

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E  
REGIONAL

MÉTODOS DE MODELAGEM E ANÁLISE URBANA BASEADOS EM  
DADOS DESAGREGADOS

Henrique Lorea Leite

Porto Alegre  
2015

Henrique Lorea Leite

**MÉTODOS DE MODELAGEM E ANÁLISE URBANA BASEADOS EM  
DADOS DESAGREGADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.

Orientador: Romulo Krafta, PhD.

Porto Alegre

2015

### CIP - Catalogação na Publicação

Lorea Leite, Henrique

Métodos de modelagem e análise urbana baseados em dados desagregados / Henrique Lorea Leite. -- 2015. 100 f.

Orientador: Romulo Krafta.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. sistemas configuracionais urbanos. 2. modelagem urbana. 3. análise urbana. 4. dados desagregados. 5. centralidade. I. Krafta, Romulo, orient. II. Título.

En aquel Imperio, el Arte de la Cartografía logró tal Perfección que el mapa de una sola Provincia ocupaba toda una Ciudad, y el mapa del imperio, toda una Provincia. Con el tiempo, esos Mapas Desmesurados no satisficieron y los colegios de Cartógrafos levantaron un Mapa del Imperio, que tenía el tamaño del Imperio y coincidía puntualmente con él. Menos adictas al Estudio de la Cartografía, las Generaciones Siguietes entendieron que ese dilatado Mapa era inútil y no sin Impiedad lo entregaron a las Inclemencias del Sol y de los Inviernos. En los desiertos del Oeste perduran despedazadas Ruinas del Mapa, habitadas por Animales y por Mendigos; en todo el País no hay otra reliquia de las Disciplinas Geográficas.

*Jorge Luis Borges, Del Rigor de la Ciencia*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Maria Cecília e Antonio Carlos, pelo esforço em proporcionar sempre o melhor e oferecer a certeza de que foi sempre o que recebi. Ao Eduardo, agradeço por ele saber ser como ninguém exatamente o que ele é: o meu irmão mais velho.

Ao Prof. Romulo, agradeço pela disposição e pelo apoio sempre presentes e, para além das circunstâncias das orientações, agradeço pela carreira dedicada à produção de conhecimento sobre cidades, alicerce deste e de tantos outros trabalhos.

Aos colegas do PROPUR, especialmente o Raoni, companheiro desde a graduação, pelo apoio de sempre manifestado à sua maneira, e a Bárbara, por todas as vezes que me lembrou que eu não estava sozinho na caminhada.

Este trabalho também é resultado das minhas experiências profissionais durante o período do mestrado. Agradeço ao Wolney, Nádia e equipe do CNEFE, e ao Pablo e equipe do Pensa, pela oportunidade de trabalhar com eles. Ao Núcleo Jovem da Canabarro, Mayã e Pedro, e ao Fernando, pelos momentos de descontração dentro e fora do IBGE.

## RESUMO

O presente trabalho investiga possibilidades quanto à utilização de dados desagregados, especificamente do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em modelos e análises urbanas. A divulgação do CNEFE representa uma mudança no quadro histórico de escassez de dados a respeito do uso do solo urbano no Brasil. Nesse novo contexto em que a aquisição deste tipo de informação – sem perder de vista suas contingências – deixa de ser uma debilidade em estudos a respeito das cidades brasileiras, apresenta-se nesta dissertação quatro métodos de modelagem e análise sob a perspectiva dos sistemas configuracionais urbanos que lançam mão do CNEFE enquanto insumo. Ao longo de três capítulos com características de artigos, explora-se primeiro a construção de modelos descritivos a partir dos dados; em seguida, busca-se como avaliar a nitidez com que os dois modelos produzidos descrevem o sistema urbano representado; e, por último, discute-se como confrontar os resultados da análise da acessibilidade do sistema urbano com os dados do modelo. Como estudo de caso, utilizou-se a cidade de Ijuí, RS.

Palavras-chave: sistemas configuracionais urbanos; modelagem urbana; análise urbana; dados desagregados.

## **ABSTRACT**

This work investigates possibilities regarding the use of disaggregated data, specifically from the National Addressing Record for Statistical Purposes (CNEFE) of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) in urban modelling and analysis. The release of CNEFE represents a change in the historic scenario of land use data shortage in Brazil. Within this new context, in which the acquisition of this kind of information is no longer a weakness for research on Brazilian cities, this dissertation presents four methods for the construction of urban models and analyses under the perspective of urban configurational systems. Along three paper-like chapters, we first explore the construction of descriptive models with the mentioned data; then, we evaluate how sharply the produced models can describe the represented system; and, at last, we discuss how to confront the results of the accessibility analysis with the data. As a case study, we used the city of Ijuí, in Southern Brazil.

Keywords: configurational urban systems; urban modelling; urban analysis; disaggregated data.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. Quadro Temático .....	12
1.1.1. O Fenômeno Urbano como Sistema Complexo .....	12
1.1.2. Os Conjuntos de Dados Desagregados .....	14
1.2. Problema de Pesquisa e Objetivos .....	15
1.2.1. Objetivo geral .....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Estrutura do Trabalho .....	16
<b>2. SOBRE DADOS E MODELAGEM URBANA.....</b>	<b>18</b>
2.1. Dados Municipais.....	19
2.2. Dados Intraurbanos .....	22
2.3. Método para georreferenciamento dos endereços do CNEFE .....	25
2.3.1. Descrição.....	25
2.3.2. Considerações.....	26
2.4. Método para geração de trechos a partir de quadras .....	27
2.4.1. Descrição.....	28
2.4.2. Considerações.....	33
2.5. Possibilidades de Utilização dos Dados Urbanos em Modelos Configuracionais .....	34
<b>3. SOBRE MODELAGEM E ANÁLISE URBANA .....</b>	<b>38</b>
3.1. O Processo de Modelagem .....	39
3.1.1. Contingências relacionadas ao uso da Base Territorial do IBGE em modelos urbanos .....	40
3.1.2. A produção do insumo para o modelo.....	43
3.2. O Modelo Resultante .....	45
3.2.1. Propriedades do mapa de quadras .....	46



3.2.2. Propriedades do mapa de trechos.....	47
3.2.3. Tratamento dos atributos.....	49
3.3. Método para a Comparação entre modelos descritivos.....	51
3.3.1. Nitidez nos modelos descritivos.....	54
3.3.2. Representações gráficas dos resultados.....	55
3.3.3. Considerações.....	58
3.4. Análise das propriedades do sistema.....	58
3.4.1. Formas construídas de uso geral.....	59
3.4.2. Formas construídas de uso específico.....	62
3.5. Considerações Finais.....	65
<b>4. SOBRE ANÁLISE DA CENTRALIDADE E DADOS URBANOS.....</b>	<b>68</b>
4.1. Visão Geral sobre os Dados.....	70
4.1.1. Uso do solo.....	71
4.1.2. Valor do solo.....	72
4.1.3. Renda.....	73
4.2. Correspondência entre os atributos.....	74
4.2.1. Valor do solo e uso do solo.....	75
4.2.2. Valor do solo e renda média.....	78
4.2.3. Considerações.....	79
4.3. Centralidade da Rede Urbana.....	79
4.3.1. Das descrições do espaço público para os grafos urbanos.....	80
4.3.2. Implementação, cálculo e resultados.....	83
4.4. Método de Comparação entre Localizações do CBD.....	86
4.4.1. Procedimentos.....	87
4.4.2. Resultados.....	88
4.5. Considerações Finais.....	90
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>93</b>

## 6. REFERÊNCIAS .....95

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de procedimentos do método. ....	26
Figura 2: percentual de endereços do CNEFE georreferenciados segundo validação por setor censitário. ....	27
Figura 3: dados de entrada para aplicação do método, classe de feição do tipo linha representando faces de quadra. ....	29
Figura 4: dados de entrada para aplicação do método, classe de feição do tipo linha representando faces de quadra. ....	29
Figura 5: geração de classes de feição do tipo polígono representando os espaços públicos e privados. ....	29
Figura 6: geração de pontos a partir da classe de feição de faces. ....	30
Figura 7: terceira etapa do método, diferenciação entre os pontos sobrepostos aos vértices e os sobrepostos às faces. ....	30
Figura 8: geração dos polígonos de Thiessen. ....	31
Figura 9: subtração da área correspondente aos espaços privados. ....	31
Figura 10: diferenciação entre as áreas de domínio das faces e das esquinas. ....	32
Figura 11: geração de linhas correspondentes às interfaces entre áreas de influência de faces vizinhas e agregação dos polígonos de Thiessen das esquinas. ....	32
Figura 12: substituição dos polígonos de Thiessen das esquinas por seus centroides. ....	33
Figura 13: remoção dos vértices intermediários dos elementos lineares. ....	33
Figura 14: individualização do espaço público por conectividade. ....	36
Figura 15: individualização do espaço público por nodalidade. ....	36
Figura 16: mapa de quadras de Ijuí destacando as faces limítrofes. ....	44
Figura 17: mapa de quadras de Ijuí destacando a classificação de faces por setor. ....	44
Figura 18: correspondência entre formas construídas e endereços do CNEFE por setor censitário. ....	47
Figura 19: representação das relações entre faces, trechos e nós em diagrama de classes OMT-G. ....	48
Figura 20: mapa de trechos com representação de trechos e diferenciação do espaço com base nas quadras. ....	49
Figura 21: mapa de trechos com representação de trechos e nós e diferenciação do espaço com base nos setores. ....	49
Figura 22: Formas construídas por face segundo as classes do mapa de quadras. ....	52
Figura 22: Formas construídas por face segundo as classes do mapa de trechos. ....	54
Figura 24: Distribuição das formas construídas por trecho desagregadas das faces. ....	56
Figura 25: Distribuição das formas construídas por trecho desagregadas dos setores. ....	56
Figura 26: Distribuição das formas construídas por nó desagregadas das faces. ....	57

Figura 27: Distribuição das formas construídas por nó desagregadas dos setores. .	58
Figura 28: Distribuição dos domicílios particulares. ....	60
Figura 29: Histograma dos domicílios particulares por trecho.....	61
Figura 30: Histograma dos estabelecimentos de outras finalidades por trecho. ....	61
Figura 31: Distribuição dos estabelecimentos de outras finalidades. ....	62
Figura 32: Distribuição dos estabelecimentos de saúde. ....	63
Figura 33: Distribuição dos estabelecimentos de educação. ....	63
Figura 34: Distribuição dos estabelecimentos agropecuários. ....	64
Figura 35: Distribuição dos domicílios coletivos.....	65
Figura 36: Distribuição das edificações em construção. ....	65
Figura 37: Diagrama de classes e atributos do modelo analítico. ....	71
Figura 38: razão entre pontos de oferta e pontos de demanda por trecho.....	72
Figura 39: mapa de valor do solo de Ijuí. ....	73
Figura 40: renda média. ....	74
Figura 41: quantidade de trechos por faixa de valor do solo. ....	75
Figura 42: média de espécies de forma construída por faixa de valor do solo.....	76
Figura 43: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo. ....	76
Figura 44: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo, sem outlier. .	77
Figura 45: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo, regressão logística. ....	77
Figura 46: média de estabelecimentos de outras finalidades por faixa de valor do solo.....	78
Figura 47: média de renda por faixa de valor do solo. ....	79
Figura 48: grafograma primal, resultante da individualização do espaço público por nodalidade.....	81
Figura 49: grafograma dual, resultante da individualização do espaço público por conectividade. ....	81
Figura 50: grafograma misto resultante da criação de nós e trechos de segunda ordem. ....	82
Figura 51: média de renda por faixa de valor do solo. ....	82
Figura 52: medida de closeness.....	84
Figura 53: distância ao centroide. ....	85
Figura 54: correspondência entre medida de closeness e distância ao centroide ....	85
Figura 55: distância ao CBD, com flecha indicando o exato ponto de referência da medida. ....	86
Figura 56: classes de distância ao CBD.....	87
Figura 57: proporção de trechos coincidentes por faixa de valor do solo.....	88
Figura 58: comparação entre médias de domicílios particulares por faixa de valor do solo.....	89
Figura 59: comparação entre médias de domicílios particulares por faixa de valor do solo, sem outlier. ....	89
Figura 60: comparação entre médias de estabelecimentos de outras finalidades por faixa de valor do solo ....	90
Figura 61: comparação entre rendas médias por faixa de valor do solo .....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: espécies de endereço atribuídas ao mapa de quadras e endereços do CNEFE associados aos setores.....	46
Tabela 2: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas às faces. ....	54
Tabela 3: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas aos trechos e nós. .....	55
Tabela 4: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas aos trechos e nós. .....	55

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. QUADRO TEMÁTICO

### 1.1.1.O Fenômeno Urbano como Sistema Complexo

A abordagem aqui adotada entende o espaço urbano enquanto sistema, o qual é constituído por um conjunto de elementos inter-relacionados, de tal maneira que mudanças ocorridas em qualquer um dos seus componentes reflete na sua configuração como um todo (ECHENIQUE, 1975). Também se considera que os sistemas urbanos são abertos, no sentido de que realizam trocas com o ambiente, e complexo, na medida em que suas partes são muito numerosas e estão em constante transformação, de modo que seus estados não são previsíveis, mesmo que seus elementos e suas relações sejam conhecidos. (PORTUGALI, 1997). Ainda, reconhece-se nos sistemas urbanos a propriedade de auto-organização, pela capacidade de adaptação dos agentes frente à ocorrência de perturbações, das quais podem emergir novos comportamentos (ALLEN, 2005).

#### 1.1.1.1. Sistemas Urbanos e Modelagem Urbana

Os sistemas são representados sob a forma de modelos, formados pelos atributos dos objetos existentes em um dado recorte da realidade, a partir dos quais pode-se compreendê-la melhor (ECHENIQUE, 1975). Dentro do paradigma dos sistemas complexos, a modelagem urbana adquire outro enfoque: perde o caráter preditivo e passa a ser uma ferramenta sistemática de aprendizagem sobre a realidade (PRIGOGINE, 2005).

#### 1.1.1.2. Sistemas Urbanos e Análise Urbana

Como elementos dos sistemas urbanos, consideram-se não apenas as formas construídas por si só existentes no espaço urbano, mas também a matéria urbana, conceito que inclui ainda as atividades e conteúdos sociais vinculados às formas construídas (KRAFTA, 1997a; NETTO; KRAFTA, 2009). A matéria

urbana se distribui desigualmente pelo sistema, pautada por uma dimensão hierárquica intrínseca à morfologia urbana. Esta dimensão é justamente a centralidade (KRAFTA, 2008, p. 58).

Das diferentes maneiras de se analisar a centralidade, destaca-se aquelas baseadas em medidas de distância. Sob essa perspectiva, a centralidade é uma função da proximidade de um elemento em relação aos demais pertencentes a um sistema. Este tipo de mensuração é chamado de acessibilidade (KRAFTA, 2014, p. 127).

Estudos empíricos de Porta e colegas (2011) apontam correlações entre a localização de atividades de comércio e serviços e as áreas de maior acessibilidade. Krafta (2008, p. 58) considera que a acessibilidade constitui um parâmetro de diferenciação espacial: as localizações mais acessíveis ofereceriam maior oportunidade de efetivação de negócios para as atividades instaladas sobre elas. Segundo o autor, a competição por localizações no sistema como um todo cria uma estrutura de valores do solo.

#### 1.1.1.3. Sistemas Urbanos e Avaliação de Desempenho

Netto e Krafta (2009) argumentam que modelos constituídos por atributos espaciais e sociais dos elementos e a forma com que estes se inter-relacionam são instrumentos necessários, mas que, por si só, não são suficientes para revelar implicações em um sistema urbano. Desta forma, a avaliação do desempenho urbano através de indicadores depende da identificação de feixes de causalidade entre propriedades de elementos e o comportamento do sistema, e não apenas no reconhecimento ou na mensuração de graus de intensidade de características.

Lembra-se, no entanto, o contexto dos sistemas complexos em que esta discussão se situa, dentro do qual o reconhecimento de relações de causa e efeito só se estabelece em nível elementar. A este respeito, ponderam os autores:

A dependência entre análise de desempenho e a identificação de causalidades parciais, condicionais, certamente ligadas a contingências e imersas em complexidade, são

simultaneamente a fraqueza metodológica e também a *raison d'être* destes métodos: sem apontar a probabilidade de certos efeitos sob certas condições, tais métodos tornam-se inúteis (NETTO; KRAFTA, 2009, p. 160).

Sob essa perspectiva, Clarke e Wilson (1994, p. 14) sugerem um entendimento literal da acepção do termo indicador, no sentido de que apontam uma indicação, e não uma determinação. Através destes, pode-se proceder investigações mais aprofundadas a respeito de problemas e possíveis soluções nas áreas indicadas, que podem incluir análises qualitativas se apropriado.

### 1.1.2.Os Conjuntos de Dados Desagregados

Completa-se o quadro temático com uma alusão aos conjuntos de dados a serem utilizados no desenvolvimento desta dissertação, que merecem destaque em função da novidade que representam para estudos urbanos.

O CNEFE – Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – é um banco de dados com mais de 78 milhões de endereços, produzido pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – com o intuito de subsidiar a realização de pesquisas domiciliares da própria instituição. Os registros desagregados disponíveis publicamente<sup>1</sup> apresentam uma classificação das espécies de endereços quanto ao seu uso. Embora a natureza do CNEFE seja operacional, reconhece-se nesses dados uma relevante fonte de informação a respeito de uso do solo abrangente a todos os municípios do Brasil (IBGE, 2011d, 2013a).

Os trabalhos conhecidos até o momento que fizeram uso dos dados do CNEFE em estudos urbanos são vinculados ao Grupo de Pesquisa Sistemas Configuracionais Urbanos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CORTELETTI, 2015; CORTELETTI; RIBEIRO, 2015) liderado pelo Prof. Romulo Krafta, que lançaram mão do método de georreferenciamento (LEITE, 2013) desenvolvido no âmbito desta dissertação, ou ao Grupo de Pesquisa Produção do Espaço Urbano e Redefinições Regionais, da Universidade

---

1

[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Cadastro\\_Nacional\\_de\\_Enderecos\\_Fins\\_Estatisticos](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Cadastro_Nacional_de_Enderecos_Fins_Estatisticos)

Estadual Paulista, Campus Presidente Prudente (PORTO-SALES et al., 2014) coordenado pela Prof. Maria Encarnação Sposito.

O CNEFE, muito embora reúna informações de entidades para as quais a localização é um recurso fundamental, não é por si só um banco de dados geográfico. Ele depende de um outro conjunto de dados, a camada Vias da Base Territorial do IBGE, que agrupa as representações de faces de quadra das áreas urbanas de todos os municípios do Brasil. Esta camada, mesmo que não exista sigilo sobre ela, não é normalmente disponibilizada ao público.

## 1.2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS

O quadro temático está composto, de um lado, por um campo de estudos para o qual dados urbanos são um insumo relevante e, de outro, por um conjunto de dados desagregados ainda pouco explorado enquanto insumo para estudos urbanos. A complementaridade entre ambos alimenta a expectativa de novas oportunidades de investigação a respeito das cidades brasileiras.

Dado o grau de quase ineditismo dos dados intrassetoriais do IBGE em estudos urbanos, são raras as referências que deem conta de seu uso, e é esta lacuna do conhecimento em que este trabalho mira. Nesse sentido, as perguntas que este trabalho visa responder não dizem respeito a um sistema urbano em particular. O enfoque aqui é mais geral e aponta em direção ao desenvolvimento de métodos que permitam que a visão sistêmica esteja presente não só na interpretação do fenômeno urbano, mas também no próprio processo de modelagem e análise.

Nesses termos, pode-se colocar as questões desta pesquisa. Em primeiro lugar, a respeito da utilização dos dados intraurbanos do IBGE. Pode-se presumir, desde um ponto de vista conceitual, que possuem grande potencial como insumo para estudos urbanos, afinal fornecem informações detalhadas e homogêneas sobre as cidades brasileiras. Entretanto, quais são as oportunidades e desafios envolvidos na sua utilização em termos de implementação? Quais são as contingências a serem contornadas quando da construção de modelos configuracionais – para os quais nuances intraurbanas são relevantes – com



estes dois conjuntos de dados, um banco de alfanumérico contendo registros de endereços e um banco de dados espacial com entidades espaciais que compõem uma representação urbana *a priori* não tratável sistemicamente, ou seja, dados tão detalhados quanto brutos? A seguir, assumindo-se a possibilidade de construção de modelos, que tipo de descrição do espaço público é mais adequada aos dados utilizados? E, por último, os dados utilizados podem revelar propriedades a respeito dos sistemas urbanos que análises não baseadas em dados podem apontar?

Mesmo com esse enfoque, entretanto, lança-se mão da cidade de Ijuí/RS como estudo de caso. Desta forma, espera-se que o limite entre o geral e o particular, para além de certo ponto, torne-se difuso. Embora se trate de uma contingência inevitável (cf. NETTO; KRAFTA, 2009, p. 160), não deixa de ser uma limitação deste trabalho.

### 1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho objetiva investigar possibilidades a respeito da construção de métodos de modelagem e análise urbana através de dados desagregados intraurbanos enquanto insumos.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Especificamente, pretende-se:

- explorar as possibilidades de utilização de dados da Base Territorial do IBGE e do CNEFE enquanto insumos para a produção de modelos urbanos;
- buscar estratégias para a avaliação da qualidade de modelos urbanos produzidos com os dados desagregados em pauta; e
- estudar eventuais propriedades de sistemas urbanos que os dados desagregados em pauta possam revelar.

## 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho não está dividido segundo um formato típico de dissertações, que, via de regra, obedecem uma sequência de revisão teórica, metodologia, estudo de caso e discussão dos resultados. Optou-se, alternativamente, por uma estrutura de capítulos com características de artigos.

Os capítulos são abertos com discussões teóricas a título de justificativa. A partir daí, efetua-se uma contextualização do tema tratado, seguida da apresentação dos métodos desenvolvidos. Por último, discutem-se os resultados. Mesmo que, nesses termos, os capítulos constituam módulos independentes, estão encadeados de forma que os resultados de um sejam relevantes para a discussão do outro.

No segundo capítulo, o tema são as divisões territoriais adotadas pelo IBGE – nas suas dimensões normativa, analítica e operacional – e os dados utilizados para representá-las, bem como são descritos métodos para que possam ser utilizados como insumos para modelos urbanos. No terceiro capítulo, apresenta-se modelos produzidos com os dados desagregados intraurbanos, seguidos de um método que avalia o grau de fidelidade com que representam o sistema em estudo. No quarto capítulo, confronta-se dados de uso e de valor do solo com os resultados da medida de acessibilidade e apresenta-se um método de comparação entre ambos. Por fim, na conclusão, discute-se os resultados obtidos a partir dos objetivos delineados nesta introdução, bem como são apontados possíveis desdobramentos deste trabalho.

## 2. SOBRE DADOS E MODELAGEM URBANA

Reconhece-se historicamente a relevância de dados para a compreensão do fenômeno urbano, bem como para o seu planejamento. No atual momento, em que as tecnologias de informação e comunicação vêm gerando um volume crescente de dados, cria-se oportunidades sem precedentes para um melhor entendimento das cidades (BATTY, 2012; WILSON, 2012; BETTENCOURT, 2013a).

Nesse âmbito, merece destaque o trabalho de Bettencourt (2013b), que, ao encontrar relações comuns a milhares de cidades do mundo de acordo com sua escala, formula um modelo matemático de eficiência para os sistemas urbanos enquanto reatores sociais. Tal modelo é, no entanto, agregado. Desta forma, considerando a natureza hierárquica e desigual dos sistemas urbanos (KRAFTA, 2008), não pode dar conta por si só de uma das expectativas do autor, quanto a ser útil como meio de avaliar estratégias de planejamento urbano (BETTENCOURT, 2013b, p. 1438).

