dentro das limitações dos dados existentes foi possível representar as características levantadas e sensibilizar o olhar para entender e demonstrar as características dos assentamentos populares urbanos a partir do objeto em estudo.

A leitura da expansão real da morfologia urbana do território intraurbano estudado mostrou que a dinâmica da cidade é contínua e complexa e que a forma atual como os dados são levantados e disponibilizados não conseguem demonstrar com precisão essas transformações. Experiências como as realizadas por Meng e Hall (2006) no Peru podem nos dar indícios de como fazer levantamentos mais precisos do que aqueles disponibilizados pelos dados no atual contexto brasileiro.

É possível levantar-se a questão de que a leitura dos resultados das imagens de satélite não é significativa pois um técnico da área de planejamento urbano poderia desenhar manualmente com a mancha expandida de um território urbanizado com base em fotografias aéreas do Google. Argumenta-se aqui que a automatização do processo e a identificação das características das superfícies de cobertura urbana auxiliada pelo computador reduz em muito o tempo necessário para esses diagnósticos e possibilita uma precisão maior do quadro temporal analisado. Perde-se obviamente em termos de precisão geométrica mas novos algoritmos podem ser construídos para aumentar essa precisão.

O estudo realizado por Meng e Hall (2006) e Hillier et al. (2000) conseguem apre-

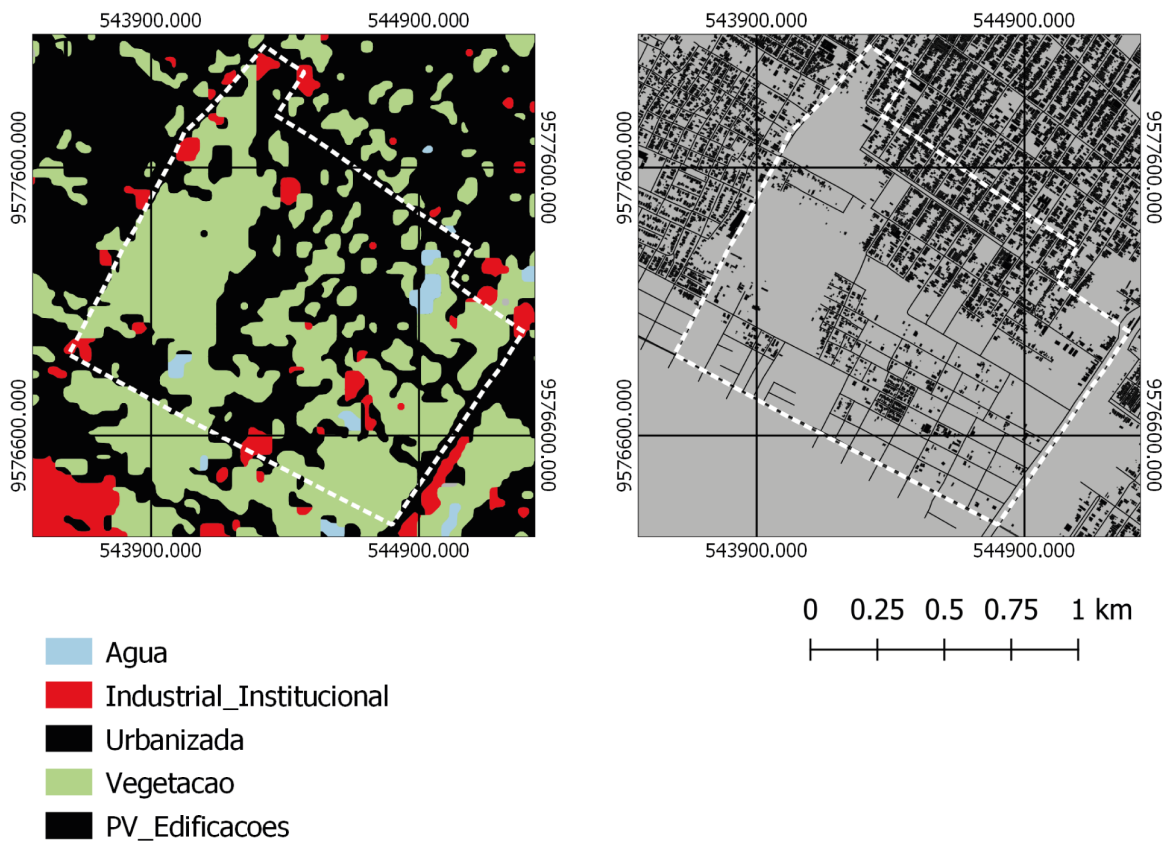
Figura 17 – Gráficos resultantes do processamento das variáveis pesquisadas com base nos dados do IBGE.