Com esta lacuna em mente, Krafta (2013) propõe um modelo de representação morfológica da distribuição da interação social nos sistemas urbanos. Desta forma, objetiva não só contribuir com um melhor entendimento sobre o fenômeno urbano, como também ensejar intervenções que visem melhorar o seu desempenho.

Este trabalho explora possibilidades de construção de modelos urbanos a partir de dados do IBGE. Ainda que o foco seja particularmente a morfologia urbana de base configuracional, pode contribuir com esforços de modelagem de cidades brasileiras em geral, tendo em vista as limitações relacionadas à disponibilidade de dados com que o desenvolvimento de estudos urbanos precisa lidar no país (GONÇALVES, 2011), dada a notória dificuldade de muitas prefeituras em realizar e manter atualizados seus cadastros municipais, ou ainda permitir o acesso público a essas informações (AMORIM et al., 2004).

As duas primeiras seções revisam conceitos do IBGE. Na primeira, revisita-se as divisões territoriais adotadas pelo IBGE, enquanto na segunda apresenta-se

o CNEFE e seus potenciais de utilização como dados de uso do solo. As duas seções seguintes apresentam os métodos de georreferenciamento dos endereços do CNEFE e de geração de trechos a partir de faces de quadras. Em seguida, traça-se um paralelo entre as possibilidades de utilização dos métodos apresentados em modelos morfológicos configuracionais.

## 2.1. DADOS MUNICIPAIS

O IBGE chama de áreas de divulgação as divisões político-administrativas do território brasileiro, sobre as quais dissemina regularmente dados e informações, frutos das pesquisas que realiza com o intuito de cumprir sua missão<sup>2</sup> (IBGE, 2014a). No nível intramunicipal, as divisões territoriais são dispostas pelo Decreto-Lei nº 311, de 2 de março de 1938 (BRASIL, 1938).

De acordo com a norma citada, um município é constituído por um ou mais distritos, que podem ser divididos em subdistritos. Deste, a cidade é sua sede, a qual, juntamente com as sedes dos distritos, denominadas vilas, e eventuais outras áreas urbanas isoladas oficialmente definidas, formam a sua zona urbana. O restante da área de um município é considerada zona rural (BRASIL, 1938).

Estas definições normativas estão longe de esgotar os arranjos territoriais possíveis para as cidades brasileiras sob uma perspectiva analítica. Levando em consideração outros fatores para além do traçado de limites, encontra-se regularmente ocupações com características urbanas fora de cidades e vilas, bem como usos tipicamente rurais inseridos em perímetros urbanos.

Foge ao escopo deste trabalho problematizar a questão urbano-rural e supostas distorções oriundas da utilização das áreas de divulgação em estatísticas oficiais agregadas – taxa de urbanização, por exemplo. Aponta-se, entretanto, que o tema é alvo de críticas e reflexões tanto no ambiente acadêmico, sobre o qual Bispo e Mendes (2010) apresentam revisão, quanto dentro do próprio IBGE (SOUZA; DAMASCO; MEDEIROS, 2014). Saliencia-se ainda que, apesar de esta divisão territorial em nível intramunicipal estar dada por um dispositivo legal, não

---

<sup>2</sup> “Retratar o Brasil com informações necessárias ao conhecimento da sua realidade e ao exercício da cidadania” (IBGE, 2014a, p. 9).

significa que seja imutável. Como ilustração, lembra-se divisões regionais passadas, também promulgadas em peças legislativas, que passaram por modificações. Até 1970, o Brasil contava com uma região Leste, e foi apenas com a Constituição de 1988 que os territórios federais de Rondônia, Roraima e Amapá se tornaram estados (IBGE, 2002).

Cabe, sim, apontar a forma através da qual o IBGE busca dar conta de particularidades territoriais que acabam generalizadas nas áreas de divulgação. É através de recortes delimitados justamente com o fim de subsidiar políticas públicas, denominados áreas de apuração<sup>3</sup> (IBGE, 2014a, p. 23). Estas categorias contemplam fatores como uso do solo e atividades produtivas para caracterizar porções do território.

Desta forma, adquire-se a possibilidade de dividir as áreas classificadas oficialmente como zona urbana entre “áreas urbanizadas de cidade ou vila”, e “áreas não-urbanizadas de cidade ou vila”, caso possuam ou não uma ocupação tipicamente urbana. Por sua vez, as áreas de divulgação rurais podem ser tanto “aglomerados rurais”, se apresentarem propriedades urbanas, como “zona rural, exclusive aglomerados rurais” (IBGE, 2014a, p. 23–48).

São também áreas de apuração os bairros, quando forem oficialmente definidos pelos municípios, e os aglomerados subnormais. Estes últimos consistem no esforço do IBGE em retratar as áreas conhecidas no Brasil como favelas, entre outros nomes. Para tanto, estabelece critérios quantitativos, fundiários e urbanísticos:

Aglomerado Subnormal é um conjunto constituído de, no mínimo, 51 domicílios ocupando ou tendo ocupado até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) disposto em geral, de forma desordenada e densa, e carente, em sua maioria de serviços públicos essenciais (IBGE, 2014b, p. 71).

Evita-se mais uma vez entrar no mérito de uma definição utilizada pelo IBGE, neste caso a respeito dos aglomerados subnormais. Este tema é discutido em

---

<sup>3</sup> Há também áreas de apuração que apresentam recortes territoriais focados na conservação cultural e ambiental. Visto que fogem ao escopo deste trabalho, serão apenas mencionadas aqui: unidades de conservação, terras e aldeias indígenas e territórios e comunidades quilombolas (IBGE, 2014a, p. 23).

Marzulo (2014). Cabe mencionar, por outro lado, a incorporação de inovações que conferiram à instituição uma maior capacidade de identificar áreas de apuração deste tipo. Como efeito, ficou comprometida a comparabilidade entre os aglomerados subnormais do Censo 2010 (IBGE, 2011a) e de operações censitárias anteriores.

Focaliza-se agora uma terceira categoria de divisão territorial cuja finalidade é operacional: a unidade territorial de coleta. Esta subdivisão delimita a área contínua a ser coberta por cada agente de pesquisa a fim de levantar informações dentro de um prazo estabelecido. As unidades territoriais de coleta estão contidas integralmente contida integralmente em cada uma das divisões já apresentadas – áreas de divulgação e áreas de apuração. Desta forma, pode-se remontar quaisquer divisões territoriais através da agregação de unidades de coleta da mesma classe (IBGE, 2013b, 2014a).

As unidades territoriais de coleta utilizadas nos censos demográficos do IBGE são os setores censitários. Além da função operacional, os setores censitários também possuem relevância no que tange a disseminação de dados estatísticos. Desde o Censo Demográfico 2000, o IBGE divulga os chamados resultados do universo, um arquivo com informações que contempla a totalidade dos municípios do país, agregadas segundo esta divisão territorial (IBGE, 2011b).

Através de sistemas de informações geográficas (SIG), é possível atribuir os Resultados do Universo a representações espaciais dos setores censitários. Obtém-se, desta maneira, espacializações de dados dos censos na menor escala disponível e que, via de regra, constituem importantes insumos para estudos urbanos.

Além de respeitar divisões político-administrativas dos municípios e suas particularidades locais, a delimitação dos setores censitários leva em consideração aspectos práticos, tendo em vista sua razão de ser fundamentalmente operacional. Com relação ao número de domicílios, o IBGE utiliza como referência as faixas de 250 a 350 domicílios para áreas urbanas e

de 150 a 250 para áreas rurais<sup>4</sup> (IBGE, 2000). Além disso, sempre que possível, os perímetros dos setores são delimitados de acordo com os logradouros da área urbana, como será apresentado na próxima seção.

## 2.2. DADOS INTRAURBANOS

A seção anterior buscou abordar as divisões territoriais dos municípios brasileiros, segundo definições legais e técnicas do órgão responsável pela produção de dados oficiais do país. A justificativa para tal esforço vai além de precisar conceitos utilizados em estudos urbanos e até consolidados no senso comum. Pretende-se que constitua subsídio para a seção aqui apresentada.

Se as informações até o nível dos setores censitários são distribuídas em formato impresso pelo IBGE e também disponibilizadas para download em meio digital no seu site, não se pode dizer o mesmo sobre o que ocorre dentro destas unidades territoriais de coleta. Não se trata de material confidencial, pelo contrário, é uma documentação pública, mas que pouco circula fora da instituição<sup>5</sup>.

Nas áreas urbanas e nos aglomerados rurais de extensão urbana, a base territorial do IBGE chega a um grau de detalhamento maior que os setores censitários. Nos setores destes tipos, ela também compreende os espaços públicos e privados, através da camada Vias, que consiste em uma classe de feições do tipo linha correspondentes às faces de quadra. Esta representação do espaço urbano efetivada pelos elementos desta classe de feições tem finalidade operacional. Em primeiro lugar, pauta a cobertura dos setores por parte dos agentes de campo, que percorrem a área dos setores quadra a quadra, face a face, em sentido horário. Além disso, durante a operação, todos os endereços existentes são cadastrados em associação às faces. É com o suporte destes dois registros, gráfico e alfanumérico, que as coletas de pesquisas

---

<sup>4</sup> O documento citado como fonte para as faixas de referência para a delimitação dos setores diz que “os Setores Censitários são definidos de acordo com o número de domicílios”. Esta definição não está de acordo com a apresentação feita neste trabalho, baseada no Manual da Base Territorial (IBGE, 2014a).

<sup>5</sup> Até julho de 2015, as publicações que trazem informações intrasetoriais, o Manual da Base Territorial (IBGE, 2014a) e o Manual do atualizador do CNEFE (IBGE, 2013a), não estão disponíveis para download na Biblioteca Digital do IBGE, nem constam do acervo da biblioteca da Escola Nacional de Ciências Estatísticas, vinculada à instituição. O autor desta dissertação tomou conhecimento do material citado durante o período em que foi servidor do IBGE, entre junho de 2014 e agosto de 2015.

domiciliares são executadas. O registro alfanumérico em questão se chama Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE (IBGE, 2013a, 2014a).

A versão do CNEFE disponibilizada para download (IBGE, 2011c) apresenta todos os endereços identificados no Censo Demográfico 2010 e suas respectivas espécies, dentro da seguinte classificação: Domicílios Particulares, Domicílios Coletivos, Estabelecimentos Agropecuários, Estabelecimentos de Ensino, Estabelecimentos de Saúde, Estabelecimentos de Outras Finalidades e Edificações em Construção.

Trata-se de uma base padronizada e homogênea que inclui todos os municípios do Brasil. Mesmo que a sua finalidade seja subsidiar a realização de pesquisas domiciliares, reconhece-se no CNEFE forte potencial para estudos urbanos, especificamente sobre uso do solo. Cumpre observar, entretanto, algumas contingências, apresentadas abaixo:

Inicialmente, cabe apontar uma diferença conceitual existente entre os endereços residenciais do CNEFE e as estatísticas de domicílios divulgadas nos resultados das pesquisas. No primeiro caso, são dados observados em campo pelos agentes, nos quais estão incluídos tanto os domicílios efetivamente ocupados – aqueles em que serão realizadas entrevistas – quanto os que se encontram vagos, fechados ou que são de uso ocasional. Desta maneira, o total de endereços de domicílios particulares ou coletivos do CNEFE em um setor não é necessariamente igual ao número de domicílios destas categoria nos resultados do universo. Se por um lado esta diferença é inconveniente, por outro é somente em função da sua existência que o IBGE os divulga totalmente desagregados. Caso resultassem de informações coletadas, em vez de observadas, estariam sujeitos a políticas de sigilo.

Os endereços não-residenciais, embora levantados, não são utilizados como objetos de pesquisa por parte do IBGE, de modo que estes registros possuem limitações importantes quanto ao seu uso em investigações urbanas. Em primeiro lugar, as categorias são muito abrangentes. As atividades de indústria, comércio, serviços encontram-se todas na mesma classe, a dos



estabelecimentos de outras finalidades. A princípio, pode-se efetuar uma filtragem destes endereços através do campo denominado Identificação do Estabelecimento, que o agente de pesquisa deve preencher segundo a seguinte instrução: “não utilize expressões genéricas para um estabelecimento em funcionamento, como, por exemplo, ‘loja’. Identifique-o corretamente como: ‘Loja de roupa infantil’” (IBGE, 2013a, p. 48). Entretanto, é comum encontrar registros em desacordo com esta orientação.

Ainda sobre os endereços não-residenciais, existe uma outra dificuldade relacionada à ponderação. Um mesmo registro pode abrigar um ou mais estabelecimentos. A diferenciação entre estes casos é dada pelo campo Indicador de Endereço, que pode receber os valores único e múltiplo. No segundo caso, há ainda informação complementar relativa ao número de estabelecimentos: até dez, mais de dez ou quantidade desconhecida (IBGE, 2013a, p. 48–49). Nesses termos, uma galeria com uma dezena de lojas constitui um registro com as mesmas propriedades de um shopping center de grande porte.

Além dos endereços, a operação de coleta do CNEFE inclui ainda um conjunto de informações denominado características do entorno<sup>6</sup>, que indicam a existência de elementos de urbanização: identificação do logradouro, iluminação pública, pavimentação, arborização, bueiros, acúmulo de lixo, esgoto a céu aberto, meio-fio, calçada e rampa para cadeirantes. No entanto, estas informações, também levantadas face a faces, são divulgadas somente nos resultados do universo, agregadas por setor censitário (IBGE, 2013a, p. 53–56).

Como já mencionado, o CNEFE não é um banco de dados espacial, mas sim alfanumérico. Apenas os endereços rurais possuem atributos de latitude e longitude, de tal forma que são passíveis de serem georreferenciados. Os endereços urbanos, por sua vez, dependem, para serem localizados espacialmente, de associação com a classe de feições que contém as faces de quadra da base territorial: a já mencionada camada Vias.

---

<sup>6</sup> O levantamento das características do entorno foi uma demanda do laboratório Observatório das Metrópoles, do IPPUR/UFRJ, atendida pelo IBGE. Estas informações, agregadas por setor censitário, foram utilizadas na elaboração do indicador de infraestrutura, um dos componentes do IBEU – Índice de Bem-Estar Urbano (RIBEIRO; RIBEIRO, 2013).

## 2.3. MÉTODO PARA GEORREFERENCIAMENTO DOS ENDEREÇOS DO CNEFE

Para contornar a contingência da localização espacial dos endereços do CNEFE, desenvolveu-se no âmbito desta pesquisa um método para georreferenciá-los (LEITE, 2013), apresentado a seguir.

### 2.3.1. Descrição

O método consiste no tratamento dos dados no CNEFE, de forma que cada entrada de endereço do banco de dados, em formato texto, torne-se um *placemark* do formato KML, a linguagem de marcação de entidades geográficas adotada pelo *Google Earth*. Utilizando-se este software e seu serviço de geocodificação, os endereços passam a ser associados a pontos georreferenciados, que podem então alimentar um Sistema de Informações Geográficas.

O fluxograma apresentado abaixo sintetiza os procedimentos, com as operações, softwares e formatos de arquivo envolvidos em cada etapa do método descrito a seguir:

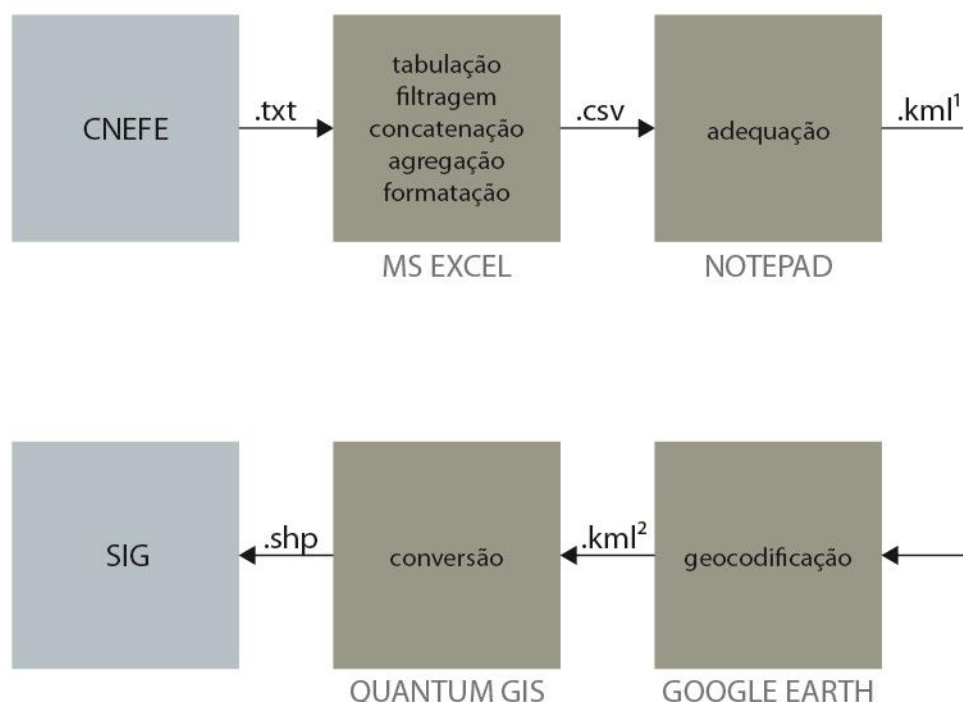


Figura 1: Fluxograma de procedimentos do método.

A primeira operação consiste em carregar os registros em formato TXT do CNEFE e tabulá-los em uma planilha do software *Microsoft Excel*, dividindo as variáveis em colunas independentes, de acordo layout fornecido pelo IBGE, que informa a posição e o número de caracteres de cada campo. Em seguida, cumpre executar uma série de operações (filtragem, concatenação, agregação e formatação) e exportar um arquivo CSV com os dados dos endereços e a sintaxe KML. No *Notepad*, efetua-se a adequação do arquivo gerado, do qual se devem remover os caracteres separadores de valores, obtendo-se assim um arquivo de texto puro somente com a linguagem de marcação que será interpretada pelo *Google Earth*. Este software procederá a geocodificação dos endereços carregados, resultando na marcação de pontos georreferenciados, que deverão ser salvos em um KML. Finalmente, utiliza-se o software *Quantum GIS* para converter este último arquivo em formato SHP, utilizado pelos Sistemas de Informações Geográficas.

### 2.3.2.Considerações

A figura 2 ilustra o percentual de endereços agregados por face georreferenciados validados por setor censitário na cidade de Ijuí. Pode-se perceber que os setores periféricos tendem a ter piores resultados, mas não existe um padrão claro de distribuição espacial. A taxa de validação geral para a área foi de 64%. Cabe ressaltar, no entanto, que os resultados não são generalizáveis para todos os municípios. Não é possível afirmar que estes resultados serão semelhantes em outros locais.

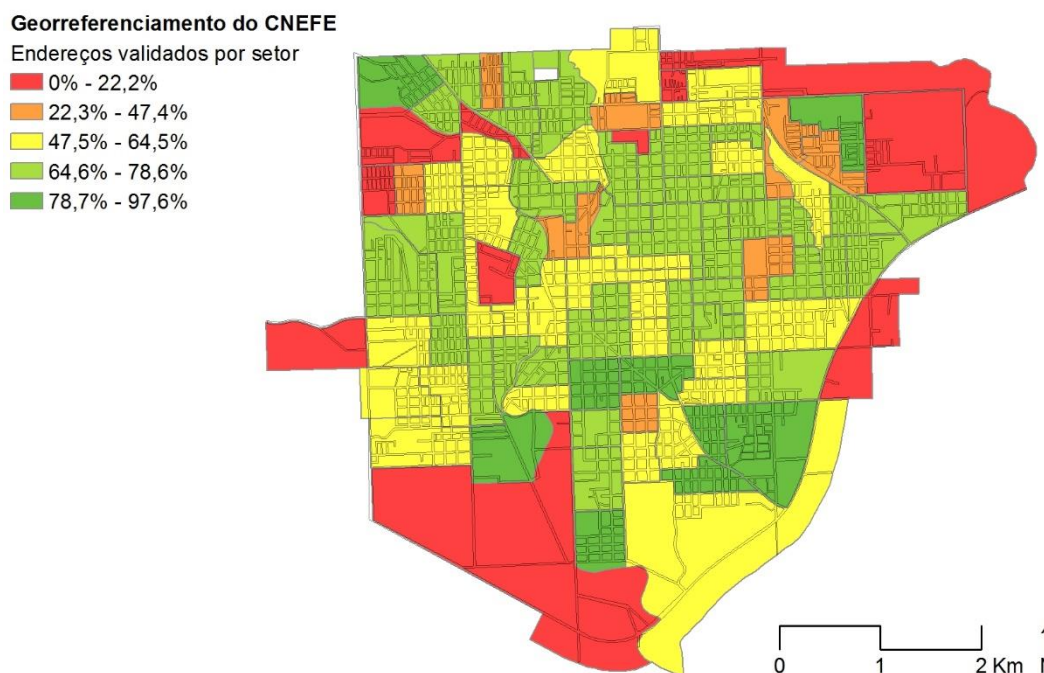


Figura 2: percentual de endereços do CNEFE georreferenciados segundo validação por setor censitário.

No momento em que o IBGE divulgar a camada Vias da sua base territorial<sup>7</sup>, será possível associar os registros do CNEFE às feições das faces de quadra, e assim obter-se-á uma espacialização dos endereços com acuidade teoricamente total, ao mesmo tempo em que o método apresentado se tornaria obsoleto. De outro lado, uma fragilidade do método é a sua dependência de um serviço oferecido gratuitamente por uma empresa privada, que pode deixar de fazê-lo a qualquer momento. Caso isso ocorra, o método passaria a ser inutilizável.

## 2.4. MÉTODO PARA GERAÇÃO DE TRECHOS A PARTIR DE QUADRAS

Desenvolveu-se no âmbito deste trabalho um método para a geração de mapas de trechos a partir de faces de quadra. O método foi desenvolvido visando a utilização com a camada Vias da base territorial do IBGE, mas seu uso não se limita a insumos desta procedência. Pode também ser utilizado com

<sup>7</sup> A camada citada foi produzida por empresas terceirizadas, durante a preparação para o Censo Demográfico 2010. Até o início de 2015, havia impedimentos contratuais que impediam essa divulgação. No presente momento, a instituição discute questões operacionais com vistas a disseminação dos dados mencionados.

representações do espaço urbano baseadas em faces de quadra de outras fontes.

O tipo de problema que este método se propõe a resolver não é novo nem está circunscrito apenas ao campo dos estudos urbanos. É aplicável a diferentes áreas do conhecimento em que seja relevante a identificação de canais de circulação, os quais, uma vez representados através de elementos lineares interconectados, tornam-se mais facilmente tratáveis em termos computacionais. Em um contexto urbano, Radke e Floodmark (1999) já propunham uma solução para extrair linhas centrais de mapas justamente visando a sua utilização em sistemas de suporte à decisão espaciais de municípios. A título de ilustração, pode-se mencionar a área das ciências biológicas, nas quais são utilizados procedimentos semelhantes para o reconhecimento de redes vasculares a partir de imagens radiológicas (KIRBAS; QUEK, 2003).

O algoritmo foi implementado através da ferramenta *Model Builder*, do software *ArcMap*, versão 10.2.2, produzido pela empresa Esri. Trata-se de uma sequência de operações de geoprocessamento, que utiliza como dados de entrada um arquivo em formato *shapefile*, na qual cada face de quadra é representada por uma feição do tipo linha. A partir do insumo inicial, executa-se uma série de procedimentos, de maneira a resultar um novo arquivo *shapefile*, também do tipo linha, cujas feições correspondem a trechos de logradouros.

Como visto na seção anterior, os registros do CNEFE se associam às feições da camada vias da base territorial do IBGE. Assim, é relevante para este trabalho que os eixos gerados herdem informações das faces de quadra que lhe deram origem, de forma que seja possível atribuir os endereços à nova classe de feições.