Fonte: Elaborado pelo autor.

sentar os indicadores de qualidade habitacional e consolidação urbana na escala dos domicílios, o que torna muito mais próximo os dados de uma relação com as demandas pontuais locais. Supõe-se que a maneira como os dados são levantados e disponibilizados oficialmente naqueles países estudados possibilitam esse nível de desagregação mas este ainda não é o caso brasileiro. A imagem a seguir tenta cruzar a mancha urbana expandida na cidade de Fortaleza e os dados oficiais registrados pela prefeitura. Esse cruzamento também demonstra o quanto ainda temos de nebuloso sobre os assentamentos populares urbanos em nossos territórios.

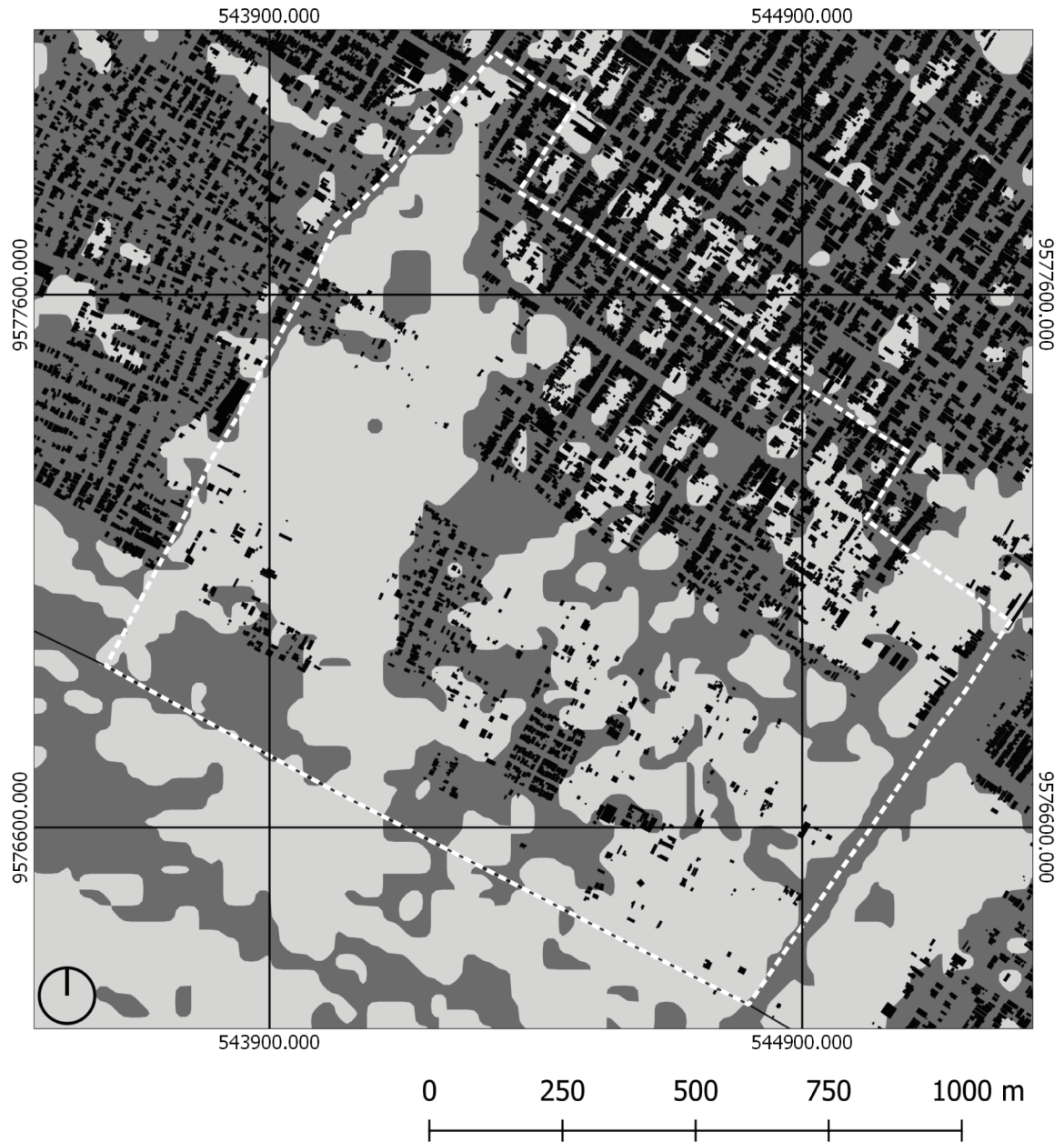
Figura 18 – Comparativo entre a mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro oficial de edificações disponibilizado pela prefeitura de Fortaleza.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 19 – Sobreposição da mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro oficial de edificações disponibilizado pela prefeitura de Fortaleza.