#### 2.4.1. Descrição

Apresenta-se aqui uma descrição das etapas do método, ilustrada com imagens de um fragmento da camada Vias referente ao Balneário Cassino, localizado no município de Rio Grande/RS. O fluxograma apresentado abaixo sintetiza os procedimentos envolvidos em cada etapa do método descrito a seguir:

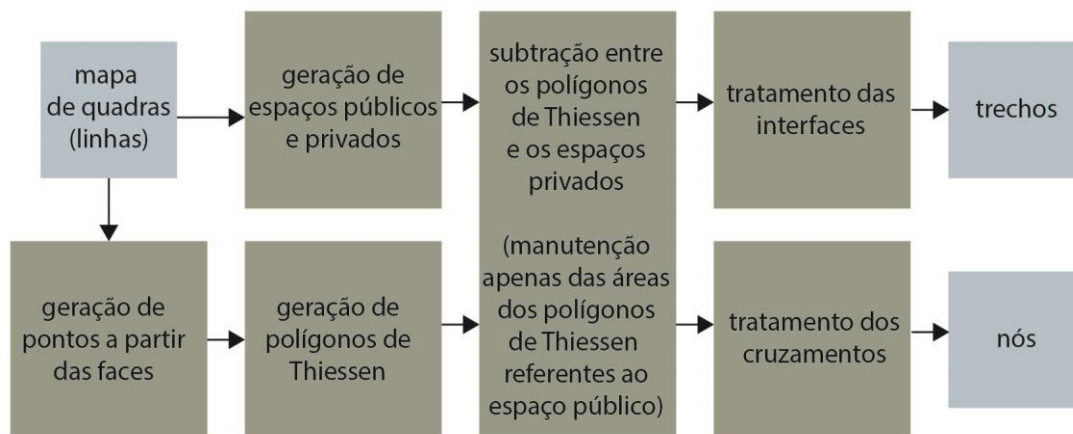


Figura 3: dados de entrada para aplicação do método, classe de feição do tipo linha representando faces de quadra.

Parte-se de uma classe de feições do tipo linha, cujas feições representam as faces de quadra do sistema urbano (figura 4). O primeiro procedimento a ser efetuado é a criação de uma classe de feições do tipo polígono, em que uma das feições representa os espaços públicos e as demais representam os espaços privados (figura 5).

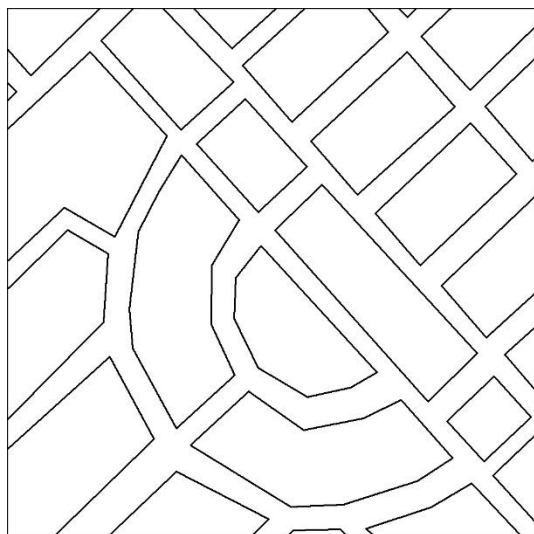


Figura 4: dados de entrada para aplicação do método, classe de feição do tipo linha representando faces de quadra.

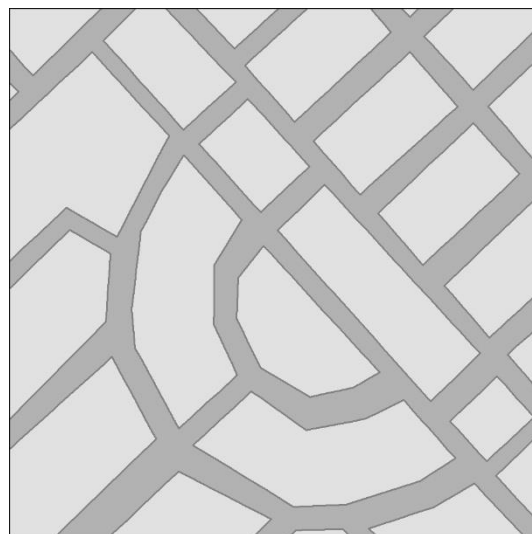


Figura 5: geração de classes de feição do tipo polígono representando os espaços públicos e privados.

Nesta primeira etapa já fica evidente uma transformação em direção à criação de um modelo urbano. Os dados de entrada são entidades abstratas – conjuntos de linhas conectados por seus vértices, separados de outros conjuntos semelhantes por um vazio – que só fazem sentido através da interpretação humana. A geração dos polígonos estabelece uma primeira relação entre todas as entidades: os espaços privados passam a ser áreas encerradas dentro da

superfície única do espaço público, remetendo à ideia de alcançabilidade dos sistemas urbanos, “que significa que qualquer célula possui pelo menos uma adjacência e é, como todas, alcançável desde qualquer outra” (KRAFTA, 2014, p. 84).

A seguir, utiliza mais uma vez os dados de entrada: cria-se uma classe de feição de pontos e geram-se elementos deste tipo ao longo das linhas das faces (figura 6). É importante observar que esta operação, quando executada em software de geoprocessamento, atribui aos pontos gerados a chave de identificação das linhas que lhes deram origem. Note-se ainda que todas as esquinas entre faces diferentes estão cobertas por pontos. Dado que estes são exatamente os pontos de encontro entre duas linhas, depreende-se que há dois pontos sobrepostos. No passo seguinte, efetua-se justamente a fusão entre estes pontos sobrepostos, mantendo-se também as chaves de identificação das duas linhas dos quais são oriundos (figura 7).

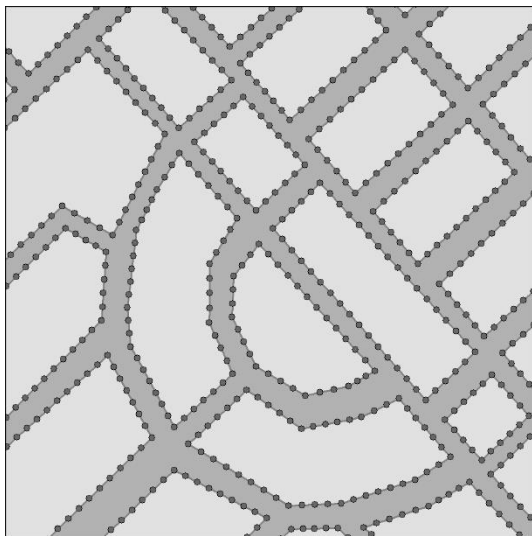


Figura 6: geração de pontos a partir da classe de feição de faces.

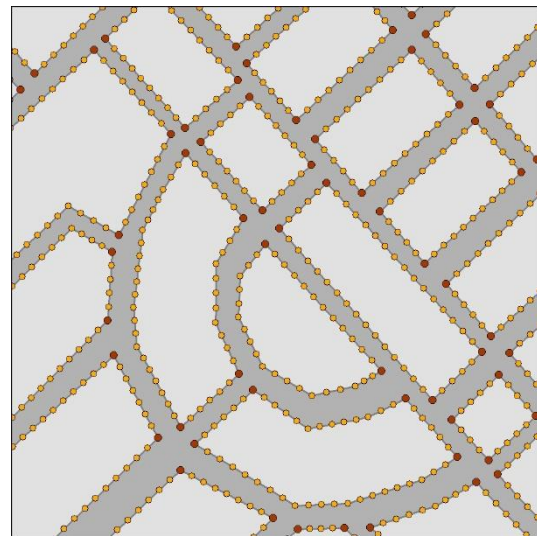


Figura 7: terceira etapa do método, diferenciação entre os pontos sobrepostos aos vértices e os sobrepostos às faces.

A próxima etapa consiste na geração de polígonos de Thiessen a partir dos elementos da classe de feição de pontos (figura 6). Esta forma geométrica define a área em torno de um ponto que está mais próxima deste ponto do que de quaisquer pontos vizinhos (THIESSEN, 1911, p. 1084). Como resultado desta operação, portanto, obtém-se a área de influência de todos os pontos gerados na etapa anterior.



Como se pode perceber na figura 8, as áreas de influência se sobrepõem a todos os espaços urbanos representados. Os espaços privados, como não poderiam deixar de ser, fazem parte das áreas de influência das próprias faces que lhes circunscvem. Estas porções dos polígonos de Thiessen são subtraídas, utilizando-se os polígonos das quadras como gabarito (figura 9). O espaço público, por sua vez, é preenchido pelas áreas de influência de todas as faces.

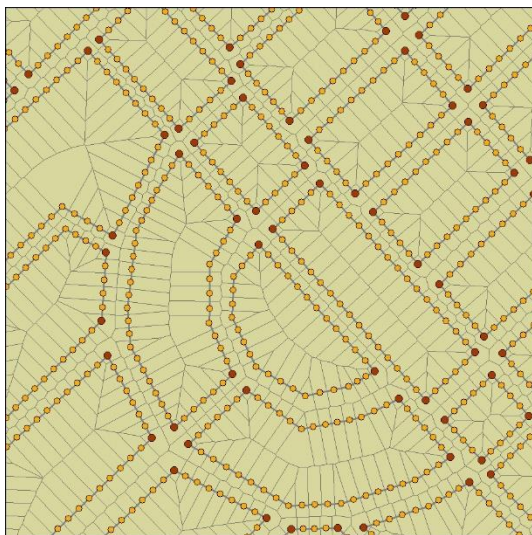


Figura 8: geração dos polígonos de Thiessen.

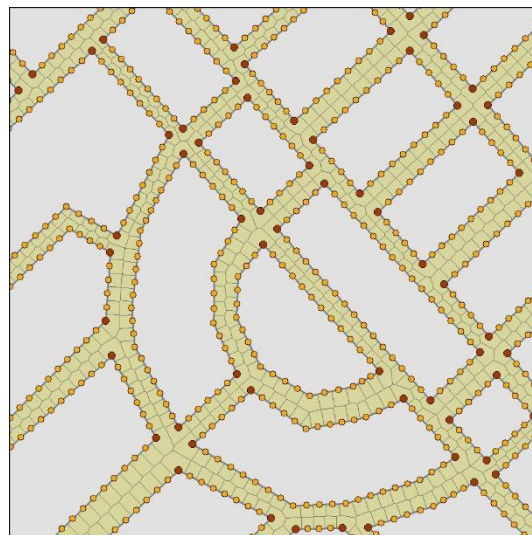


Figura 9: subtração da área correspondente aos espaços privados.

A sobreposição das áreas de influência pelo espaço público pode ser interpretada como uma extrapolação da dimensão geométrica dos espaços privados, processo que ocorre simultaneamente ao estabelecimento de relações topológicas entre os mesmos. Nessa condição, os canais de circulação deixam de constituir uma superfície e passam a assumir uma representação abstrata, linear, coincidente com as interfaces entre os diferentes domínios privados. Lançam-se assim as bases para uma abordagem configuracional do espaço urbano (KRAFTA, 2014, p. 82–84), ainda que em um nível conceitual. Avança-se a partir de agora em direção a uma formalização, de maneira que o resultado do método seja claramente legível e computacionalmente tratável.

De maneira análoga à classificação dos pontos nas três ilustrações anteriores, a figura 10 estabelece uma diferenciação entre os polígonos de Thiessen gerados a partir de pontos localizados ao longo das faces e aqueles oriundos das esquinas. As duas categorias passam a receber tratamentos diferentes. A partir da primeira, cria-se uma nova classe de feições do tipo linha, na qual somente os segmentos limítrofes entre os domínios das faces são mantidos. Enquanto



isso, todos os elementos da segunda são agregados – observe-se que cada um dos polígonos de Thiessen das esquinas são adjacentes a pelo menos mais um elemento do mesmo tipo. Como resultado dos dois últimos procedimentos, obtém-se elementos lineares conectados a elementos poligonais (figura 11).

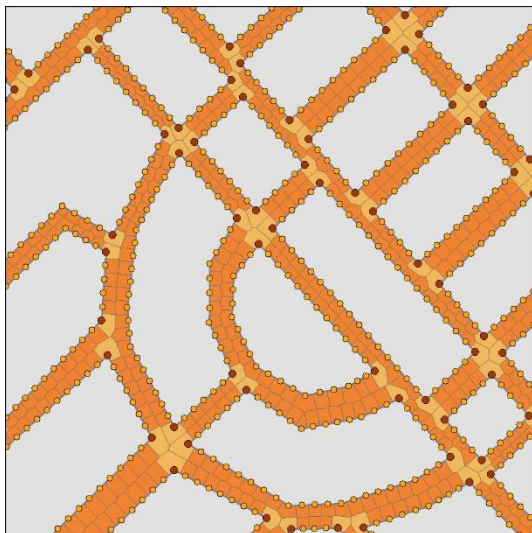


Figura 10: diferenciação entre as áreas de domínio das faces e das esquinas.

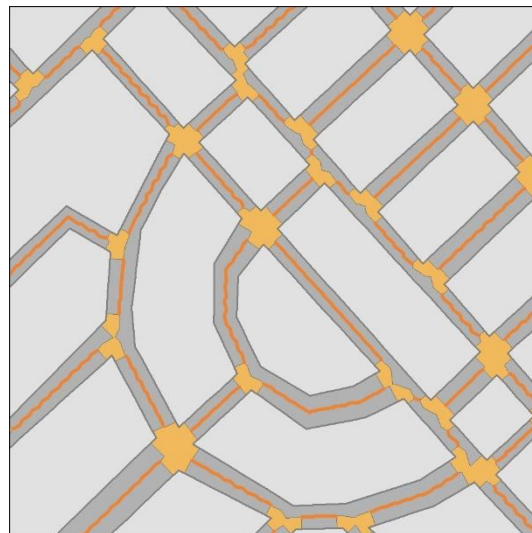


Figura 11: geração de linhas correspondentes às interfaces entre áreas de influência de faces vizinhas e agregação dos polígonos de Thiessen das esquinas.

A esta altura, já estão dadas as relações entre os dois conjuntos de entidades que constituirão a versão do método. Ainda faltam, entretanto, dois procedimentos para a sua completa formalização. O primeiro deles consiste em abstrair os polígonos de Thiessen das esquinas, mantendo apenas seus atributos e relações com os elementos lineares. Para tanto, cria-se uma nova classe de feições do tipo ponto com os centroides dos polígonos de Thiessen das esquinas; em seguida, procede-se a extensão dos elementos lineares até estes pontos gerados (figura 12). Finalmente, removem-se os vértices intermediários das linhas, de forma que passam a assumir a forma de segmentos de reta (figura 13).

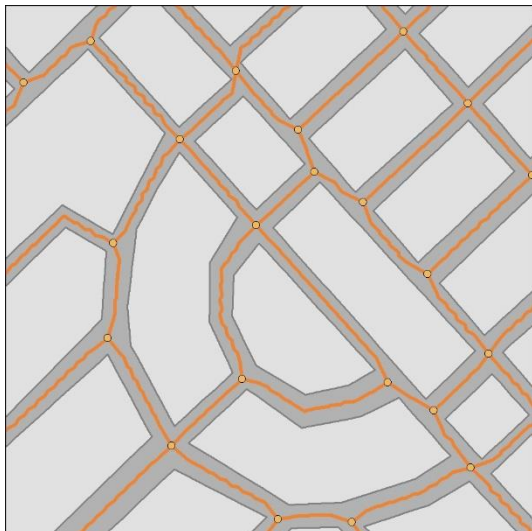


Figura 12: substituição dos polígonos de Thiessen das esquinas por seus centroides.

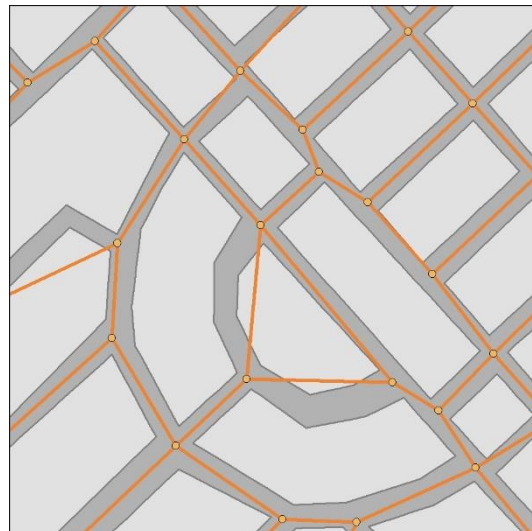


Figura 13: remoção dos vértices intermediários dos elementos lineares.

## 2.4.2.Considerações

O método aqui apresentado lança mão dos polígonos de Thiessen como procedimento para a criação de relações entre as faces por duas razões. A primeira é a rastreabilidade das entidades, ou seja, é possível localizar as faces de quadra de origem cada feição criada ao longo de todo o processo até o resultado final. Inversamente, também é possível atribuir propriedades das faces tanto aos trechos quanto aos nós.

A segunda razão é didática. Os polígonos de Thiessen oferecem um recurso imagético importante para o acompanhamento das etapas do método. Lembre-se que a descrição aqui apresentada é resumida se comparada com a implementação em ambiente de geoprocessamento, que envolve mais de 50 passos intermediários entre a entrada de dados e o resultado final.

A desvantagem da utilização dos polígonos de Thiessen está no desempenho computacional. Na comparação realizada por Baron (2010) entre métodos de geração de redes viárias a partir de quadras, a utilização de polígonos de Thiessen obteve os piores resultados em termos tempo de processamento. O melhor desempenho foi alcançado através de triangulações de Delaunay, que vem a ser o grafo dual dos polígonos de Thiessen. Com a utilização deste método, no entanto, perdem-se os dois pontos positivos mencionados.

## 2.5. POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DOS DADOS URBANOS EM MODELOS CONFIGURACIONAIS

Kruger (1979) considera as formas construídas como modelos conceituais, expressos em linguagem matemática com o objetivo de representar propriedades de edifícios. Não se trata, observe-se, de edifícios em si mesmos, mas de representações de propriedades de edifícios. De acordo com March e Trace (1968, p.1, apud KRÜGER, 1979) e March (1972, p.56, apud STEADMAN, 1994), são modelos matemáticos ou quase matemáticos utilizados para representar edifícios com qualquer grau de complexidade em estudos teóricos. Nesses termos, as formas urbanas podem constituir insumos para modelos enquanto representação de sistemas urbanos, segundo a definição de Echenique (1975), já abordada no primeiro capítulo.

Krafta (1994) propõe a formulação de modelos a partir de formas construídas e outra categoria básica dos sistemas urbanos, os espaços abertos, de maneira a representar as relações de adjacência entre os dois conjuntos de elementos. Se a representação de edifícios como instâncias discretas em um modelo é razoavelmente intuitiva, não se pode dizer o mesmo com relação ao espaço público. É preciso definir critérios para que esta entidade contínua, que possui a propriedade de promover conexões entre todas as partes de um sistema urbano, possa ser descrita em porções individuais.

Krafta (2014, 95-112) elenca formas de individualização do espaço público segundo diferentes convenções. Visto que o foco aqui é a construção de modelos urbanos com dados do IBGE, discute-se a seguir as possibilidades de produzi-los a partir da camada Vias da sua base territorial.

A individualização por denominação, que consiste em parcelar o espaço público de acordo com a sua toponímia, é, a princípio, possível de ser executada. A camada Vias da base territorial do IBGE possui atributos de tipo, título e nome dos logradouros. Dado que as propriedades das faces são transferidas para os eixos a que dão origem, como descrito no método da seção anterior, um procedimento de agregação daria conta de produzir entidades únicas a partir de feições com denominações idênticas. No entanto, existe uma dificuldade

intrínseca ao fenômeno urbano no Brasil. Abundam, principalmente nas periferias das grandes cidades, logradouros sem denominação, ou com códigos genéricos à guisa de nome. Como colocam Jiang e Claramunt (2004), que se valem dessa convenção para produzir modelos urbanos, a definição de uma rua nomeada é dependente da cultura do lugar. No caso brasileiro, a individualização de espaços públicos segundo esse critério requer a superação deste desafio.

As individualizações dos espaços públicos por axialidade e visibilidade são derivadas da sintaxe espacial (HILLIER; HANSON, 1984) e geram, respectivamente, descrições baseadas em linhas axiais e espaços convexos. Segundo Turner, Penn e Hillier (2005, p. 428), um mapa axial é o conjunto mínimo de linhas axiais que passam por todos os espaços convexos de um sistema. São técnicas particularmente sensíveis à forma urbana e, por conseguinte, às representações cartográficas a partir das quais são traçadas. Portanto, descarta-se o uso da camada Vias enquanto insumo para a geração destas descrições. Conforme já apresentado, esta classe de feições se destina a oferecer suporte operacional. Consiste em uma representação esquemática detalhada apenas o suficiente para permitir a orientação de agentes de pesquisa em campo, e não em um registro cartográfico fiel ao espaço urbano, como seria de se esperar de um insumo a ser utilizado na geração de linhas axiais e espaços convexos.

Restam ainda as individualizações por conectividade e por nodalidade, estas sim compatíveis tanto com a camada Vias quanto com o método proposto na seção anterior. A primeira descreve o espaço público através de segmentos lineares, denominados trechos, cuja extensão se limita a pontos de encontro com outros trechos, como ocorre nas esquinas, ou a extremidades do sistema, como no caso de ruas sem saída. Por sua vez, a individualização nodal descreve o espaço público através de elementos pontuais, coincidentes com as intersecções dos trechos.

Utilizando-se o resultado obtido com a aplicação do método apresentado na seção anterior, ilustra-se as duas formas de individualização do espaço público. A figura 14 apresenta um mapa de trechos, isto é, uma descrição por conectividade. Os elementos lineares, representados em cores, se conectam, ou

seja, estabelecem relações de adjacência, através de suas extremidades. Na figura 15, por sua vez, são os nós, ou os pontos correspondentes aos cruzamentos, os elementos do sistema, de forma que cumpre aos segmentos lineares estabelecer as relações entre pares adjacentes. Lembrando que o método gera os dois conjuntos de entidades, delega-se ao pesquisador a opção por uma ou outra forma de individualização do espaço público. Como forma de prover mais informação para esta tomada de decisão, o capítulo seguinte compara ambas as descrições quanto a sua capacidade de não perder informações.

De forma análoga ao tratamento dado às porções individualizadas de espaço público de um sistema, também é possível modelar as relações de adjacência entre formas construídas e espaço público, aos quais se ligam direta ou indiretamente (através de outras formas construídas). No âmbito deste trabalho, propõe-se a utilização dos endereços do CNEFE a título de *proxy* das formas construídas. Para tanto, é necessário transformá-los em atributos numéricos, efetuando-se somatórios de registros de endereços segundo suas diferentes categorias residenciais e não residenciais por face de quadra. O carregamento de atributos numéricos em trechos e nós, entretanto, obedece a regras diferentes, que serão detalhadas no próximo capítulo.

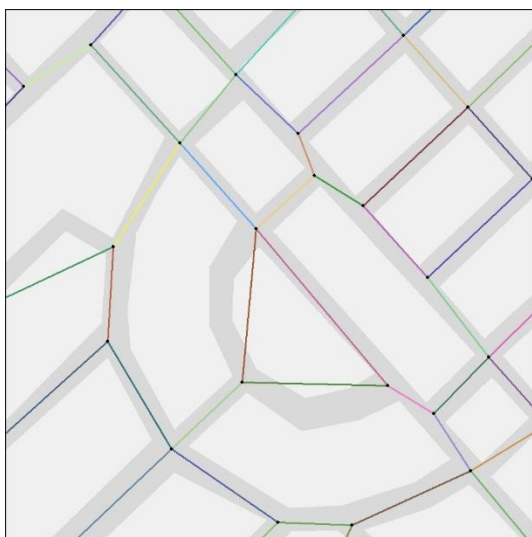


Figura 14: individualização do espaço público por conectividade.



Figura 15: individualização do espaço público por nodalidade.