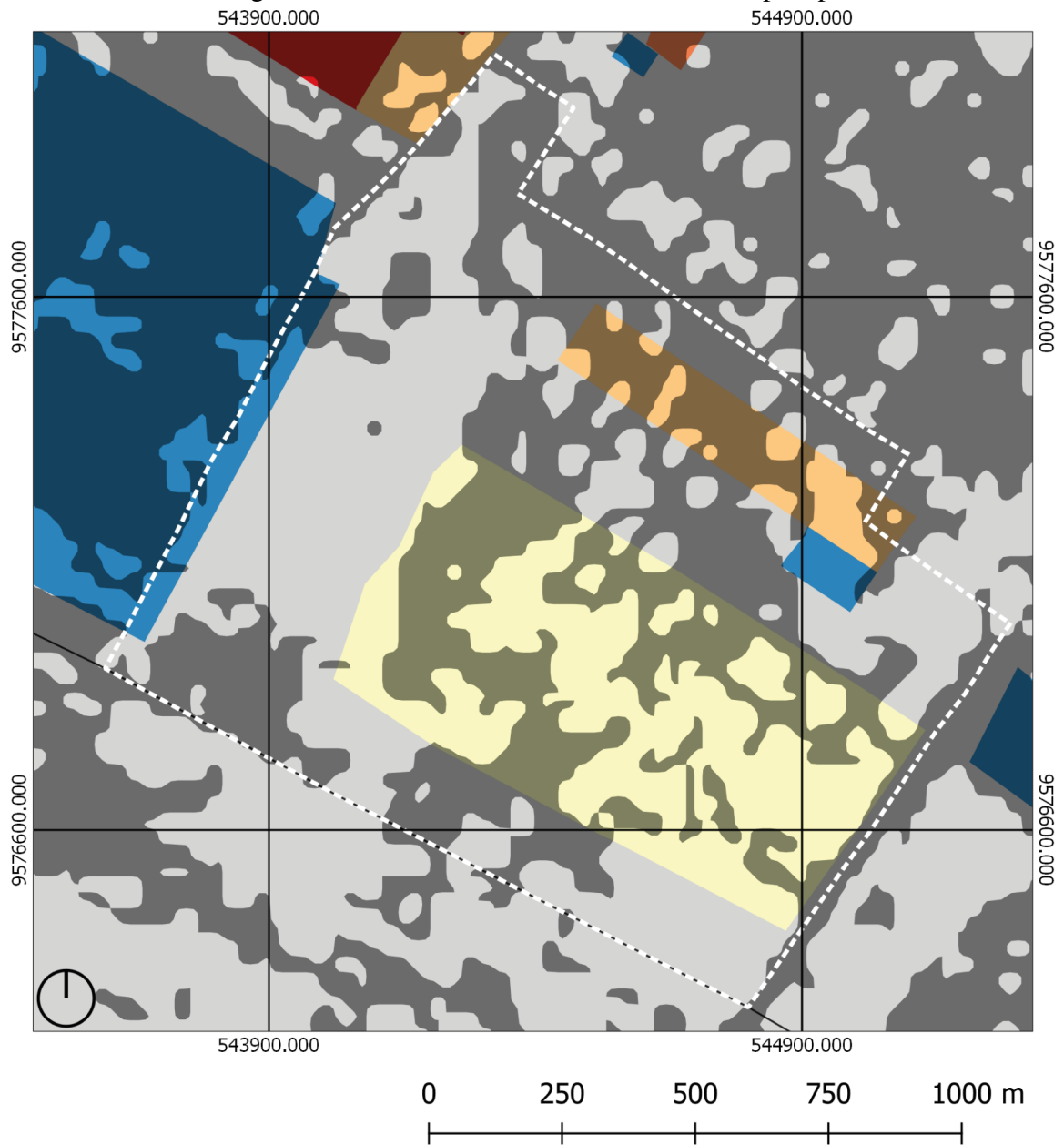
Sobreposição Classificação 2017 / Edificações

■ Urbanizada

■ Edificacoes Registradas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 – Sobreposição da mancha urbanizada resultante da Classificação Supervisionada de 2017 e o registro de Assentamentos Precários realizado pela prefeitura de Fortaleza.



- Agua
- Industrial\_Institucional
- Urbanizada
- Vegetacao
- Conjunto Habitacional parcialmente em Área de risco
- Favela parcialmente em Área de risco
- Favela totalmente em Área de risco
- Loteamento Irregular parcialmente em Área de risco
- Não Especificado

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo buscou lidar com a representação socioespacial de assentamentos populares urbanos a partir da formulação dos problemas estruturais enfrentados no bairro Presidente Vargas em Fortaleza, no Ceará. Nesse sentido, procurou-se explorar o potencial das ferramentas e técnicas da Modelagem da Informação da Cidade para fazer a leitura das características dos materiais predominantes das paredes externas, acesso à abastecimento de água pela rede geral, tipo de esgotamento sanitário e existência ou não de energia elétrica.

Foram utilizados os dados da amostra do Censo do IBGE mais recente para formular esses indicadores. Com a abordagem do CIM conseguimos elaborar um sistema interativo que permite extrair os indicadores para a área de ponderação circunscrita ao bairro de maneira instantânea, o que facilita em muito lidar com a complexidade dos dados amostrais do IBGE.

Existe uma lacuna temporal entre o levantamento e disponibilização de dados pelo censo amostral de 2010 e a dinâmica contínua de expansão da cidade em direção ao cinturão periférico da capital metropolitana. Assim como os dados do IBGE, os dados oficiais disponibilizados pelo IPLANFOR também congelam no tempo as características dessa expansão, como pudemos ver no capítulo 2.

A pesquisa procurou utilizar as técnicas de classificação supervisionada de imagens de satélite, por meio do processamento digital de imagens, para tentar descrever as mudanças estruturais da área de estudo desde aquele período até 2017. Observou-se uma expansão da mancha urbanizada no território em estudo, acompanhada pela redução de cobertura vegetal e de corpos hídricos. Percebeu-se também uma expansão significativa da cobertura do território urbano com finalidade industrial, explicável pela proximidade com o município de Maracanaú que tem forte concentração industrial na Região Metropolitana de Fortaleza.