Entende-se por atributos numéricos aqueles cujos valores são passíveis de operações matemáticas. É o caso dos endereços do CNEFE, que irão cumprir o papel de formas construídas nos modelos propostos mais adiante. Reitera-se que as regras enunciadas acima não se aplicam a atributos não-numéricos. É o caso de valores textuais vinculados às faces, como nome do logradouro, ou de valores lógicos, booleanos, como as características do entorno (pavimentação, arborização, etc.).

Caso fosse empreendida uma individualização por denominação utilizando o método de geração de segmentos a partir de faces, seria necessário proceder o carregamento dos atributos junto aos trechos, visto que se espera o mesmo nome de logradouro apenas de faces confrontantes. Analogamente, se as características do entorno – que dizem respeito à porção de espaço público em frente aos domicílios – fossem divulgadas, deveriam receber o mesmo tratamento. Desta forma, seria possível conhecer quais são os trechos com cada característica do entorno, e não apenas o número de domicílios cujo entorno possui cada característica por setor censitário.

### 3. SOBRE MODELAGEM E ANÁLISE URBANA

São poucos os estudos que comparam diferentes formas de descrição do espaço urbano, segundo Krafta (2014, p. 111), que dá destaque a três. Em Krafta (1994), mapas de eixos e de trechos foram utilizados como instrumentos para a mensuração da centralidade ponderada. Através de correlação estatística com atividades e espaços vinculados aos sistemas urbanos descritos, constituídos por recortes da cidade de Porto Alegre, observou que as linhas axiais obtiveram melhores resultados.

Batty (2004) propõe a utilização de descrição nodal como veículo de aferição de medidas oriundas da sintaxe espacial, ao invés de mapas axiais. A motivação para a proposição é pragmática: arrola uma série de vantagens advindas da coincidência entre a dimensão formal da descrição e o espaço público. O autor considera justificáveis tais benefícios frente ao custo expresso pelas diferenças entre as duas descrições, calculado em apenas 6% para a cidade de Gassin. Quando avaliadas em relação à medida de acessibilidade, ambas as formas de descrição entregam resultados semelhantes.

Porta, Crucitti e Latora (2004) verificam uma grande disparidade em relação ao número de elementos presentes em mapas axiais quando comparadas a descrições nodais produzidas a partir de recortes de uma milha quadrada de seis cidades distintas. Atribuem tal constatação à forma preconizada pela sintaxe espacial em generalizar a configuração urbana em função do quão retilíneo é o espaço público. Como resultado, perde significado a dimensão métrica dos sistemas urbanos, de maneira que restam apenas as propriedades emergentes de suas relações topológicas para testar o que os mesmos autores (2006) assinalam ser a ideia subjacente à análise de redes urbanas: a importância dos espaços públicos como função da sua centralidade.

Esta ideia se faz presente nos três estudos mencionados acima, nos quais modelos descritivos são meios necessários para se analisar os sistemas urbanos. Segundo Echenique (1975, p. 21), cumprem um papel essencial, dado que somente é possível realizar previsões, explorações ou planejamentos sobre a realidade em estudo com as descrições proporcionadas por eles.

Os procedimentos de análise a respeito de sistemas contam, portanto, com as propriedades capturadas pelos modelos descritivos. Esta posição central que detêm entre a construção teórica de uma hipótese e a observação de resultados lhes confere responsabilidades. Segundo Chorafas (1965; apud ECHENIQUE, 1975, p. 19), modelos descritivos devem ser suficientemente simples para permitir a compreensão do usuário e suficientemente complexos para representar fielmente os sistemas em estudo.

É no que tange a complexidade dos modelos descritivos que este capítulo focaliza. Os dados utilizados neste trabalho e os métodos desenvolvidos no seu âmbito ensejam avaliações a respeito da fidelidade com que são capazes de representar sistemas urbanos, e não somente em função dos resultados das análises que proporcionam. Antes da comparação entre as descrições, detalha-se primeiro o processo de modelagem e o modelo resultante. Como encerramento do capítulo, analisa-se as propriedades do modelo reveladas pelos seus atributos.

### 3.1. O PROCESSO DE MODELAGEM

Produziu-se especialmente com o intuito de cumprir o papel de insumo para o método um mapa de quadras a partir de informações da camada Vias da Base Territorial do IBGE, referente à cidade do município de Ijuí, RS. Tal expediente se fez necessário pelo fato de que, na prática, a classe de feições mencionada não atende às necessidades do método enquanto dado de entrada.

A opção por Ijuí enquanto objeto de estudo se justifica essencialmente por questões práticas. Através de experiência prévia com dados do município<sup>8</sup>, considerou-se sua relevância enquanto centro urbano e seu tamanho adequado para o estudo proposto. Por um lado, é uma das capitais regionais do Rio Grande do Sul, segundo estudo denominado Regiões de Influência das Cidades 2007 (IBGE, 2008). Por outro, com uma população de 78.915 habitantes no último Censo Demográfico (IBGE, 2010), avaliou-se que sua massa crítica suficiente

---

<sup>8</sup> O autor desta dissertação atuou na elaboração do Plano Local de Habitação de Interesse Social do município de Ijuí, em colaboração com a empresa 3C Arquitetura e Urbanismo, em 2012.



para revelar padrões de dinâmica urbana, ao mesmo tempo que modelável dentro do período de um projeto de mestrado.

### 3.1.1. Contingências relacionadas ao uso da Base Territorial do IBGE em modelos urbanos

Lembra-se que a razão de existir da base territorial é subsidiar as pesquisas domiciliares do IBGE, objetivo este que alcança satisfatoriamente. Por outro lado, há particularidades, comentadas a seguir, referentes tanto a sua representação gráfica quanto a definições conceituais, que merecem atenção em eventuais usos da camada Vias em estudos urbanos.

Aborda-se nesta seção novos aspectos da Base Territorial do IBGE não apresentados no capítulo anterior. Se o foco até então foi uma introdução a certos conceitos, busca-se agora apresentar suas inter-relações, bem como decisões de modelagem a serem tomadas em função de suas definições. A discussão essencialmente técnica exposta a seguir é justificada na próxima seção, na qual se comenta a construção do modelo utilizado na sequência do trabalho.

Sobre os setores censitários, chama-se atenção para a definição de seus limites: são uma sequência de acidentes topográficos naturais ou artificiais que formam uma linha imaginária delimitadora do seu espaço geográfico (IBGE, 2014a, p. 51). Mesmo sem menção específica, os logradouros públicos se enquadram na categoria de acidentes topográficos, visto que estão comumente presentes nas definições de limites de setores censitários. Nesses termos, é usual que faces confrontantes pertençam a dois setores censitários adjacentes, caso o logradouro a que estejam vinculadas estabeleça o limite entre os setores.

A situação proposta acima, em que dois setores são separados por um logradouro, é relevante para o conjunto de decisões de modelagem relacionadas ao domínio do sistema a ser representado. Em um modelo que, diga-se, abranja toda a área urbana do distrito sede de um município, é possível que sua interface com a zona rural seja estabelecida por trechos formados a partir de faces de quadra pertencentes a setores externos ao domínio do modelo. Tais faces

podem contar ainda com endereços associados. Deve-se optar, nesse caso, por uma utilização das faces rurais apenas enquanto representação gráfica, ou pela inclusão de endereços rurais vinculados a elas, mas que não estarão incluídos nos setores urbanos representados, ou ainda outras alternativas a critério do pesquisador.

Trata-se agora das quadras e faces de quadra. Suas definições são a princípio intuitivas: uma quadra é “geralmente uma área retangular bem definida da zona urbana ou aglomerado rural, limitada por ruas e/ou estradas”, enquanto uma face “é um dos lados da quadra” (IBGE, 2014a, p. 57). No entanto, uma análise exploratória desses dados revela particularidades, previstas ou não no Manual da Base Territorial, que merecem considerações a respeito de seu uso como insumo para modelos urbanos.

Inicialmente, sobre a organização do conjunto de dados: na Base Territorial do IBGE, as faces existem sob a forma de feições do tipo polilinha, dos quais as quadras são atributos. Em outras palavras, mesmo que seja intuitivo imaginá-las como feições do tipo polígono, as quadras não constituem por si só uma instância gráfica. Estas só podem ser tratadas como unidades a partir da identificação das faces que possuem o mesmo atributo de quadra.

Relevando questões técnicas referentes a estruturas de bancos de dados espaciais, encontra-se explicação conceitual para tal organização: segundo o IBGE (2014a, p. 57), quadras podem ser fechadas ou abertas, das quais apenas as do primeiro tipo podem constituir polígonos. As do segundo são formadas por conjuntos de faces que não circunscrevem áreas internas. São o caso tanto das situações de borda, presentes, por exemplo, nas interfaces urbano-rural já descritas nesta seção, como daquelas que, em campo, consistem em quadras típicas, mas que possuem faces cuja representação é dispensável para fins de pesquisas domiciliares. Lembrando mais uma vez a motivação operacional para a existência da Base Territorial do IBGE, apenas as faces de quadra com endereços de domicílios ou estabelecimentos associados prescindem de feições correspondentes.

As quadras abertas pedem, pois, ações de outra natureza por parte do pesquisador. Se o caso anterior demanda decisões de ordem conceitual, caberiam agora intervenções na representação gráfica da Base Territorial para que o mapa de quadras possa ser computacionalmente tratável e assim constituir insumo para o método de geração de trechos.

Pode-se, ainda, identificar um outro tipo de contingência nos casos em que um conjunto de faces adjacentes que configuram uma quadra identificável em campo pertencem a mais de um setor censitário. Tal situação ocorre quando os limites de um setor censitário são definidos por elementos (um curso d'água, por exemplo) não coincidentes com os logradouros de uma área urbana, mas, sim, que passam pelo interior de quadras. Nessas condições, uma face reconhecida em campo é representada por mais de uma feição, com diferentes atributos de quadra.

Esta última situação não é um empecilho para a utilização da Base Territorial como dado de entrada no método de geração de trechos, mas cria inconsistências no resultado. Como descrito no capítulo anterior, as conexões entre os trechos são dadas pelos encontros entre faces distintas, teoricamente coincidentes com as esquinas. Caso uma face identificável em campo seja representada por mais de uma feição, haverá a geração de intersecções inconsistentes.

Finalmente, há uma contingência a ser contornada relativa à associação entre as faces de quadra e os endereços. Conforme exposto no capítulo anterior, as pesquisas domiciliares do IBGE envolvem dois bancos de dados, um gráfico – a Base Territorial – e um alfanumérico – o CNEFE, associados através de um campo comum a ambos, referente ao código da face. Entretanto, esta estrutura não é imune a falhas, e podem acontecer perdas de associação.

Propõem-se duas possibilidades para lidar com tal situação. A primeira é através do método de georreferenciamento de endereços do CNEFE, descrito no capítulo anterior. A segunda remete à ordem de listagem dos endereços, a qual segue a mesma lógica do itinerário que o agente de campo deve percorrer dentro do setor censitário. Assim, com a ajuda de um serviço de mapeamento web –

Google Maps, por exemplo – pode-se proceder manualmente a associação entre as faces da Base Territorial e os endereços do CNEFE.

### 3.1.2.A produção do insumo para o modelo

Frente à impossibilidade de utilização literal da Base Territorial do IBGE, optou-se pela criação, a partir de informações da camada Vias referente ao município de Ijuí, de uma classe de feições do tipo polilinha com representações de faces, que compõem um mapa de quadras adequado ao uso como insumo para o método de geração de trechos. Comenta-se a seguir os procedimentos envolvidos.

Primeiramente, definiu-se a área a ser mapeada de acordo com os setores censitários urbanos do distrito-sede do município. Com isso, foram desconsideradas as áreas urbanas dos demais distritos, assim como as informações referentes aos setores rurais do município, com exceção das faces de quadra dos logradouros que estabelecem os limites com a cidade. Tratou-se tais faces como se pertencentes aos setores urbanos com que estabelecem limites.

Ainda sobre as faces limítrofes adicionadas aos setores urbanos, dois outros procedimentos se fizeram necessários: primeiro, suas geometrias foram editadas, de forma que ficassem conectadas entre si e estabelecessem de fato o limite do sistema, topologicamente validado. Segundo, atribuiu-se a cada uma delas um novo código de quadra. A figura 16 ilustra as intervenções.

**Faces de Quadra**

Limitrofes

— Sim

— Não

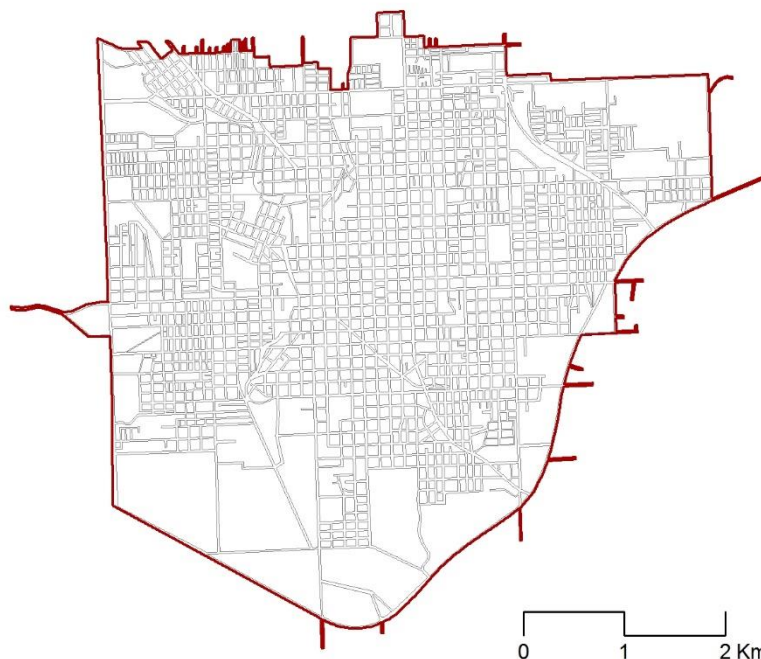


Figura 16: mapa de quadras de Ijuí destacando as faces limítrofes.

Na figura 16, destacam-se as faces limítrofes. Quando analisadas em conjunto, formam a linha que circunscreve o sistema urbano em estudo. Na figura 16, em que todas as faces do mapa de quadras são classificadas de acordo com o setor censitário a que pertencem, pode-se observar que as faces limítrofes assumem as mesmas cores que as faces de quadra mais próximas.

**Faces de Quadra**

— Classificação por setor

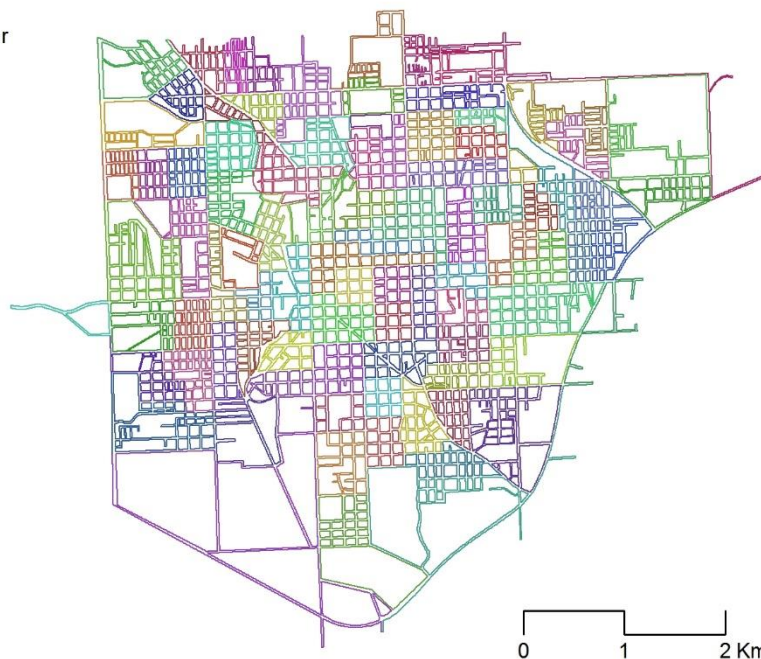


Figura 17: mapa de quadras de Ijuí destacando a classificação de faces por setor.

A figura 17 revela ainda o resultado de uma outra decisão passível de ser adotada no tratamento da Base Territorial para fins de modelagem urbana, conforme adiantou-se na seção anterior: todas as faces de todas as quadras possuem a mesma cor. Isto se dá pelo fato de que os limites de setores que passavam pelo interior de quadras foram deslocados, de modo a coincidir com o espaço público.

A respeito da atribuição dos endereços às faces, lançou-se mão de três procedimentos. Na maioria dos casos, verificou-se possível a associação entre os endereços e as feições da camada Vias através de seus atributos em comum (códigos de setor, quadra e face). Para um menor número de endereços em que não foram localizadas suas faces correspondentes, utilizou-se o método de georreferenciamento proposto no capítulo anterior, sendo mantidos apenas aqueles cuja geolocalização coincidiu com o setor censitário de origem. Finalmente, em dois setores em particular, as faces de quadra estavam integralmente desidentificadas, de forma que se fez necessário o uso de procedimento manual de atribuição de endereços às faces, em conformidade com os percursos dos agentes de campo

### 3.2. O MODELO RESULTANTE

Expostas as contingências encontradas na utilização da Base Territorial do IBGE para fins de modelagem urbana e os procedimentos adotados para a produção de um insumo compatível com o método de geração de trechos a partir de quadras, pode-se avançar finalmente em direção à apresentação do modelo descritivo do espaço urbano. Cabe, antes, uma última ponderação.

Não se pode dizer que o modelo a ser apresentado abaixo seja uma representação da Base Territorial do IBGE, por mais que se tenha investido no estudo e no desenvolvimento de métodos mirando a sua utilização em descrições urbanas. De outro lado, também é incerta a precisão com que representa a cidade de Ijuí. Entretanto, nada disso elimina o que de fato importa para o escopo deste trabalho: é um modelo urbano verossímil, construído com rigor e passível de ser analisado.

### 3.2.1. Propriedades do mapa de quadras

O modelo foi produzido a partir de um mapa de quadras, cujas faces são representadas em uma classe de feições do tipo polilinha. São ao todo 5.521 faces, que formam 1.326 quadras, por sua vez contidas em 91 setores. Às faces, foram atribuídas 29.511 unidades de forma construída, categorizadas segundo a mesma classificação do CNEFE. Como esperado, a correspondência entre o total de formas construídas atribuídas ao mapa e o número de endereços do CNEFE referentes aos setores da cidade de Ijuí é alta, mas não é perfeita: como mostra a tabela abaixo, divergem em menos de 1%.

<b>Espécie</b>	<b>Formas construídas</b>	<b>CNEFE</b>	<b>%</b>
Domicílios particulares	25.557	25.817	99,0%
Domicílios coletivos	24	25	96,0%
Estabelecimentos agropecuários	24	24	100,0%
Estabelecimentos de educação	55	55	100,0%
Estabelecimentos de saúde	124	124	100,0%
Estabelecimentos de outras finalidades	3.253	3.267	99,6%
Edificações em construção	474	482	98,3%
<b>Total de espécies</b>	<b>29.511</b>	<b>29.794</b>	<b>99,1%</b>

Tabela 1: espécies de endereço atribuídas ao mapa de quadras e endereços do CNEFE associados aos setores

O mapa 18 oferece uma visualização espacial do grau de correspondência entre o total de formas construídas atribuídas às faces do mapa de quadras e o total de endereços do CNEFE por setor censitário. Dos 91 setores censitários, em 66 deles não há divergência entre o número de formas construídas do mapa de quadras e o número de endereços do CNEFE.

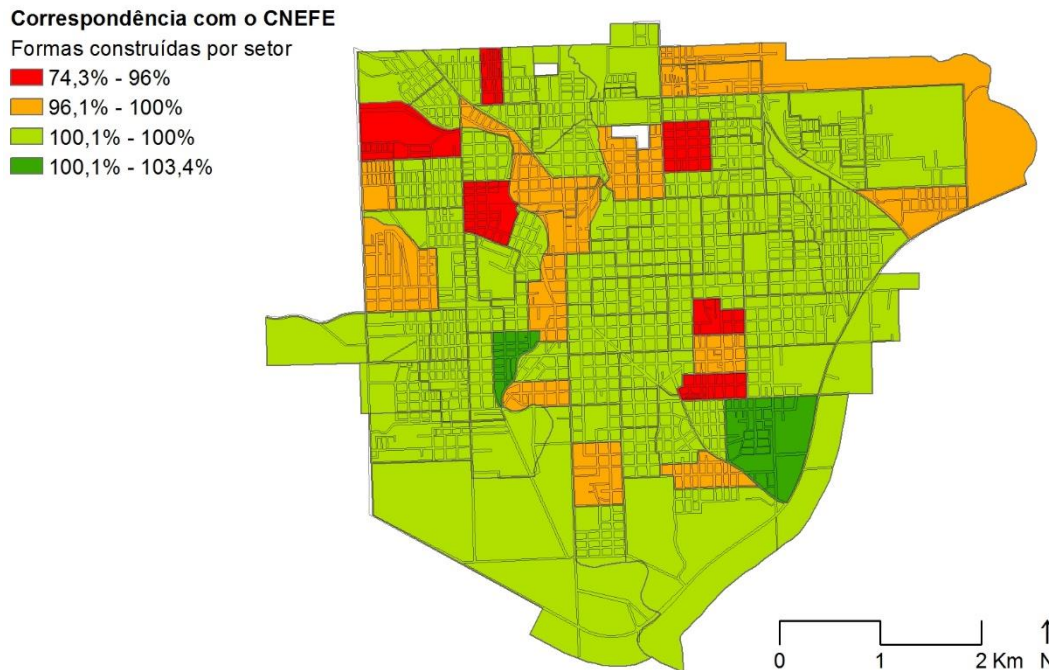


Figura 18: correspondência entre formas construídas e endereços do CNEFE por setor censitário.

### 3.2.2. Propriedades do mapa de trechos

Procedeu-se, com o insumo caracterizado acima, a aplicação do método de geração de trechos a partir de faces de quadras descrito no capítulo anterior. Assim, criou-se um modelo descritivo, computacionalmente tratável, que herdou os atributos do mapa de quadras já apresentado. Além disso, o modelo incorporou novas propriedades, advindas do estabelecimento de relações entre suas partes proporcionado pela geração de trechos.

No mapa de quadras, as relações entre seus elementos podem ser descritas em termos de continência e pertinência: o sistema contém um conjunto de setores, que contém conjuntos de quadras, que por sua vez contêm conjuntos de faces; as formas construídas são elementos que pertencem às faces. Nesse contexto, o espaço privado corresponde à área interna às quadras, com exceção das quadras limítrofes, as quais confinam o espaço público à área remanescente do sistema.

O mapa de trechos, de outro lado, oportunizou a emergência de dois novos tipos de relação: o primeiro deles é a confrontação entre faces e resulta da abstração do espaço público em um conjunto de elementos lineares – os próprios trechos. Se antes este consistia em uma única e indistinta entidade, agora passa a ser a



interface entre diferentes porções de espaço privado. O segundo é a conexão entre as unidades individuais de espaço público criadas, materializada pelos nós, os quais consistem em elementos pontuais coincidentes com as intersecções entre os trechos.

Expressa-se a seguir as relações entre faces, trechos e nós sob a forma de um diagrama de classes segundo o modelo de dados OMT-G. Trata-se de um modelo de representação de dados geográficos, o qual “busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado” (BORGES; DAVIS JR; LAENDER, 2005, p. 83). O diagrama pode ser assim interpretado, se lido da esquerda para a direita: cada face é confrontada por um ou mais trechos, enquanto cada trecho confronta duas e somente duas faces; cada trecho é conectado por dois nós, enquanto cada nó conecta um, três ou mais trechos.

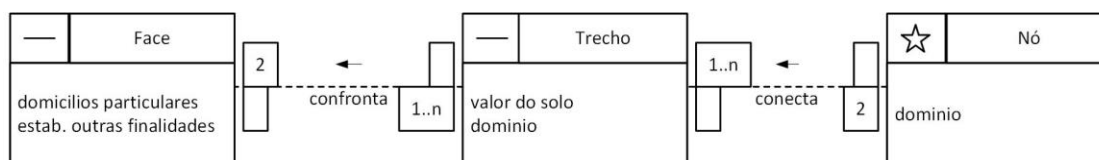


Figura 19: representação das relações entre faces, trechos e nós em diagrama de classes OMT-G.

Deste modo, o mapa de quadras criado no âmbito deste trabalho deu origem a um mapa de trechos com 3.224 trechos e 1.917 nós. As propriedades dos setores, quadras, faces e formas construídas, herdadas do mapa de quadras agora foram atribuídas aos novos elementos. As figuras 20 e 21 ilustram os elementos do modelo descritivo criado, em conjunto com os elementos do mapa de quadras.

**Mapa de Trechos**

- Trechos
- Quadras

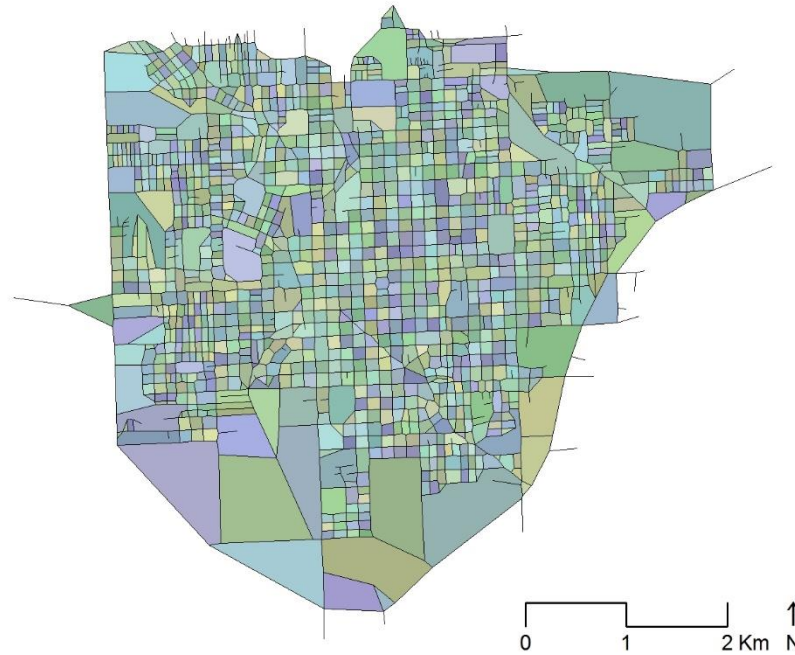


Figura 20: mapa de trechos com representação de trechos e diferenciação do espaço com base nas quadras.

**Mapa de Trechos**

- Nós
- Trechos
- Setores

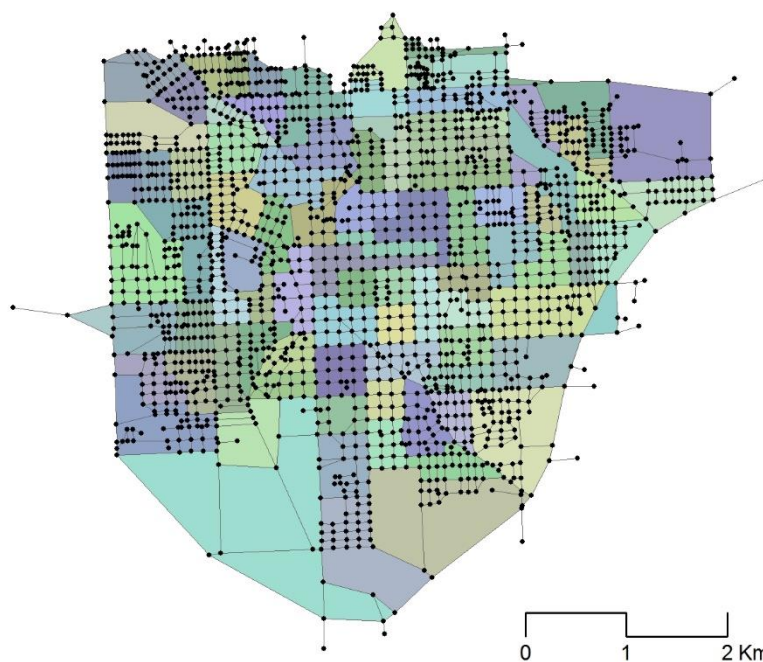


Figura 21: mapa de trechos com representação de trechos e nós e diferenciação do espaço com base nos setores.

### 3.2.3. Tratamento dos atributos

Aborda-se nesta seção os procedimentos referentes ao tratamento dispensado aos atributos. Estes podem ser classificados em dois tipos: os atributos numéricos, correspondentes à contagem de formas urbanas associadas às

faces; e os atributos métricos, relacionado às propriedades dimensionais resultantes da individualização do espaço público.

Esta segunda categoria de atributo é uma implementação da ideia de domínio introduzida por Krafta (2014, p. 103), a qual pode ser sintetizada como a porção do sistema urbano individualizada por cada um de seus elementos. Nas descrições por conectividade, a associação é direta entre domínio e o comprimento do trecho, afinal se o sistema é individualizado sob a forma de segmentos lineares, faz sentido que o domínio de cada elemento seja a sua própria dimensão. Em todo caso, vale enunciar a equação 1,

$$DomT_i = \ell_i \quad (1)$$

onde se lê que o domínio do trecho  $i$  é igual ao seu comprimento. A definição de domínio ganha relevância nas descrições por nodalidade, visto que seus elementos são adimensionais. Nesse caso, enuncia-se o domínio dos nós de acordo com a equação 2,

$$DomN_j = \sum \frac{\ell_{T_{Nj}}}{2} \quad (2)$$

onde se lê que o domínio do nó  $j$  é igual ao somatório da metade dos comprimentos dos trechos conectados pelo nó  $j$ . O carregamento de formas construídas se dá de formas diferentes para os trechos e para os nós. Um trecho confronta necessariamente duas faces. Cada face, por sua vez, é confrontada por um a  $n$  trechos. Pode-se enunciar, assim, a equação 3,

$$FC T_{FpFq} = \frac{FC F_p}{nT_{Fp}} + \frac{FC F_q}{nT_{Fq}} \quad (3)$$

onde se lê que uma forma construída do trecho confrontante às faces  $p$  e  $q$  é igual à soma das razões entre os atributos e o número de trechos que confrontam cada uma das faces. O carregamento dos nós, por sua vez, se efetiva através dos trechos. Dado que cada nó conecta um, três ou  $n$  trechos, ao passo que

cada trecho é conectado necessariamente por dois nós, enuncia-se a equação 4,

$$FC N_k = \sum \frac{FC T_{Nk}}{2} \quad (4)$$

onde se lê que uma forma construída de um nó k é igual ao somatório da metade dos atributos numéricos dos trechos conectados pelo nó k.

É interessante notar que os procedimentos descritos acima consistem em agregações. No nível das faces, os atributos referentes às formas construídas são contagens, expressas por valores discretos. Quando atribuídas aos trechos e nós, passam a assumir valores contínuos, abstratos. Em um caso hipotético em que uma face à qual está associada uma única forma construída é confrontada por dois trechos, cada um dos trechos receberá um valor correspondente à metade da forma construída.

As definições de tratamentos dos atributos aqui apresentadas objetivam mais do que a formalização de procedimentos que, durante o processo de modelagem, não fogem ao intuitivo. Pretende-se também que, assim, não se perca de vista uma propriedade fundamental de representações estáticas de sistema urbanos. Ainda que dentro de um paradigma complexo, aberto e auto-organizado, o conjunto de elementos de um modelo urbano como este é conhecido e, independentemente das variadas distribuições que assumir, permanecerá o mesmo. Tal constatação é crucial para a comparação entre os modelos descritivos proposta a seguir.

### 3.3. MÉTODO PARA A COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DESCRITIVOS

Propõe-se uma medida para a avaliação da nitidez de modelos descritivos em função dos seus dados de entrada. A ideia subjacente está ilustrada na seção anterior, especificamente no que diz respeito ao inevitável procedimento de agregação efetivado durante a atribuição de formas construídas das faces aos trechos e nós.

Perde-se nitidez sempre que houver transferência dos atributos das faces a outras classes, seja para as instâncias superiores do mapa de quadras – quadras, setores e o próprio sistema – ou para os elementos dos modelos descritivos – os trechos e nós. Pode-se mensurar esta perda de nitidez através de processos de desagregação.

Trata-se de um procedimento simples no caso das quadras, dos setores e do sistema, para os quais uma média aritmética entre o total de formas construídas e o número de faces é suficiente. Para os trechos e nós, no entanto, é necessário reverter os processos de transferência de atributos convencionados na seção anterior. Mais do que operações matemáticas, nesse caso é fundamental uma organização do sistema que permita identificar exatamente quais nós resultaram da conexão de quais trechos, e quais trechos resultaram da confrontação entre quais faces.

Como forma de ilustrar as perdas de nitidez, lança-se mão de curvas de Lorenz. No eixo x estão representadas as faces do mapa de quadras ordenadas em função do número de formas construídas que possuem. O eixo y apresenta uma soma cumulativa do número de formas construídas. O gráfico abaixo mostra curvas de Lorenz produzidas com as desagregações oriundas das classes do mapa de quadras.

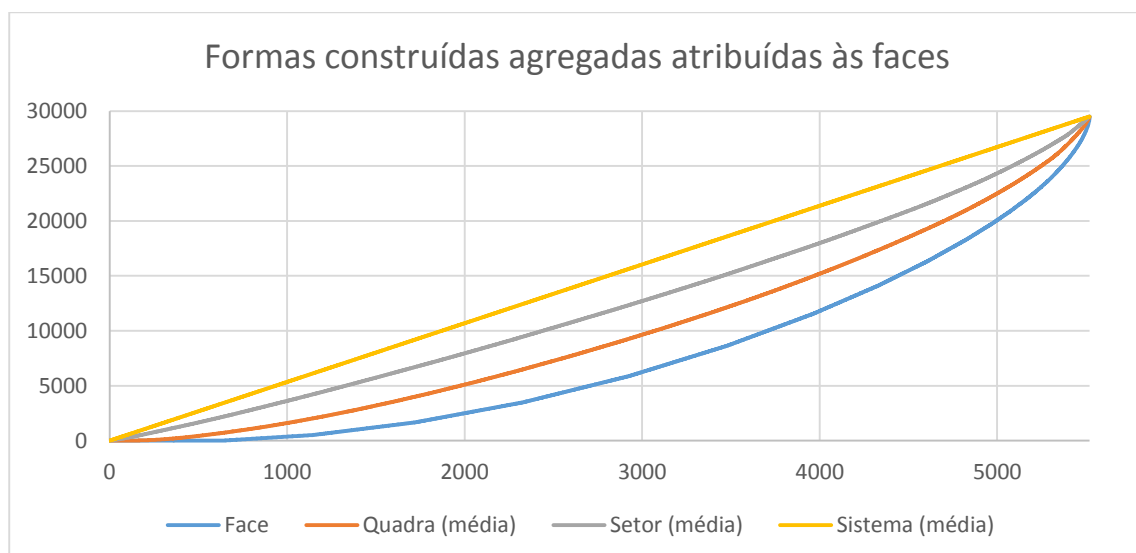


Figura 22: Formas construídas por face segundo as classes do mapa de quadras.

Visto que no nível das faces as formas construídas se encontram desagregadas, a curva referente a esta classe revela a nitidez máxima. No nível do sistema, por

outro lado, encontra-se a nitidez mínima, onde a média de formas construídas por face será uma só e descreverá, portanto, uma curva linear. As curvas de quaisquer níveis intermediários, portanto, só poderão estar localizadas na área compreendida entre os dois limites. Quadras e setores não fogem à regra e apresentam consonância com seus níveis de agregação: a primeira mais próxima da curva das faces e a segunda mais próxima da curva do sistema.

O cálculo da medida de nitidez aqui proposto se relaciona com as áreas delimitadas pelas curvas de Lorenz, o eixo das abscissas e a linha de projeção entre o ponto máximo da curva de Lorenz e este eixo. É uma derivação da medida conhecida como coeficiente de Gini, comumente utilizada como indicador de desigualdade econômica.

No caso do coeficiente de Gini, o gráfico das curvas de Lorenz apresenta no eixo x uma população ordenada segundo a renda e no eixo y a soma cumulativa de suas rendas. O valor do indicador é calculado como o complemento da diferença entre a área sob a curva que representa a máxima igualdade na distribuição de renda e sob a curva da distribuição de renda observada, normalizadas pela área sob a curva da igualdade máxima.

A curva de máxima igualdade do coeficiente de Gini corresponde à curva de mínima nitidez. A medida aqui proposta conta ainda com outra curva de referência, sem paralelo no indicador de desigualdade de renda. É a curva de máxima nitidez. Assim, o cálculo do indicador de nitidez de uma forma de agregação  $i$  será definido pelo complemento da diferença entre a área sob a curva de nitidez da forma de agregação  $i$  e a área sob a curva de máxima nitidez, ponderada pela diferença entre a área sob a curva de mínima nitidez e a área sob a curva de máxima nitidez. Em termos matemáticos:

$$IC_i = 1 - \frac{a_i - a_{nitidez\ máx}}{a_{nitidez\ mín} - a_{nitidez\ máx}}$$

Obtém-se como resultado valores que podem variar de 0 – quando a nitidez for mínima, correspondente à agregação no nível do sistema – e 1 – quando a nitidez for máxima, alcançada pela forma desagregada original das faces.

A tabela abaixo apresenta os valores obtidos para a medida de nitidez em cada nível de agregação das classes do mapa de quadras. Pode-observar que há correspondência entre o número de elementos e o índice de nitidez.

Nível de agregação das formas construídas	Classe atribuída	Índice de Nitidez
Face	Face	1,00
Quadra	Face	0,67
Setor	Face	0,35

Tabela 2: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas às faces.

### 3.3.1. Nitidez nos modelos descritivos

A comparação da nitidez entre os elementos do mapa de quadras é relevante para o conhecimento da qualidade do insumo com que os modelos descritivos serão produzidos. A partir de agora, pode-se avaliar a complexidade com que a distribuição de formas construídas pelos trechos e nós será efetivada. Efetua-se, para tanto, a atribuição das formas construídas aos trechos e nós a partir das faces nos três níveis de agregação.

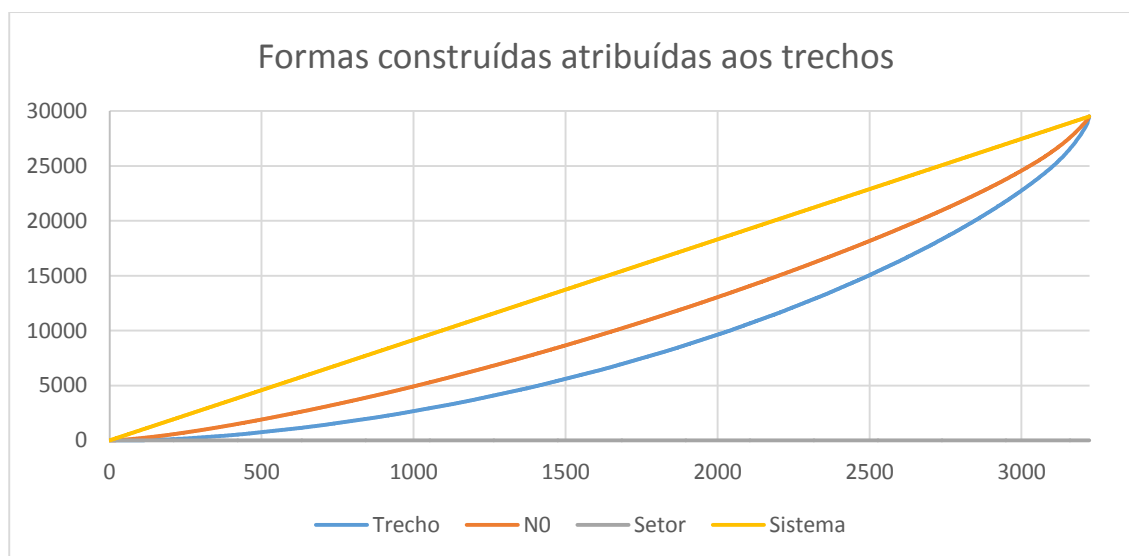


Figura 23: Formas construídas por face segundo as classes do mapa de trechos.

Como esperado, as somas cumulativas de formas construídas representadas pelas curvas de Lorenz seguem a mesma ordem para os diferentes níveis de agregação, quando atribuídas aos trechos e aos nós. A figura 23 ilustra o caso dos trechos. No entanto, as diferenças entre os valores diminuem em ambos os casos, conforme mostra a tabela abaixo.

<b>Nível de agregação das formas construídas</b>	<b>Classe atribuída</b>	<b>Índice de Nitidez</b>
Face	Trecho	1,00
Quadra	Trecho	0,72
Setor	Trecho	0,52
Face	Nó	1,00
Quadra	Nó	0,91
Setor	Nó	0,78

Tabela 3: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas aos trechos e nós.

A comparação entre os graus de nitidez de trechos e nós é inevitavelmente injusta, visto que se tratam de classes diferentes. Uma avaliação entre as duas requer uma desagregação dos atributos dos nós para que retornem ao nível das faces e, como exposto até aqui, perde-se nitidez sempre que há mudança de nível.

Em todo caso, apresenta-se na tabela abaixo o resultado da comparação das atribuições de formas construídas desagregadas a partir das faces. Como previsto, o escore obtido pelos nós é bastante inferior ao dos trechos.

<b>Nível de agregação das formas construídas</b>	<b>Classe atribuída</b>	<b>Índice de Nitidez</b>
Face	Trecho	1,00
Face	Nó	0,63

Tabela 4: índice de nitidez para as formas construídas atribuídas aos trechos e nós.

### 3.3.2. Representações gráficas dos resultados

Apresenta-se a seguir espacializações do total de formas construídas, desagregadas a partir dos diferentes níveis existentes no modelo de dados do sistema. Por uma questão de extensão, optou-se pela apresentação de dois dos níveis de agregação – faces e setores – atribuídos tanto a trechos quanto a nós. Provê-se, assim, oportunidade de comparação visual entre os dados cuja utilização em modelagem urbana foram ensejados no âmbito desta pesquisa e aqueles regularmente utilizados em estudos urbanos.

Os trechos carregados com as formas construídas associadas no seu estado mais desagregado. Percebe-se nitidamente a variação das quantidades de formas construídas associadas a cada um dos elementos, evidência que corrobora os resultados do indicador. Além disso, mesmo sem a formação de grupos homogêneos, pode-se perceber regiões de concentração de trechos com população maior ou menor, inclusive com geometria linear (figura 24).



### Formas construídas por trecho

#### Desagregação: face

- < -0,50 Std. Dev.
- -0,50 - 0,50 Std. Dev.
- 0,50 - 1,5 Std. Dev.
- 1,5 - 2,5 Std. Dev.
- > 2,5 Std. Dev.

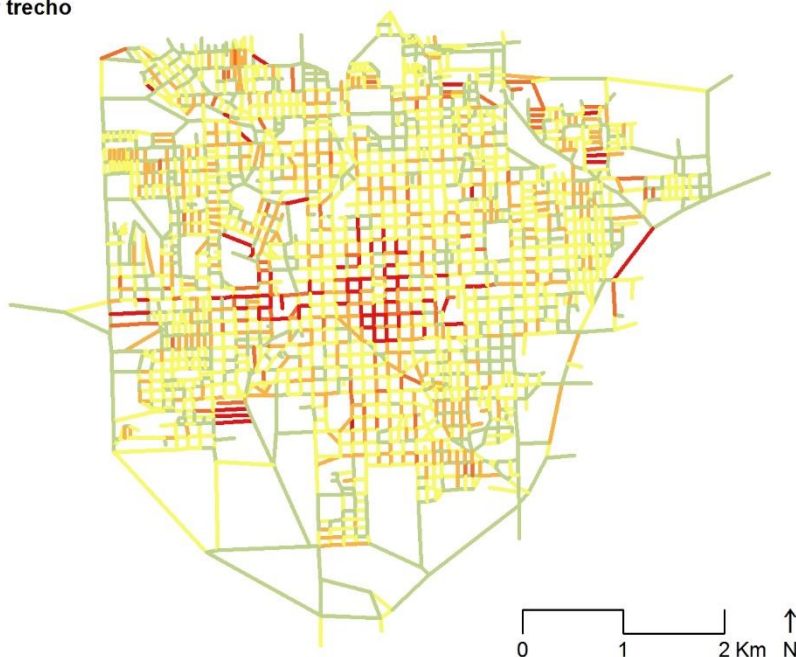


Figura 24: Distribuição das formas construídas por trecho desagregadas das faces.

No caso da desagregação a partir dos setores censitários, o padrão concêntrico fica evidente. Entretanto, pode-se observar uma regularidade geométrica artificial, decorrente da agregação espacial desta classe, que compreende conjuntos de quadras, cujas faces passam a assumir todas o mesmo valor (figura 25).

### Formas construídas por trecho

#### Desagregação: setor

- < -1,5 Std. Dev.
- -1,5 - -0,50 Std. Dev.
- -0,50 - 0,50 Std. Dev.
- 0,50 - 1,5 Std. Dev.
- 1,5 - 2,5 Std. Dev.
- > 2,5 Std. Dev.

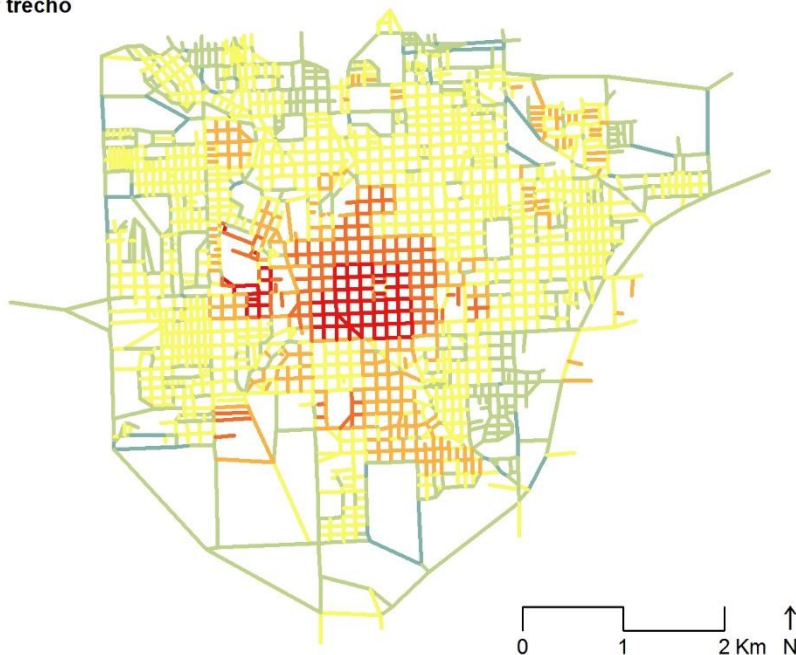


Figura 25: Distribuição das formas construídas por trecho desagregadas dos setores.

Também em consonância com os resultados do indicador, a atribuição das formas construídas aos nós gera resultados menos nítidos que os trechos. Elementos vizinhos se apresentam mais uniformes, mais ainda se percebe uma heterogeneidade granular (figura 26).

**Formas construídas por nó**

**Desagregação: face**

- < -0,50 Std. Dev.
- -0,50 - 0,50 Std. Dev.
- 0,50 - 1,5 Std. Dev.
- 1,5 - 2,5 Std. Dev.
- > 2,5 Std. Dev.