Percebemos no capítulo 4 as diferenças entre os dados oficiais registrados pela prefeitura de Fortaleza e a mancha urbana em transformação possibilitada pelo processamento digital de imagem. Diante dessa transformação só conseguimos especular sobre o que pode ter acontecido no território estudado no que tange às suas características estruturais representadas pelas características das paredes externas e o acesso à infraestrutura urbana na área.

A pesquisa lançou luz sobre o potencial de se expandir a compreensão do território urbano a partir da leitura de suas transformações intraurbanas. Através do desenvolvimento de um sistema que facilita a formulação dos problemas no interior do território em estudo e visualiza como se deu a transformação da cobertura do solo urbano nos últimos anos. Porém a

forma como os dados são levantados e divulgados pelo IBGE quanto aos aspectos estruturais da precariedade urbana e a morfologia registrada oficialmente pela prefeitura não permitem um nível de desagregação de dados no nível das edificações.

O processamento digital das imagens permite a representação aproximada dessa morfologia mas não é possível traçar um paralelo entre a forma urbana e suas características estruturais, como vimos em Meng e Hall (2006), por exemplo. Nesse sentido, estudos futuros podem avançar na desagregação desses dados a partir de um levantamento mais pontual na escala das edificações, através de pesquisas *in loco*. A forma urbana também poderá ser melhor descrita ao se utilizar técnicas complementares de levantamento, como o processamento de dados obtidos por sensoriamento remoto com drones a partir da geração de nuvem de pontos.

Ademais, com a pesquisa suscitamos questionamentos sobre os níveis de desagregação de dados e questões de privacidade das propriedades urbanas, contudo inferimos que ter em mãos, minimamente, os dados referentes à infraestrutura física e urbana na escala das edificações, permite aos planejadores e projetistas urbanos terem uma base de informação para agir de maneira proativa na melhoria da qualidade habitacional de áreas precárias, favorecendo o desenvolvimento de políticas públicas, de assessoria técnica em áreas prioritárias e na definição de prioridades de ação nesses territórios.

Acreditamos que a abordagem da classificação supervisionada de imagens raster bem como a implementação das leituras estatísticas automatizadas dentro do SIMIC elaborado são importantes contribuições dessa pesquisa na solidificação dos conhecimentos acerca do CIM. Infelizmente o tempo e os recursos disponíveis não possibilitaram a implementação automatizada da classificação supervisionada no sistema da pesquisa. Além disso percebemos claramente o potencial futuro do uso de drones e do levantamento de nuvem de pontos na formulação dos indicadores de precariedade urbana no interior das estruturas urbanas brasileiras.

Por fim percebemos uma limitação na forma como a ciência normal lida com a informação de assentamentos populares urbanos. A Teoria da Complexidade permite aproximar as diferentes abordagens ao considerar a lógica inerente às propriedades e relações desses sistemas. A Tecnologia da Informação e da comunicação, através da Modelagem da Informação da Cidade, permite tornar essas informações mais transparentes e acessíveis de maneira dinâmica. O SIMIC apresentado permite uma percepção mais clara das limitações dos dados existentes bem como o potencial de se incrementar e explorar o manuseio desses dados e sua comunicação dinâmica entre diferentes atores.