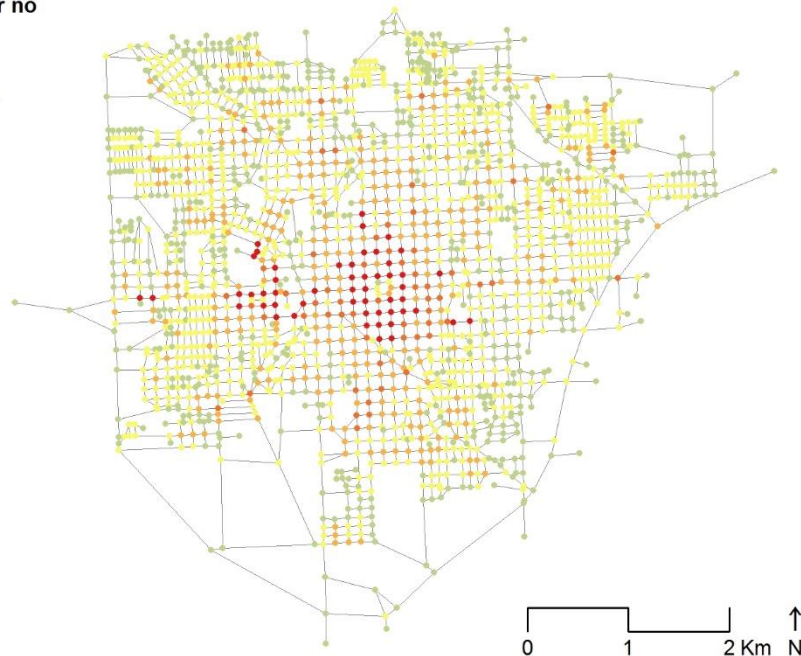


Figura 26: Distribuição das formas construídas por nó desagregadas das faces.

Como se pode perceber, o contraste entre a desagregação de setores e de faces atribuídas a nós é sensivelmente menor do que a comparação entre as mesmas desagregações atribuídas a trechos (figura 27).

**Formas construídas por nó**

**Desagregação: setor**

- < -1,5 Std. Dev.
- -1,5 - -0,50 Std. Dev.
- -0,50 - 0,50 Std. Dev.
- 0,50 - 1,5 Std. Dev.
- 1,5 - 2,5 Std. Dev.
- > 2,5 Std. Dev.

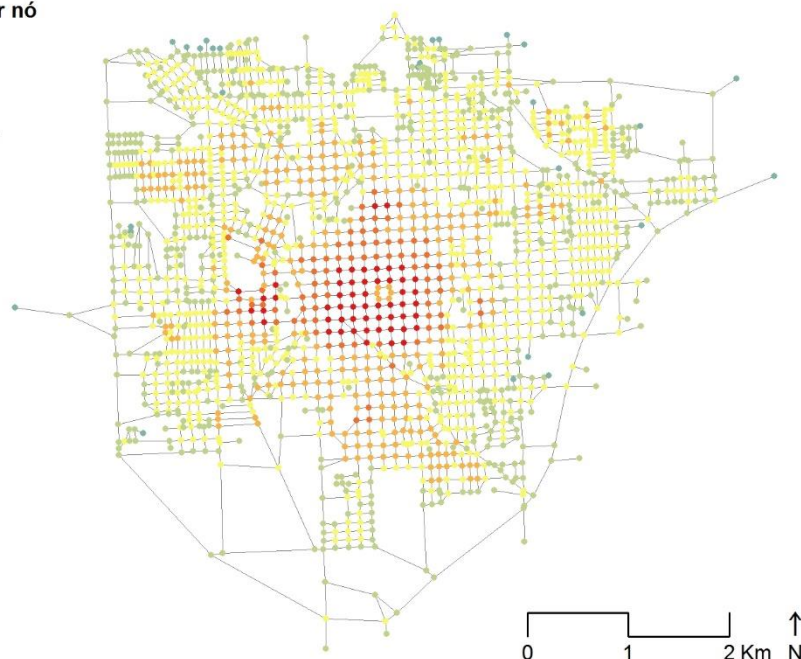


Figura 27: Distribuição das formas construídas por nó desagregadas dos setores.

### 3.3.3.Considerações

Procurou-se, com o índice de nitidez aqui apresentado, responder à seguinte pergunta: dada uma situação ideal, em que um modelo é carregado com os dados mais desagregados possíveis, o quanto se perde caso se trabalhe com dados mais agregados?

Reitera-se que não se está associando nenhum juízo de valor aos sistemas urbanos em função do quanto suas partes são diferentes entre si. Discute-se aqui apenas a capacidade dos modelos em dar conta de tais diferenças. Caso existam, só serão passíveis de representação, de um lado, na medida da desagregação dos dados utilizados; de outro, em função da escolha de uma forma de individualização do espaço público.

Ainda, vale ressaltar que ao coeficiente de Gini, enquanto indicador de desigualdade econômica, costuma-se associar um juízo de valor. Entretanto, o indicador análogo apresentado neste trabalho não oferece subsídio para avaliações de ordem semelhante com respeito a sistemas urbanos<sup>9</sup>. Trata-se apenas, neste contexto, de uma medida de comparação entre descrições de um mesmo sistema.

Uma limitação da medida de nitidez é o fato de que trata apenas da nitidez na representação de formas construídas para o sistema como um todo, e não da comparação individualizada da similaridade entre atributos dos elementos. Para tal fim, seria necessário o uso de modelos estatísticos não-paramétricos mais robustos. Entretanto, conforme exposto, o método análogo ao coeficiente de Gini enunciado se mostrou suficiente.

## 3.4. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO SISTEMA

---

<sup>9</sup>Sobre este tema, Krafta (1997b) propõe uma definição de complexidade como função do número de formas construídas e caminhos mínimos de um sistema e desenvolve uma medida que, esta sim, permite comparações entre diferentes sistemas.

Exposto o processo de produção de modelos descritivos e proposto um método de comparação entre eles em função de seus atributos, avança-se finalmente em direção a uma apresentação analítica do sistema através de suas propriedades. Optou-se por uma divisão em dois grupos de formas construídas com características semelhantes. No primeiro grupo estão as formas construídas de uso geral, que constituem os corpos principais dos pontos de oferta e demanda do sistema. Consistem das espécies de domicílios particulares e estabelecimentos de outras finalidades.

Após, trata-se do grupo de formas construídas de uso específico que, existentes em número relativamente pequeno, permitem na maioria dos casos a identificação de uma lógica subjacente à implantação de suas unidades dentro do sistema em estudo, em nível individual. A descrição por conectividade faz mais sentido para este grupo, na medida que oportuniza um reconhecimento o mais preciso possível de suas localizações. Como observado na seção anterior, nos mapas de trechos produz-se uma menor agregação das formas construídas, o que é relevante para este grupo em particular, visto que não chega a formar de fato padrões enquanto gradientes de intensidade.

Atente-se para o fato de que nos mapas do segundo grupo a classificação simbólica referente às quantidades de formas construídas foram definidas individualmente, de forma a expressar melhor o conteúdo das representações cartográficas. As categorias foram analisadas caso a caso e para cada uma delas estabeleceu-se uma divisão que privilegiasse o seu entendimento, a serem apresentadas nos mapas a seguir. No primeiro grupo, a classificação se dá em termos de desvio padrão.

#### 3.4.1. Formas construídas de uso geral

Pode-se verificar, a respeito dos domicílios particulares, uma maior concentração de nós com valores mais altos junto ao centro. Não chega a configurar, no entanto, um agrupamento definido como sob a forma de uma zona. Percebe-se também uma tendência de maior concentração a oeste do centro, no entorno de um eixo que se tornará visível no mapa de estabelecimentos de outras finalidades. Além destes, chama a atenção nas zonas periféricas a

existência de trechos paralelos muito destacados, aí sim formando pequenos agrupamentos. Pelo que se pode inferir a respeito da configuração do espaço local, possivelmente se tratam de grandes condomínios ou conjuntos habitacionais (figura 28).

#### Mapa de Trechos

##### Domicílios particulares

- < -0,50 Std. Dev.
- -0,50 - 0,50 Std. Dev.
- 0,50 - 1,5 Std. Dev.
- 1,5 - 2,5 Std. Dev.
- > 2,5 Std. Dev.

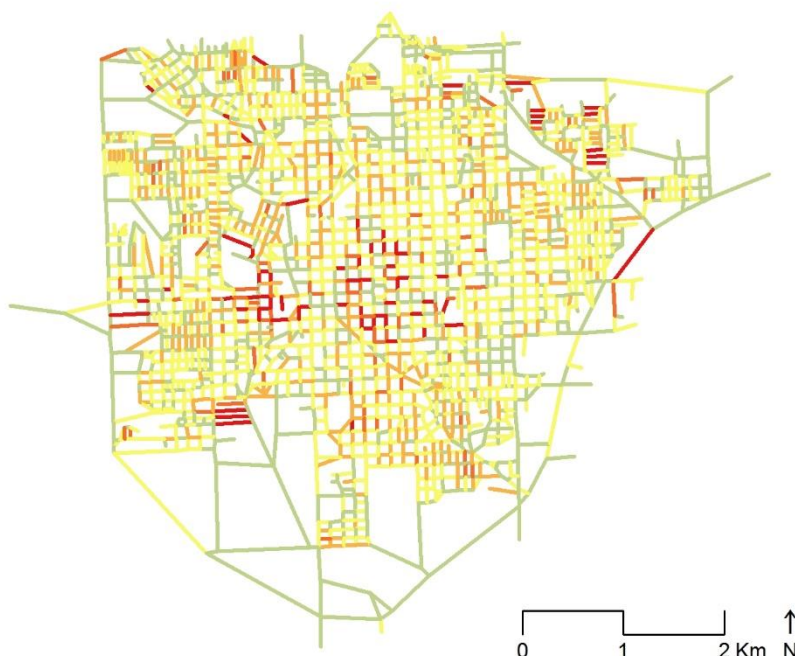


Figura 28: Distribuição dos domicílios particulares.

Observando-se o histograma a seguir (figura 29), percebe-se que a distribuição dos valores de domicílios particulares por trecho se aproxima a uma meia distribuição normal. O mesmo comportamento não ocorre no histograma seguinte (figura 30), referente aos estabelecimentos de outras finalidades. Destaca-se nesta última figura o elevado número de trechos com zero ocorrência de unidades de forma construída, que desequilibram a distribuição.

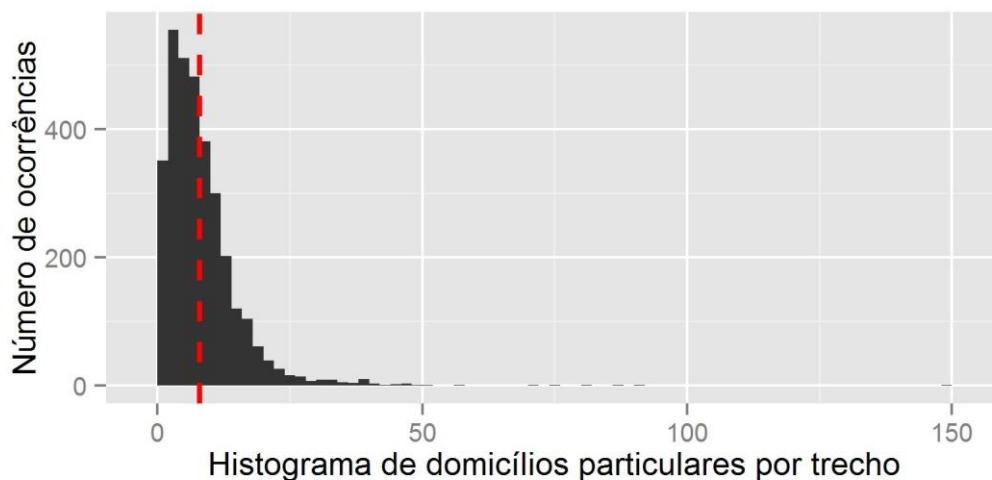


Figura 29: Histograma dos domicílios particulares por trecho.

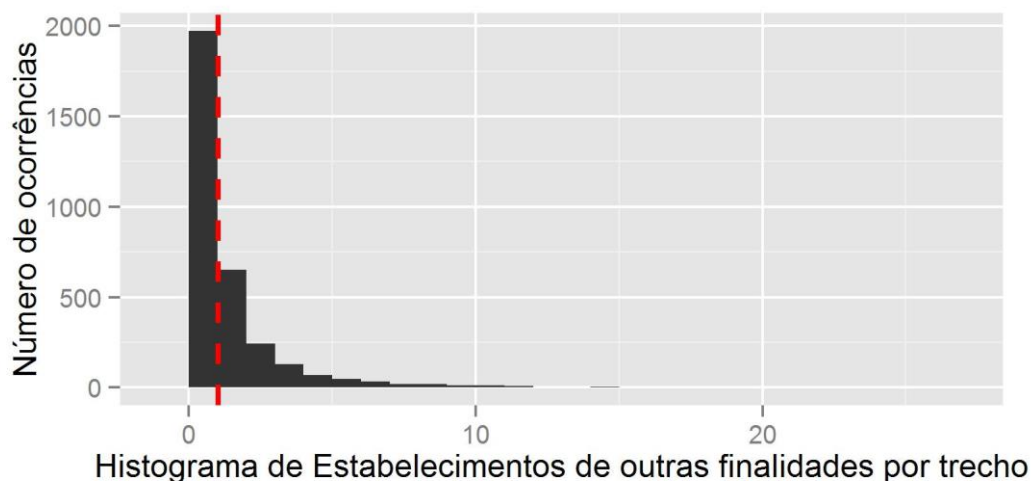


Figura 30: Histograma dos estabelecimentos de outras finalidades por trecho.

Os estabelecimentos de outras finalidades (figura 31), aqueles que incluem todas as atividades de oferta não classificadas nas categorias já apresentadas, revelam um padrão bastante claro. Composto em sua maioria por atividades de comércio e serviço, pode-se perceber que se concentram na área central do sistema. A partir deste, nota-se concentração de estabelecimentos de outras finalidades ao longo de eixos que se prolongam para além da cidade.

Pode-se observar ainda a formação de uma malha ortogonal de maior escala, possivelmente relacionada com a origem colonial do município, cujo território era dividido em linhas e travessões de medidas regulares. Ainda, há nós com alta concentração de estabelecimentos de outras finalidades nos limites da área urbana. São localizações compatíveis com usos industriais, também contabilizados nesta categoria.



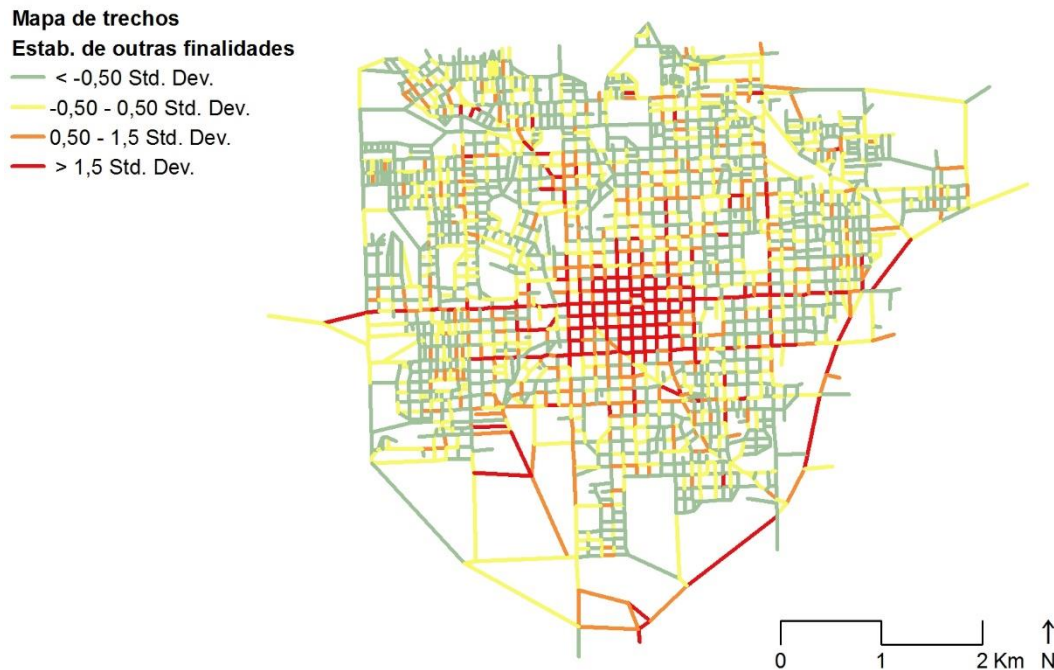


Figura 31: Distribuição dos estabelecimentos de outras finalidades.

### 3.4.2. Formas construídas de uso específico

Quanto aos estabelecimentos de educação e saúde, cabe uma colocação antes de analisar os padrões que revelam. Pertencem à primeira categoria apenas os equipamentos urbanos que oferecem atividades regulares de ensino, como escolas e universidades. Creches, cursos de idiomas são classificados como estabelecimentos de outras finalidades. No caso dos estabelecimentos de saúde, a classificação é menos criteriosa e enquadra tanto hospitais quanto atividades de pequeno porte, como consultórios particulares.

Dito isso, pode-se observar uma tendência de concentração dos estabelecimentos de saúde no centro do sistema, enquanto os estabelecimentos de educação se encontram espalhados pelo sistema. Sem querer entrar no campo da pura especulação, sobretudo com o ruído proveniente dos diferentes critérios utilizados para as duas categorias, pode-se interpretar a distribuição dos estabelecimentos de educação como resultado de uma intenção de minimizar distâncias entre residências e equipamentos de ensino. Os estabelecimentos de saúde, por sua vez, parecem se beneficiar da aglomeração que formam.

**Mapa de Trechos**

**Estabelecimentos de saúde**

- 0,0
- 0,1 - 0,9
- 1,0
- 1,1 - 2,0
- 2,1 - 5,0



Figura 32: Distribuição dos estabelecimentos de saúde.

**Mapa de Trechos**

**Estabelecimentos de educação**

- 0,00
- 0,01 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- 1,01 - 2,00

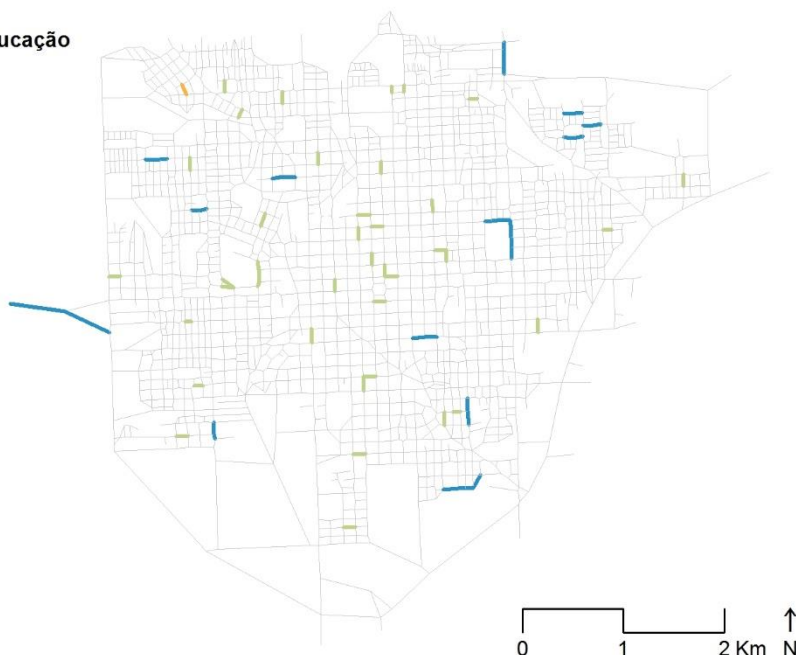


Figura 33: Distribuição dos estabelecimentos de educação.

Os estabelecimentos agropecuários, aqueles cujas atividades estão relacionadas com práticas fundamentalmente rurais, tendem a se localizar próximos aos limites da zona urbana. Há também uma predominância de agrupamentos de trechos com valores menores que 1 referentes a esta espécie de forma construída, dispostos em sequência. Pode-se perceber que os



mencionados agrupamentos de trechos são confrontados por uma mesma face, à qual provavelmente está associada a forma construída discreta desta espécie. Como já exposto, os atributos de faces como esta serão compartilhados entre todos os trechos que confrontar.



Figura 34: Distribuição dos estabelecimentos agropecuários.

Por último, pode-se dizer pouco a respeito da distribuição de domicílios coletivos e de edificações em construção. No primeiro caso, trata-se são poucas unidades e que incluem equipamentos de usos tão diversificados quanto camping, asilo e penitenciária. Nessas condições, pode-se dizer que a categoria não oferece massa crítica para observações.

**Mapa de Trechos**  
**Domicílios coletivos**  
 — 0,0  
 — 0,1 - 0,9  
 — 1,0  
 — 1,1 - 2,0



Figura 35: Distribuição dos domicílios coletivos.

Quanto às edificações em construção, a dificuldade não é a escassez ou a heterogeneidade de unidades, mas sim a inexistência de padrões identificáveis. Não se pode reconhecer, por exemplo, um vetor de crescimento de Ijuí. A falta de massa crítica, nesse caso, pode ser do sistema urbano em estudo.

**Mapa de Trechos**  
**Edificações em construção**  
 — 0,0  
 — 0,1 - 0,9  
 — 1,0  
 — 1,1 - 2,0  
 — 2,1 - 10,0



Figura 36: Distribuição das edificações em construção.

### 3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se, com o exposto neste capítulo, oferecer elementos relevantes para decisões informadas sobre descrições do espaço urbano. Cumpriu-se a expectativa de que a comparação entre os modelos descritivos permitisse uma avaliação a respeito do grau de fidelidade com que representam o sistema urbano.

A sugestão de Chorafas colocada na introdução – modelos descritivos devem ser suficientemente simples para permitir a compreensão do usuário e suficientemente complexos para representar fielmente os sistemas em estudo – não se revelou como um *trade off*. As descrições que ofereceram maior nitidez proporcionaram um melhor entendimento das propriedades do sistema.

Com base nisso, pode-se dizer que, em havendo a possibilidade de carregar o modelo com atributos desagregados, faz mais sentido a adoção da descrição do espaço público que promova a menor perda de nitidez. Caso seja inevitável a utilização de dados agregados, recomenda-se a produção do modelo descritivo cujo índice de nitidez fique mais próximo do melhor caso.

Vale ressaltar que as colocações acima valem para procedimentos automatizados de transferência de atributos de uma classe para outra, como o desenvolvido nesta pesquisa. Não se aplica a outras condições de atribuição, em que, por exemplo, as formas construídas sejam vinculadas originalmente a trechos ou nós.

Cabe uma ressalva a respeito das formas construídas de uso específico. Dado o seu pequeno número frente ao cômputo total de unidades do sistema, valeria a pena um esforço para a sua atribuição individualizada aos elementos do modelo. Para tal fim, o método de georreferenciamento apresentado no capítulo anterior seria eficaz.

Tome-se como exemplo os estabelecimentos de educação. São apenas 55 unidades associadas a 53 diferentes faces do total de 5.521 presentes no sistema. Na figura 30, são representados 80 trechos que receberam alguma porção referente aos estabelecimentos de educação, dos quais apenas 38 somam mais que uma unidade. Nesses termos, não faz sentido tratar da

intensidade de presença de estabelecimentos educacionais da mesma forma com que se refere aos domicílios particulares, que contam 4,63 para cada face.

#### 4. SOBRE ANÁLISE DA CENTRALIDADE E DADOS URBANOS

A leitura da cidade como um fenômeno espacial estruturado em função de um centro está na origem dos primeiros estudos urbanos e regionais. Considera-se seminal o trabalho de von Thünen (1910), de 1826, que buscava explicar a localização de atividades de produção agrícola em função da distância ao mercado em que os produtos seriam comercializados. Para tanto, propõe uma equação em que o excedente é resultado da diferença entre o valor de venda da produção e os custos de produção e transporte. Como resultado espacial deste modelo, obtém-se um gradiente concêntrico de variação do valor da terra, que diminui em direção à periferia, na medida em que se afasta do mercado.