## REFERÊNCIAS

- ABDULMAWLA, A.; SCHNEIDER, S.; BIELIK, M.; KOENIG, R. Integrated data analysis for parametric design environment - miner: a grasshopper plugin based on r. **eCAADe** **36**, v. 2, p. 319–326, 2018.
- ABIKO, A.; COELHO, L. O. Book. **Urbanização de Favelas: procedimentos de gestão**. Porto Alegre: ANTAC, 2009. v. 4. (Recomendações Técnicas, v. 4).
- ALEXANDER, C.; ISHICAWA, S.; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON, M. Book. **A pattern language: towns, buildings, construction**. 36. print. ed. New York, NY: Oxford Univ. Press, 2013. 1171 p. (Center for Environmental Structure series). ISBN 978-0-19-501919-3.
- AMORIM, L.; BARROS FILHO, M. *Convergência de todos os de descrição da forma urbana: análise de textura de imagens de satélite e análise gráfica visual*. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 5, n. 2, p. 65–81, 2017.
- AMORIM, L. M. E.;  
BARROS FILHO, M. N. M.; CRUZ, D. *Urban texture and space configuration: an essay on integrative socio – spatial analytical techniques*. **Cities**, v. 39, p. 58 – 67, 2014.
- ANDRADE, D. R. R.; CARDOSO, D. R. Estudo da morfologia urbana de um assentamento popular a partir da classificação supervisionada de imagens de satélite. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**, 2019.
- ASCHER, F. Book. **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010.
- BARROS FILHO, M.; SOBREIRA, F. *Assessing texture pattern in slum across scales – an unsupervised approach*. **CASA Working Papers**, n. 87, 2005.
- BARROS FILHO, M. N. M. Book. **Escalas da Diversidade Intraurbana**. Recife: Edies Bagao, 2009.
- BATTY, M. Agents, cells, and cities: new representational models for simulating multiscale urban dynamics. **Environment and Planning A**, v. 37, p. 1373–1394, 2005.
- BATTY, M. Complexity in city systems: understanding, evolution, and design. 2007.
- BATTY, M. Fifty years of urban modelling: Macro statics to micro dynamics. In: \_\_\_\_\_. **The dynamics of complex urban systems: an interdisciplinary approach**. Mendrisio, Switzerland: Physica-Verlag, 2008. p. 1–20. ISBN 978-3-7908-1936-6.
- BATTY, M.; DODGE, M.; JIANG, B.; HUDSON-SMITH, A. Gis and urban design. **Center for Advanced Spatial Analysis: Working Paper Series**, v. 3, 1998. ISSN 1467-1298. Disponível em: <<http://discovery.ucl.ac.uk/224/>>.
- BEIRAO, J. N. D. C. **CityMaker: designing grammars for urban design**. Tese (Thesis) — Faculty of Architecture, Department Urbanism & Department Architectural Engineering + Technology, 2012.
- BEIRAO, J. N. D. C.; DUARTE, J. P. Generic grammars for design domains. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 32, p. 225–239, 2018.

- BEIRAO, J. N. D. C.; MONTENEGRO, N.; ARROBAS, P. City information modelling: parametric urban models including design support data. In: **PORTUGUESE NETWORK URBAN MORPHOLOGY - PNUM**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1122–1134.
- BERGHAUSER PONT, M.; HAUPT, P. *Book. Space, density and urban form. S.l. : s.n., 2009. ISBN 978 – 90 – 5269 – 375 – 0.*
- CARDOSO, D. R. *Book. Desenho de uma Poiesis*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.
- CIDADES, M. d. *Book. Guia para o Mapeamento e Caracterização de Assentamentos Precários*. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JR., J. A. V. A. *Book. Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- DUARTE, J. P.; BEIRAO, J. N. D. C.; MONTENEGRO, N.; GIL, J. City induction: A model for formulating, generating, and evaluating urban designs. In: **Digital Urban Modelling and Simulation**. [S.l.]: Springer-Verlag, 2012. (Communications in Computer and Information Science Series).
- FERNANDES, E. *Book. Regulação de Assentamentos Informais na América Latina*. [S.l.]: Lincoln Institute of Land Policies, 2012.
- FREITAS, C. F. S.; GOMES, V. G.; BORGES, M. Planejamento urbano com uso de sistema de informação geográfica: o caso de feira de santana, ba. **Universitas: Arquitetura e Comunicação Social**, v. 10, 2013.
- GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J. P. The backbone of a city information model (cim): Implementing a spatial data model for urban design. 2011.
- GIL, J.; BEIRAO, J. N. D. C.; MONTENEGRO, N.; DUARTE, J. P. On the discovery of urban typologies: data mining the many dimensions of urban form. **Urban morphology**, v. 16, n. 1, p. 27, 2012. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Nuno\\_Montenegro/publication/256895610\\_On\\_the\\_discovery\\_of\\_urban\\_typologies\\_data\\_mining\\_the\\_many\\_dimensions\\_of\\_urban\\_form/links/00b7d52a6fa83339a1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nuno_Montenegro/publication/256895610_On_the_discovery_of_urban_typologies_data_mining_the_many_dimensions_of_urban_form/links/00b7d52a6fa83339a1000000.pdf)>.
- GLESS, H.; HALIN, G.; HANSER, D. Need of a bim-agile coach to oversee architectural design. In: **36th Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 36**. [S.l.: s.n.], 2018. v. 1.
- GONÇALVES, C. D. A. B.; PEREIRA, M. N.; SOUZA, I. M. Conference Paper, **Uso de imagens CBERS para mapeamento de uso do solo urbano como subsídio ao planejamento**. 2005. 969-977 p.
- GREENE, M. Housing and community consolidation in informal settlements: a case of movement economy. In: **4th International Space Syntax Symposium**. [S.l.: s.n.], 2003.
- HILLIER, B. *Book. Space is the machine, a configurational theory of architecture*. London, United Kingdom: Space Syntax, 2007.
- HILLIER, B.; GREENE, M.; DESYLLAS, J. Self-generated neighbourhoods: the role of urban form in the consolidation of informal settlements. **Urban Design International**, v. 5, p. 61–96, 2000.

- HILLIER, B.; HANSON, J. Book. **The social logic of space**. New York, United States of America: Cambridge University Press, 1984.
- IBGE. Book. **Aglomerados Subnormais - Informações territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Notas Metodológicas**. [S.l.], 2010.
- IBGE. **Base de informações do censo demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. [S.l.], 2011.
- IBGE. Book. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. (Manuais técnicos em geociências).
- IBGE. Book. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015**. Rio de Janeiro: Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2016.
- KUHN, T. S. Book. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- KUMAR, S. S.; MCARTHUR, J. J. Streamlining building information model creation using agile project management. In: \_\_\_\_\_. **Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations**. Southampton, Boston: WITpress, 2015. v. 149, p. 229–240.
- LAMAS, J. M. R. G. Book. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. 2a ed.. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.
- LAURINI, R. Book. **Information Systems for Urban Planning: A hypermedia co-operative approach**. London: Taylor & Francis, 2001.
- LAWSON, B. Book. **How designers think: The design process demystified**. 4th. ed. Oxford: Elsevier, 2005.
- LAWSON, B. Book. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LEE, C. Book. **Models in planning: an introduction to the use of quantitative models in planning**. [S.l.]: Pergamon Press, 1973. v. 4. (Urban and regional planning, v. 4).
- LEONARDI, F.; ALMEIDA, C. M. d.; FONSECA, L. M. G.; CAMARGO, F. F. Conference Paper, **Avaliação comparativa entre classificação supervisionada por regiões e orientada a objeto para imagens de alta resolução espacial: Cbers 2B-HRC e Quickbird**. 2009. 981-988 p.
- LEÃO, C.; KRUG, L. A.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação de imagens tm/landsat e ccd/cbers para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da bahia. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 939–946.
- LIMA, M. Q. C. **Ver a cidade: modelagem da informação para regulação de assentamentos informais**. Tese (Dissertation) — Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2017.

LOPES, J. V.; PAIO, A.; BEIRAO, J. N. D. C.; PINHO, E. M.; NUNES, L. Multidimensional analysis of public open spaces - urban morphology, parametric modelling and data mining. In: **33rd eCAADe Conference**. Vienna, Austria: Vienna University of Technology, 2015. v. 1, p. 351–360.