A partir de von Thünen, outros modelos econômicos que objetivavam dar conta das dinâmicas locacionais urbanas foram elaborados. Sob uma perspectiva econômica, o modelo de localização residencial de Wingo (1961) utiliza como parâmetros, além da distância ao centro, a quantidade de terra disponível para habitação. A decisão locacional se tornaria, assim, resultado de um *trade-off* entre o tamanho do terreno e o tempo de viagem ao trabalho.

A teoria do mercado da terra urbana de Alonso (1960) propõe que curvas de oferta de renda (tradução livre de *bid rent curves*) determinam a localização das atividades na cidade. A renda da terra é dada pela sua utilidade para diferentes tipos de uso: obtenção de satisfação, no caso da atividade residencial, e de lucro, para as atividades agrícola e de negócios. O autor aponta que a preferência pelas localizações mais centrais por parte das atividades comerciais resulta da competição por maiores volumes de negócios.

As teorias concêntricas constituíram, segundo Portugali (1996), a visão dominante sobre o processo urbano – a qual considerava Chicago seu tipo ideal – até meados do século XX, muito embora a maioria da população urbana mundial vivesse em cidades em que tais modelos não se aplicavam de fato. Tal visão não se limitava, vale acrescentar, a abordagens econômicas.

A ideia também estava presente na teoria ecológica de Burgess (2008), de 1925, que apontava uma tendência natural de convergência ao *central business district*

(CBD), em que se concentra a vida econômica, cultural e política da cidade e para onde confluem a maioria dos deslocamentos. A partir deste, a cidade se organizaria outras quatro zonas concêntricas com diferentes perfis.

Nesse contexto, o trabalho de Hoyt (1939) merece destaque como exceção. O autor se dedicou ao estudo de 142 cidades americanas sob o ponto de vista da renda e não encontrou um padrão puramente concêntrico em nenhuma delas, nem mesmo em Chicago. Segundo a sua teoria, o CBD não perde a sua função estruturante, mas a partir deste se organizam setores com perfis de renda distintos, sem obedecer a um gradiente.

Harris e Ullman (1945) reconhecem a validade das teorias concêntricas e dos setores num sentido teórico amplo, mas apontam também a emergência de núcleos separados. Para os autores, a existência destes se explica não apenas em função de restrições referentes ao valor do solo, mas também pode ser simplesmente deliberada, se for mais vantajoso para os usos que abrigar, ou para o sistema urbano como um todo.

Borsdorf (2003) assinala um esgotamento dos modelos existentes por parte das cidades latino-americanas, que passaram por grandes transformações em função de mudanças no paradigma econômico da região, ocorrida a partir dos anos 1970. Nesse contexto, Borsdorf e colegas (2002) propõem um modelo cuja linha evolutiva aponta o processo de fragmentação como característica mais recente destas cidades. Krafta (2014) aponta este último modelo cumpre mais um papel descritivo do que explicativo do fenômeno urbano, o qual, pelo menos desde Anas (1998, p. 1459), já era questionado se capaz de ser capturado em toda a sua variação através de um esforço teórico totalizante.

Se os modelos anteriores se detinham em propriedades elementares e foram sendo superados na medida em que as cidades se tornavam fenômenos mais intrincados, o modelo proposto pelos alemães parece se aproximar do que Portugali (1996) chama de cidade Aristotélica. Segundo o autor, sob esse ponto de vista, são as características que possuem em comum o que garante às cidades serem reconhecidas como tal.

Explica-se: Borsdorf e colegas encontram o processo de fragmentação mencionado no conjunto de cidades que analisaram. Não obstante, quanto maior o conjunto, menor tende a ser a intersecção das propriedades comuns a todos os elementos. São Paulo, Rio de Janeiro, Buenos Aires, Santiago e Cidade do México, estudada pelos autores, apresentam fragmentação. Conforme apresentado no capítulo anterior, não é o caso do objeto de estudo desta dissertação: pode-se observar que a rede de espaços públicos de Ijuí se caracteriza pela compacidade.

Neste capítulo, estuda-se Ijuí em função das suas centralidades. Esta pode ser entendida não apenas como uma região, identificável a partir de um esforço de síntese, segundo a qual o restante da cidade organiza. Centralidade também pode ser tratada como uma dimensão hierárquica inerente aos sistemas urbanos, oriunda das relações entre seus elementos e identificável através da análise de suas partes.

Para tanto, junta-se outras duas camadas ao modelo de Ijuí produzido no âmbito deste trabalho: valor do solo e renda. Com isso, compõe-se um conjunto de dados que abrange os mesmos tipos de informação utilizados para a produção dos modelos citados nesta introdução.

Apresenta-se primeiro as relações existentes entre os dados do modelo. Em seguida, cruza-se as análises geradas com medidas de centralidade baseadas em distância. Por fim, avalia-se a capacidade de identificação do CBD em função dos atributos do sistema e das propriedades de sua rede de espaços abertos.

#### 4.1. VISÃO GERAL SOBRE OS DADOS

Com relação ao diagrama de classes segundo o padrão OMT-G do capítulo anterior, adota-se aqui uma versão simplificada, somente com as informações relevantes para o modelo analítico. Introduziu-se uma separação entre as classes referentes ao espaço público e ao espaço privado, cuja articulação se dá através da atribuição das formas construídas aos trechos (figura 37).

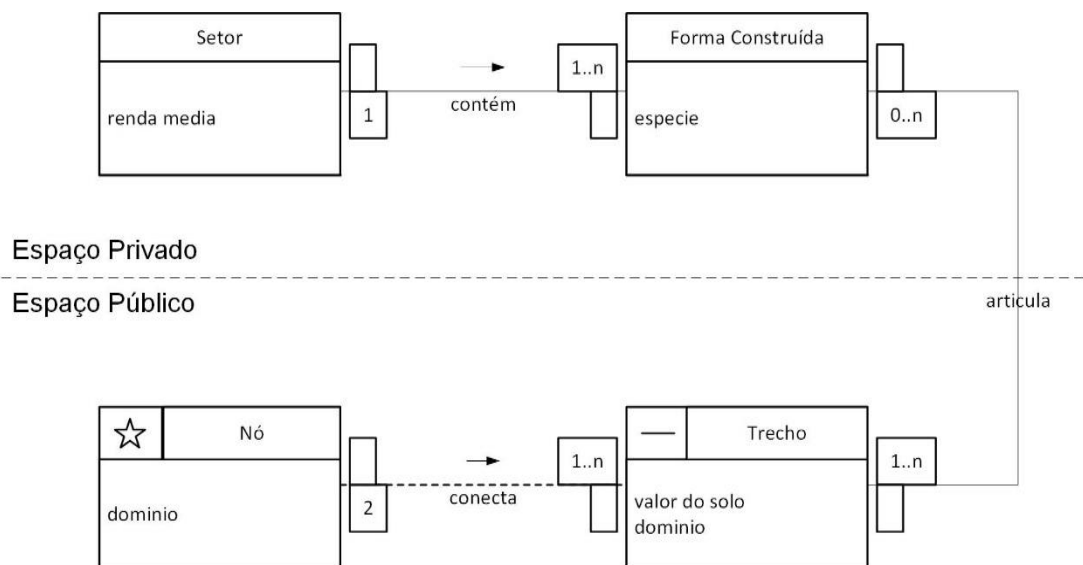


Figura 37: Diagrama de classes e atributos do modelo analítico.

#### 4.1.1. Uso do solo

Optou-se por incorporar apenas as formas construídas de uso geral neste modelo. As duas espécies presentes nesta categoria, estabelecimentos de outras finalidades e domicílios particulares, somam 98% do total de formas construídas do sistema. A partir de agora, passam a ser tratadas como pontos de oferta e demanda, respectivamente.

Visto que a distribuição das duas espécies de formas construídas já foram apresentadas no capítulo anterior, ilustra-se nesta seção a relação entre as duas: o mapa a seguir especializa a razão entre pontos de oferta e demanda. Fica clara a concentração de trechos em que os pontos de oferta predominam no centro da cidade.



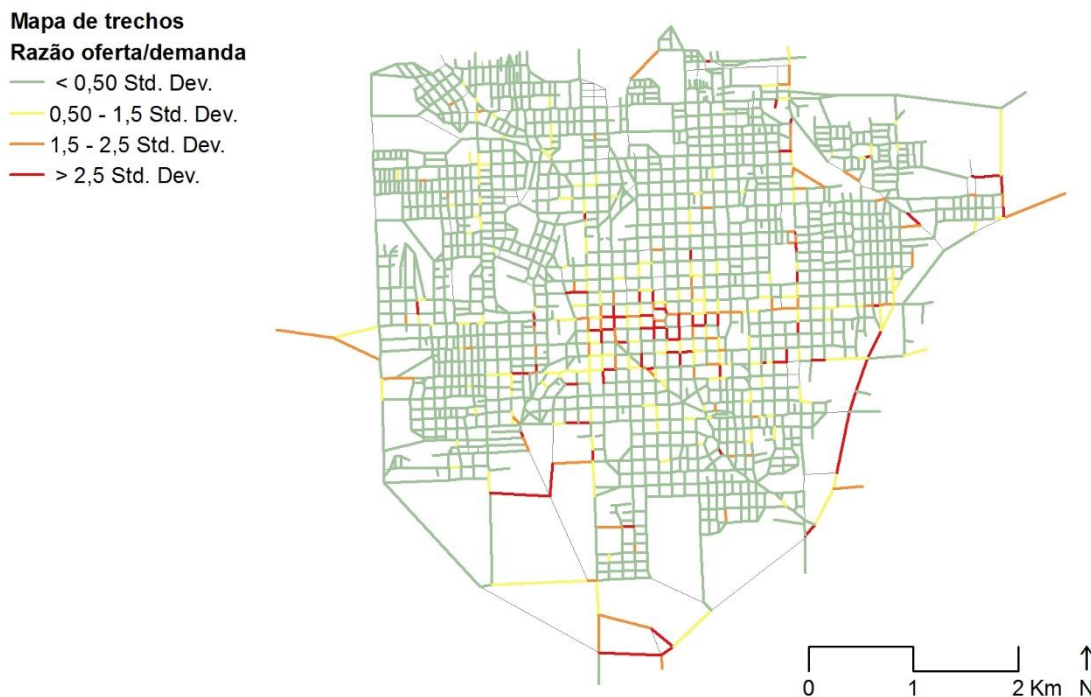


Figura 38: razão entre pontos de oferta e pontos de demanda por trecho.  
 Fonte: Prefeitura Municipal de Ijuí, 2012. Elaboração: 3C Arquitetura e Urbanismo.

#### 4.1.2. Valor do solo

Os dados de valor do solo incorporados ao modelo foram levantados pela Prefeitura Municipal de Ijuí e divulgados em 2012. Os mesmos constam do Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) do município<sup>10</sup>, elaborado pela 3C Arquitetura e Urbanismo (2012).

Mesmo que o valor do solo seja referente ao espaço privado, os dados foram produzidos como um atributo do espaço público. Esta particularidade vem a calhar para as avaliações de correspondência entre as propriedades do modelo, nas quais se irá buscar o quanto o espaço público explica as características do espaço privado. O mapa abaixo ilustra a distribuição do valor do solo na cidade.

<sup>10</sup> O autor desta dissertação atuou na elaboração do referido plano, enquanto colaborador da empresa autora do projeto.

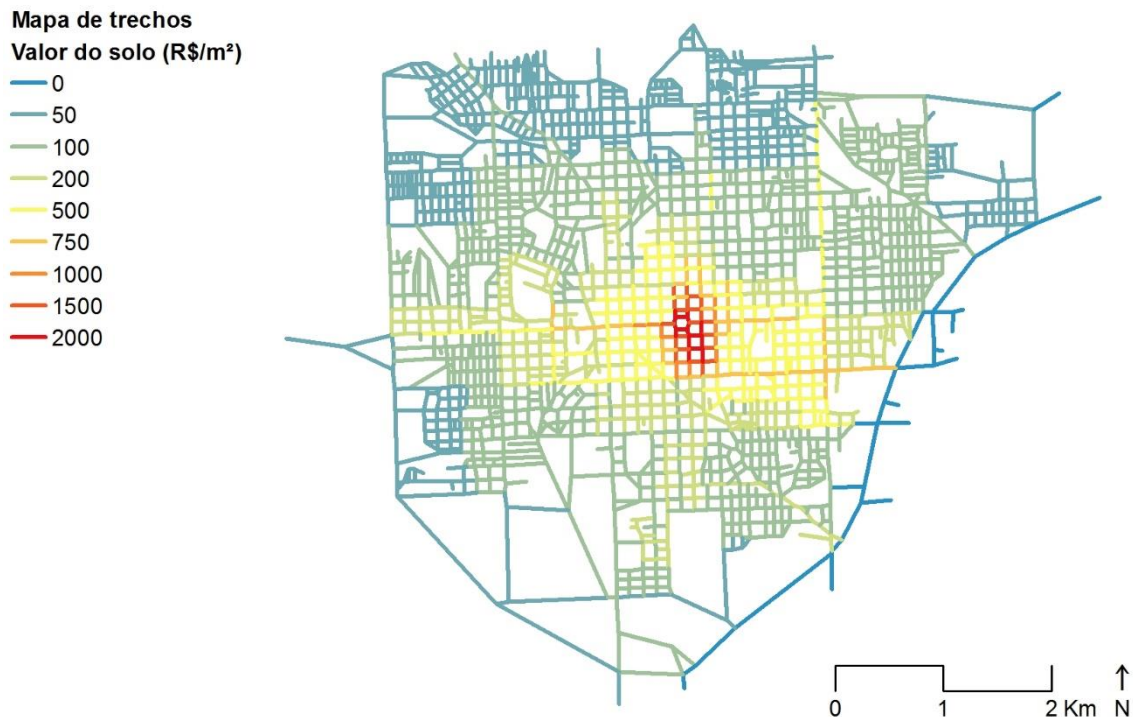


Figura 39: mapa de valor do solo de Ijuí.

Fonte: Prefeitura Municipal de Ijuí, 2012. Elaboração: 3C Arquitetura e Urbanismo.

Outra particularidade dos dados de valor do solo que merece destaque é o fato de se tratar de uma variável qualitativa. Suas classes não representam valores em si mesmo, mas faixas de valor: até R\$ 50/m<sup>2</sup>, entre R\$ 50/m<sup>2</sup> e R\$ 100/m<sup>2</sup>, e assim por diante.

#### 4.1.3.Renda

Os dados de renda do município foram extraídos dos resultados do universo agregados por setores censitários, do último Censo Demográfico (IBGE, 2010). Utilizou-se a variável denominada “Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento)”, da planilha Básico.

**Mapa de trechos****Renda média**

- 377,73 - 745,23
- 745,24 - 1161,25
- 1161,26 - 1602,86
- 1602,87 - 2530,62
- 2530,63 - 6370,27

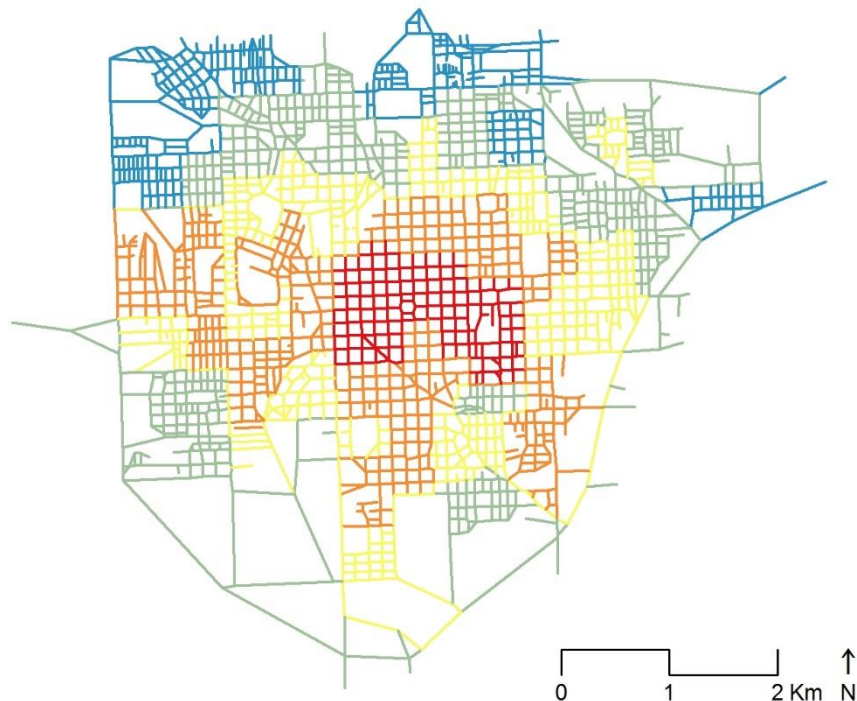


Figura 40: renda média.  
Fonte: IBGE.

Observa-se também um padrão concêntrico com respeito à distribuição dos valores de renda no sistema urbano<sup>11</sup>. Entretanto, os dados agregados por setores censitários, a única fonte de informação conhecida sobre renda domiciliar, permitem apenas uma percepção zonal e não reticular.

## 4.2. CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS ATRIBUTOS

Conforme comentado, a avaliação entre a correspondência dos atributos será efetuada em função do grau de explicação que o atributo do valor do solo oferece para as demais variáveis. Para tanto, lança-se mão de regressões lineares. Através destas, pode-se calcular o coeficiente de determinação ( $r^2$ ), os quais, para Downing & Clarke (2006, p. 238), revelam a “fração da variação de  $y$  que pode ser explicada por variações em  $x$ . Por exemplo, um valor de 0,75 de determinação significa que 75% das variações de  $y$  podem ser explicadas por variações em  $x$ ”.

<sup>11</sup> Há um setor que foge à regra, no quadrante superior direito da cidade. Classificado na faixa intermediária de renda (amarelo), todos os seus setores adjacentes pertencem à faixa média-baixa (verde).

Nesses termos, o valor do solo será sempre a variável independente (x). Os demais atributos serão tratados como variáveis dependentes, agregadas segundo as faixas do valor do solo. O gráfico abaixo mostra a quantidade de trechos pertencente a cada uma delas.

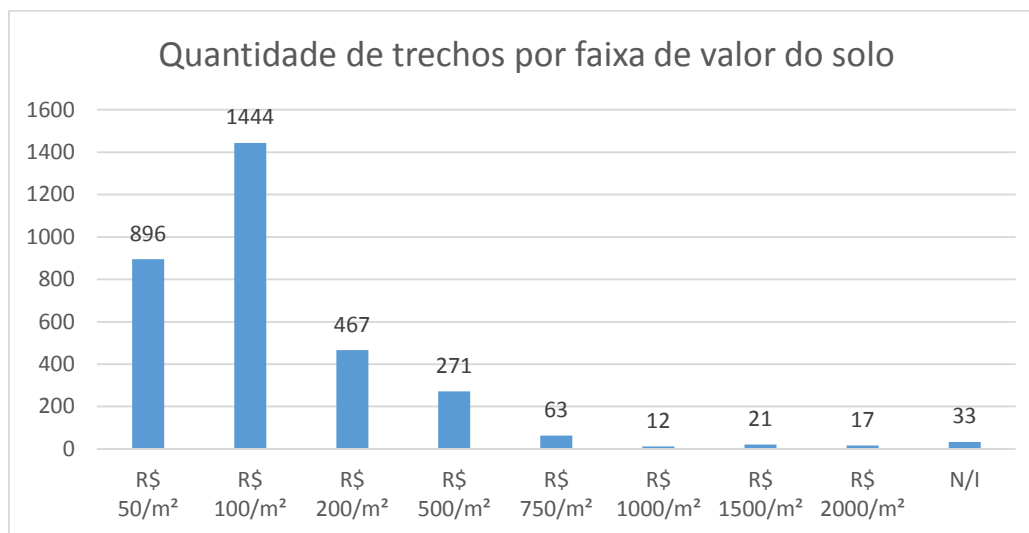


Figura 41: quantidade de trechos por faixa de valor do solo.

Lembrando que as faixas de valor do solo são qualitativas, utiliza-se um recurso conhecido como variável ordinal. Deste modo, para fins de cálculo das regressões, cada faixa de valor do solo assume um número inteiro sequencial. Uniformiza-se, assim, a distância entre elas.

#### 4.2.1. Valor do solo e uso do solo

Compara-se primeiro a média de formas construídas por trecho, tal qual uma medida de densidade linear, de cada uma das espécies de forma construída presentes no modelo. Das áreas onde o valor do solo é mais baixo até a faixa dos R\$ 750/m², os dois conjuntos de formas construídas possuem comportamento semelhante. A partir daí, na faixa seguinte, que coincide com eixos que saem do centro em direção a periferia, o número de domicílios particulares cai acentuadamente. O mesmo acontece, com intensidade ainda maior, na faixa de valor do solo mais alto, quando o número médio de pontos de oferta por trecho chega ao mesmo nível dos pontos de demanda. A zona compreendida por esta faixa de valor do solo coincide com a área mais central da cidade.

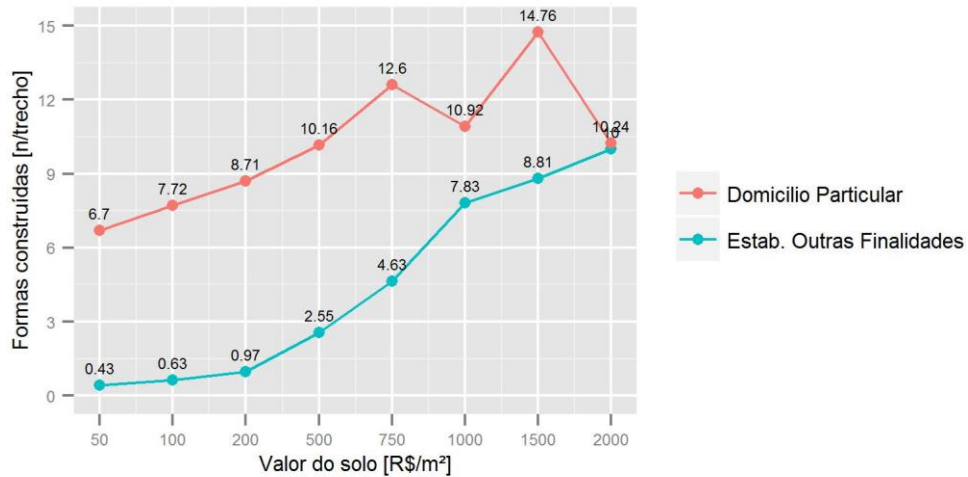


Figura 42: média de espécies de forma construída por faixa de valor do solo.

Uma explicação para tal observação pode ser o comportamento de *outlier* para o ponto referente à média de domicílios particulares na faixa de mais alto de valor do solo. No gráfico abaixo (figura 43), obtém-se um coeficiente de determinação igual 0,595. Excluindo-se o referido ponto do modelo linear, o resultado do coeficiente de determinação sobe para 0,89, como mostra a figura 44.

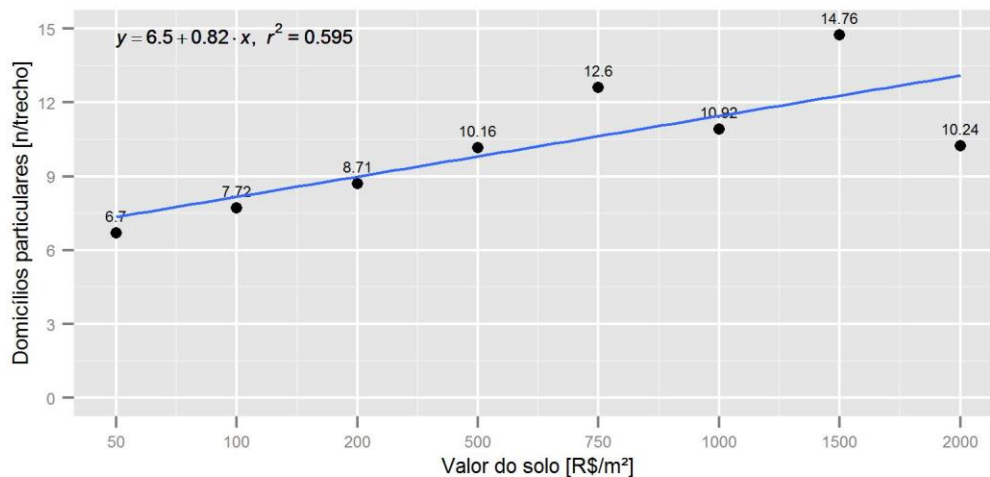


Figura 43: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo.