MENG, G.; HALL, G. B. Assessing housing quality in metropolitan lima, peru. **Journal of housing and the built environment**, v. 21, p. 413–439, 2006.

MESSIAS, C. G.; GAROFALO, D. F. T. Conference Paper, **Diferentes técnicas de classificação digital em imagens LANDSAT 8, para o mapeamento do uso do solo no município de Campinas-SP**. 2015.

MONTENEGRO, N.; DUARTE, J. Computational ontology of urban design: Towards a city information model. In: ÇAĞDAŞ, G.; COLAKOĞLU, B. (Ed.). **Computation: The New Realm of Architectural Design 27th eCAADe Conference Proceedings**. [S.l.: s.n.], 2009. ISBN 978-0-9541183-8-9.

MOREIRA, E. **Modelando a Percepção: O ambiente do patrimônio cultural edificado na regulação da forma urbana**. Tese (Thesis) — Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2018.

MOREIRA, E.; ANDRADE, D. R. R. Construção e cidade: Diferenças ontológicas na elaboração de um conceito de cim. **Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 8, 2018.

MOREIRA, E.; CARDOSO, D. R. Sistema integrado de modelagem da informação como suporte ao planejamento e ao projeto urbanos. In: **PORTUGUESE NETWORK URBAN MORPHOLOGY - PNUM**. [S.l.: s.n.], 2017.

OLIVEIRA, V. Morfologia urbana: diferentes abordagens. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 4, n. 2, p. 65–84, 2016.

OLIVEIRA, V. Book. **Diferentes abordagens em morfologia urbana. Contributos luso-brasileiros**. [S.l.]: uf books, 2018.

PEQUENO, L. B. R. Book. **Como anda Fortaleza**. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2009.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. Geoprocessamento e urbanismo. In: \_\_\_\_\_. **Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de geografia contemporânea**. Rio Claro: Programa de Pós-graduação em Geografia - UNESP, 2001.

PINHEIRO, F. J. Book. **Déficit habitacional no Brasil 2013-2014**. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações, 2016. 92 p. (Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações). ISBN 9788579580192.

PORTUGALI, J. Self-organizing cities. **Futures**, v. 29, n. 4, p. 353–380, 1997.

PORTUGALI, J. Book. **Self-Organization and the City**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000. (Springer Series in Synergetics). ISBN 978-3-642-08481-2 978-3-662-04099-7. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-04099-7>>.

RIO, V. D. Book. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento**. São Paulo: Pini, 1990.



- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. Electronic Article, **Guia do Scrum**. 2017. Disponível em: <<https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Portuguese-Brazilian.pdf>>.
- SCHÖN, D. Book. **The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action**. United States of America: Basic Books, 1983.
- SCHÖN, D. Book. **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2008.
- SENNETT, R. Book. **The Craftsman**. London: Penguin Books, 2008.
- SIMON, H. A. Prediction and prescription in systems modeling. **Operations Research**, v. 38, n. 1, p. 7–14, 1990.
- SMOLKA, M. Regularização da ocupação do solo urbano: O problema que é parte da solução, a solução que é parte do problema. In: \_\_\_\_\_. **A Lei e a Ilegalidade na produção do espaço urbano**. [S.l.: s.n.], 2003.
- SOUZA, M. L. d. Book. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. 7a ed.. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- STINY, G. Introduction to shape and shape grammars. **Environment and Planning B: Planning and Design**, n. 7, p. 343–351, 1980.
- VIEIRA, J. A. Book. **Ciência**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2007. (Formas de Conhecimento: arte e ciência uma visão a partir da complexidade).
- VIEIRA, J. A. Book. **Ontologia Sistêmica e Complexidade**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2008. (Formas do Conhecimento: arte e ciência uma visão a partir da complexidade).
- VILLAÇA, F. Book. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Estúdio Nobel, 1998.
- WHITEHAND, J. W. R. Cozenian urban morphology and landscapes. In: **6th International Space Syntax Symposium**. [S.l.]: Istanbul Technical University, 2007.