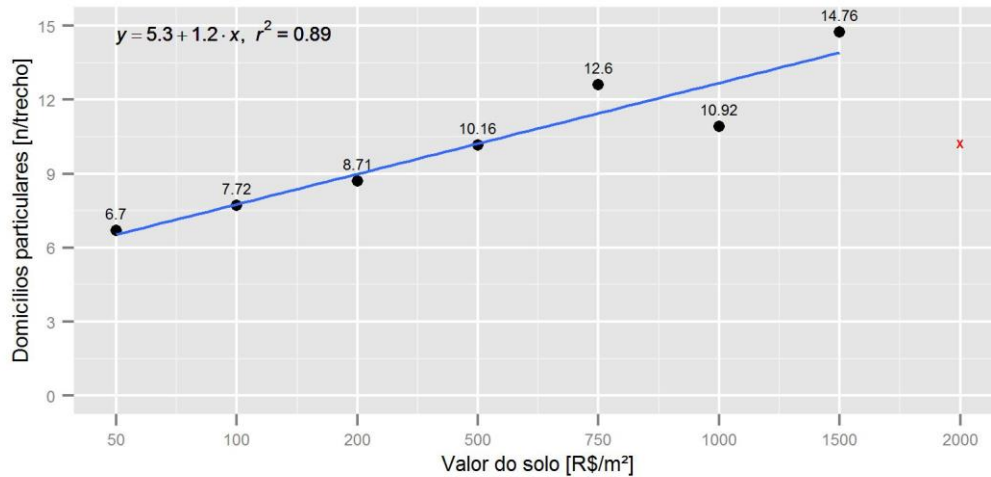


Figura 44: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo, sem outlier.

Uma segunda possibilidade seria um comportamento não linear, mas sim logístico, da distribuição de domicílios particulares permanentes no sistema. De fato, efetuando-se uma regressão deste tipo, obtém-se um coeficiente de determinação mais alto (figura 45). Entretanto, cumpre ressaltar que nenhuma das duas hipóteses pode ser confirmada somente com os dados aqui apresentados. Para além dos modelos estatísticos, uma análise mais aprofundada do caso seria relevante para revelar o sentido empírico da questão.

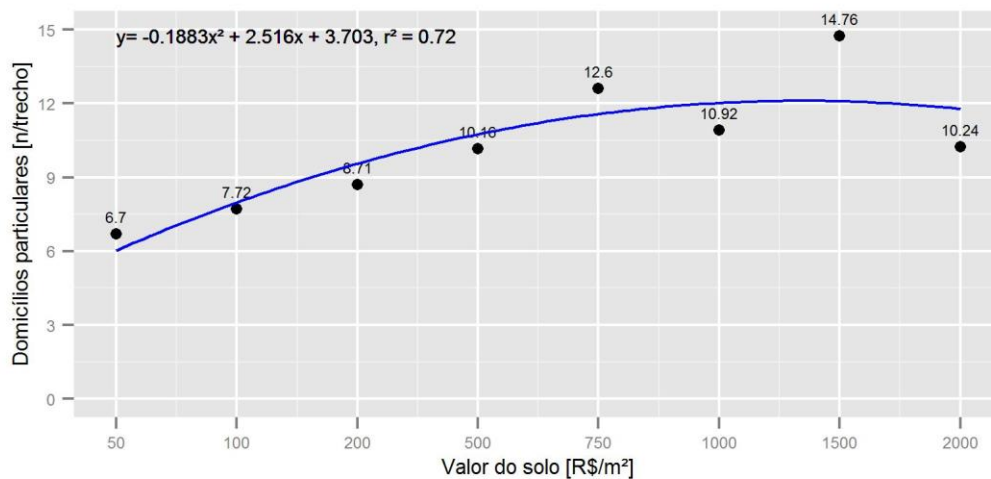


Figura 45: média de domicílios particulares por faixa de valor do solo, regressão logística.

No caso dos estabelecimentos de outras finalidades, o resultado é ainda melhor. O escalamento da média de formas construídas desta espécie em função das faixas de valor do solo é muito ajustado.

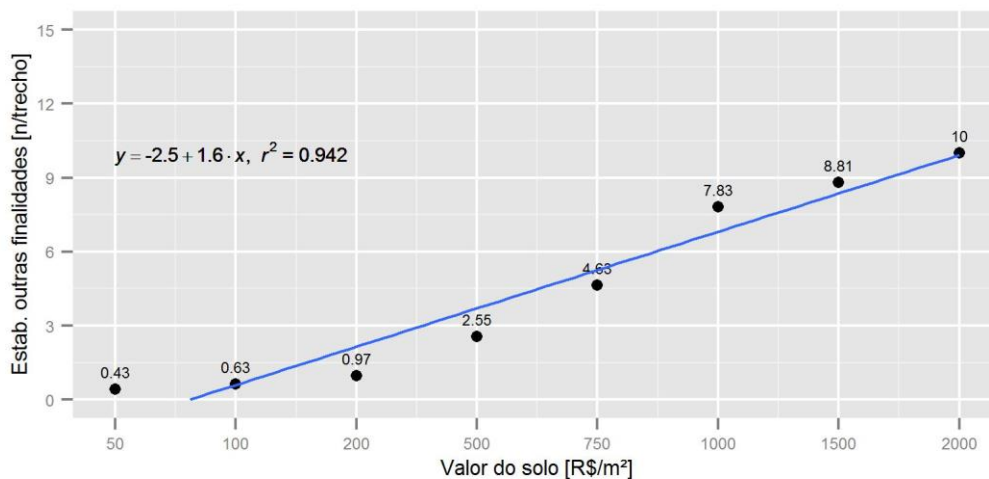


Figura 46: média de estabelecimentos de outras finalidades por faixa de valor do solo.

#### 4.2.2. Valor do solo e renda média

Antes de apresentar os resultados da regressão entre estas variáveis, cabe uma ressalva. No caso da avaliação da correspondência entre uso do solo e valor do solo, parte-se de um dado agregado em nível elementar – as espécies de formas construídas – e produz-se uma nova agregação no nível das faixas de valor do solo.

A renda média, por sua vez, já é um dado que foi desagregado do nível dos setores e agregado aos trechos. Enquanto recurso de visualização, é um procedimento regular, pois permite a percepção de relações entre a configuração do espaço público e a distribuição de renda em sistemas. Entretanto, para que seja utilizado de forma desagregada em comparação com outras variáveis, é preciso assumir que entre todas as partes que formam o conjunto é homogênea. Este procedimento é conhecido como falácia ecológica. Clarke e Wilson (1994, p. 18) mencionam a questão, comentando que a área de abrangência à qual um indicador de desempenho se refere pode mascarar subáreas heterogêneas.

Por outro lado, na realidade brasileira, este continua sendo o único nível de agregação de dados de renda domiciliar a que se tem acesso. Desta forma, feita a ressalva, apresenta-se os resultados. A partir de uma comparação visual possibilitada pelos mapas apresentados no início deste capítulo, não se poderia esperar outra coisa além de uma alta correspondência, ilustrada no gráfico abaixo.



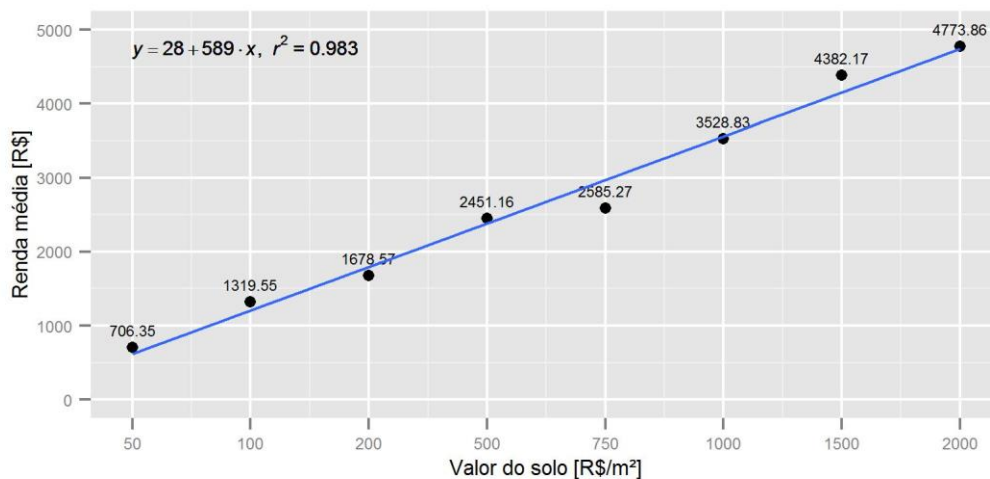


Figura 47: média de renda por faixa de valor do solo.

### 4.2.3. Considerações

Pode-se observar, tendo em vista os valores obtidos pelos coeficientes de determinação, que o atributo de valor do solo oferece boas explicações para a localização dos pontos de oferta do sistema em estudo, bem como dos pontos de demanda, excetuando a faixa de valor mais alto. Conclui-se, portanto, que o atributo de valor do solo é efetivamente um indicador da localização de atividades no sistema.

## 4.3. CENTRALIDADE DA REDE URBANA

A centralidade é uma dimensão hierárquica inerente à morfologia urbana, que pauta a distribuição de matéria urbana sobre um sistema. Nesse contexto, a acessibilidade é um indicador de centralidade por distância relativa, baseado na configuração dos espaços públicos de um sistema urbano. Esta medida (INGRAM, 1971) revela o padrão hierárquico dos trechos de espaço público de um sistema urbano resultante da mensuração da distância entre cada um deles a todos os demais. Hansen (1959) considera ainda que a acessibilidade constitui um parâmetro de diferenciação espacial: as localizações mais acessíveis ofereceriam maior oportunidade de efetivação de negócios para as atividades instaladas sobre elas. A competição por tais localizações no sistema como um todo cria uma estrutura de valores do solo. Corroboram esta tese os estudos empíricos de Porta e colegas (2011), que apontam forte correlação entre os



trechos mais centrais dos sistemas e a localização de atividades secundárias. Jacobs (1961, 2009) define tais atividades como aquelas que servem às pessoas atraídas pelos usos principais, os quais, por sua vez, são caracterizados como aqueles que por si só atraem movimento.

#### 4.3.1. Das descrições do espaço público para os grafos urbanos

Um dos argumentos para a produção dos modelos em que o espaço público pudesse ser tratado como conjuntos de elementos interconectados era o seu tratamento computacional. De fato, todas as operações realizadas até aqui só se tornaram factíveis em função desta propriedade dos modelos, que foram manipulados em ambientes de geoprocessamento e banco de dados (especificamente ArcGIS e PostgreSQL com extensão PostGIS).

Entretanto, para a execução dos cálculos de centralidade, fez-se necessário tratar os modelos segundo uma nova definição formal: a teoria dos grafos. Segundo Krafta (2014, p. 106), “é um capítulo da Matemática que estuda as relações entre elementos participantes de conjuntos discretos”. Blanchard e Volchenkov (2009, p. 1) e Harary (1969, p. 1) contam que o primeiro registro de que se tem notícia a respeito desta matéria é de autoria do matemático Leonhard Euler em 1736, com o objetivo de apontar uma solução de navegação espacial urbana para o problema das pontes de Königsberg.

A teoria dos grafos demanda uma definição mais precisa a respeito das representações de elementos e relações: os primeiros consistem necessariamente de entidades pontuais e os últimos constituem as instâncias lineares que estabelecem as conexões entre os elementos. Esta formalização coincide com o arranjo entre as partes da descrição por nodalidade, a qual é tratada pela literatura como grafo primal.

No caso do mapa de trechos, as funções devem se inverter. O procedimento é perfeitamente possível, e grafos com essas características são denominados duais. Entretanto, perde-se uma relevante propriedade do modelo. Segundo Krafta (2014, p. 107), “se desligam da geometria dos sistemas que representam”. Nesses termos, o somatório dos comprimentos da aresta que estabelecem as

relações de adjacência entre os vértices deixa de coincidir o somatório do comprimento das porções de espaço público, por exemplo.

Para a medida de centralidade em pauta neste trabalho, a coincidência entre comprimento das arestas e o comprimento das porções de espaço público é fundamental. Por outro lado, concluiu-se no capítulo anterior que os mapas de trechos oferecem melhor entendimento do sistema.

Como forma de lidar com este dilema e não abrir mão das vantagens de um ou de outro tipo de grafo, optou-se por uma solução mista. Partiu-se de um grafo primal, ao qual se adicionou os nós de um grafo dual, que coincidem com os centroides das arestas do grafo primal. Receberam a denominação de nós de segunda ordem estes novos elementos pontuais. Para estabelecer as conexões entre os dois conjuntos de nós, fez-se necessária a divisão de todas as arestas pela metade. Pode-se comparar os dois grafos tradicionais e a solução mista adotada nas três figuras abaixo.

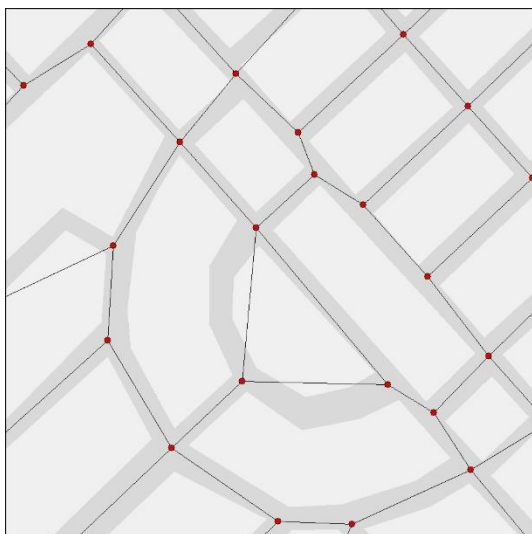


Figura 48: grafograma primal, resultante da individualização do espaço público por nodalidade.

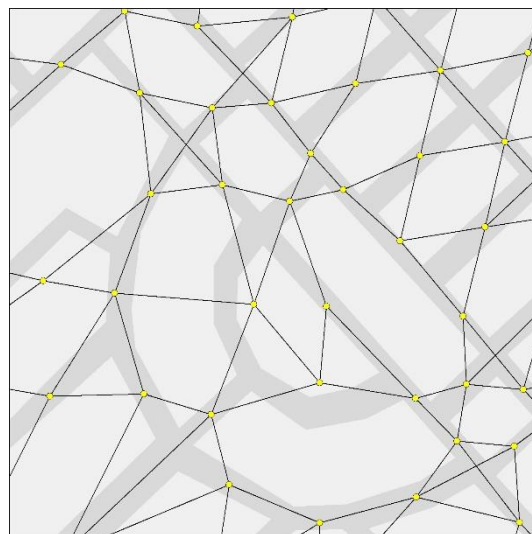


Figura 49: grafograma dual, resultante da individualização do espaço público por conectividade.

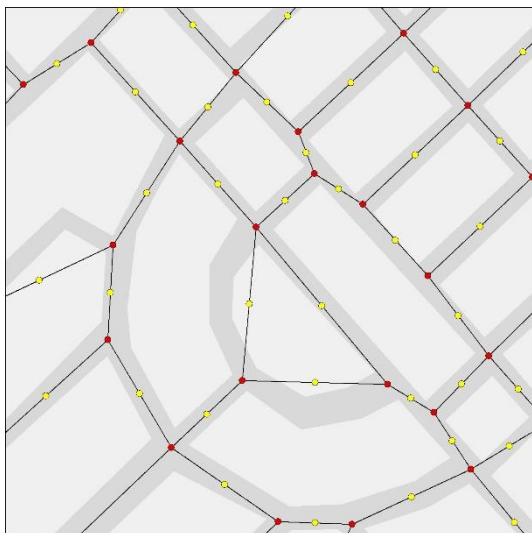


Figura 50: grafograma misto resultante da criação de nós e trechos de segunda ordem.

O resultado foi efetivo, posto que o grafo misto manteve as vantagens dos dois outros tipos de grafos urbanos, mas perdeu-se eficiência no tratamento computacional. Em função do maior número de elementos existentes neste grafo adotado, aumentou significativamente a quantidade de possibilidades de caminhos a serem calculados. O histograma abaixo ilustra a questão, classificando os nós do grafo misto segundo seus graus.

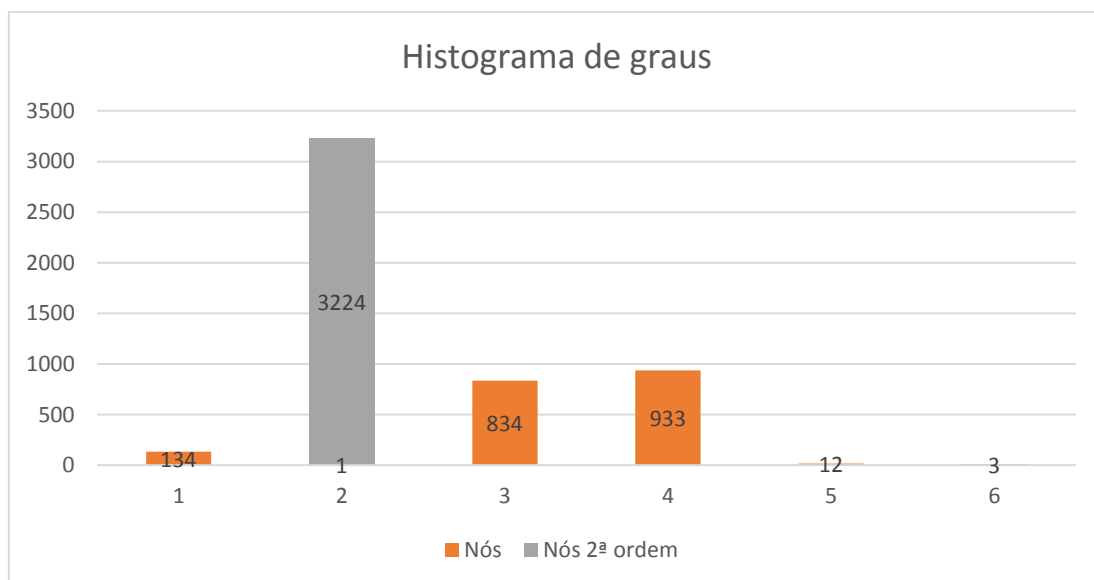


Figura 51: média de renda por faixa de valor do solo.

Grau é uma medida de grafos que equivale ao número de arestas incidentes em um vértice (HARARY, 1969, p. 14). Por definição, os nós criados através do método de geração de trechos a partir de faces de quadras possuem grau

diferente de  $2^{12}$ . Ou os nós possuem grau 1, caso se tratem de fins de linha, ou grau igual ou maior que 3, que é o mínimo de trechos incidindo no mesmo ponto de forma a caracterizar uma intersecção entre porções de espaço público.

Retomando, o grafo primal do sistema em pauta possui 1.917 nós e 3.224 trechos. Quando da geração do grafo misto, agregou-se um nó para cada trecho preexistente e dobrou-se o número de trechos. Como resultado, o grafo misto do mesmo sistema possui 5.141 nós e 6.448, o dobro de trechos que o grafo primal.

#### 4.3.2. Implementação, cálculo e resultados

Para o cálculo da medida de acessibilidade, utilizou-se o NetworkX (HAGBERG; SCHULT; SWART, 2008), um pacote de análise de redes para a linguagem de programação Python 2.7. O módulo já possui diversas medidas implementadas, incluindo a medida de closeness (FREEMAN; ROEDER; MULHOLLAND, 1979), análoga à medida de acessibilidade. Foi esta a medida utilizada.

Corroborando a afirmação a respeito da perda de eficiência no tratamento computacional, vale o registro dos tempos de processamento. Para o grafo primal, o pacote levou cerca de 20 segundos, enquanto para o grafo misto, foram 120 segundos. Mesmo que o segundo tenha demorado seis vezes mais que o primeiro, os tempos de processamento de ambos são bastante reduzidos.

Apresenta-se, por fim, uma espacialização do resultado da medida, calculada a partir do grafo misto produzido e aplicada aos trechos. Pode-se observar que a diferenciação espacial revelada pela medida possui um padrão concêntrico.

---

<sup>12</sup> De fato, o método de geração de trechos deixou escapar um único nó de grau 2 no modelo usado nesta dissertação.

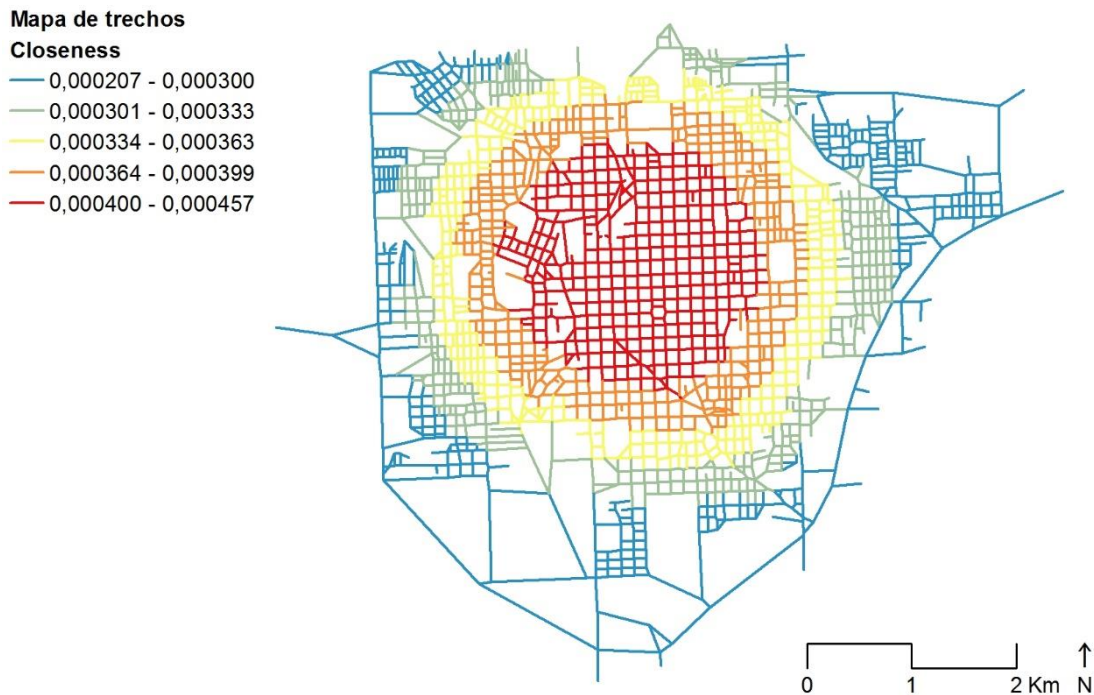


Figura 52: medida de closeness.

A imagem acima reforça a colocação de Faria e Krafta (2015, p. 3) a respeito das medidas de centralidade baseadas em distância: os autores afirmam que os resultados de tais medidas levam a apontar o centroide da rede, que recebe o escore mais alto. A partir deste, forma-se um gradiente decrescente.

Testou-se de outra maneira o enunciado dos autores: se a medida de closeness, que consiste em uma função do somatório de distância métrica de cada um dos elementos para todos os demais, revela um padrão concêntrico a partir do centroide da rede, então a distância de todos os demais pontos a este centroide deve seguir o mesmo padrão. Nesses termos, efetuou-se tal mensuração no NetworkX, cujo resultado está ilustrado pela imagem abaixo.

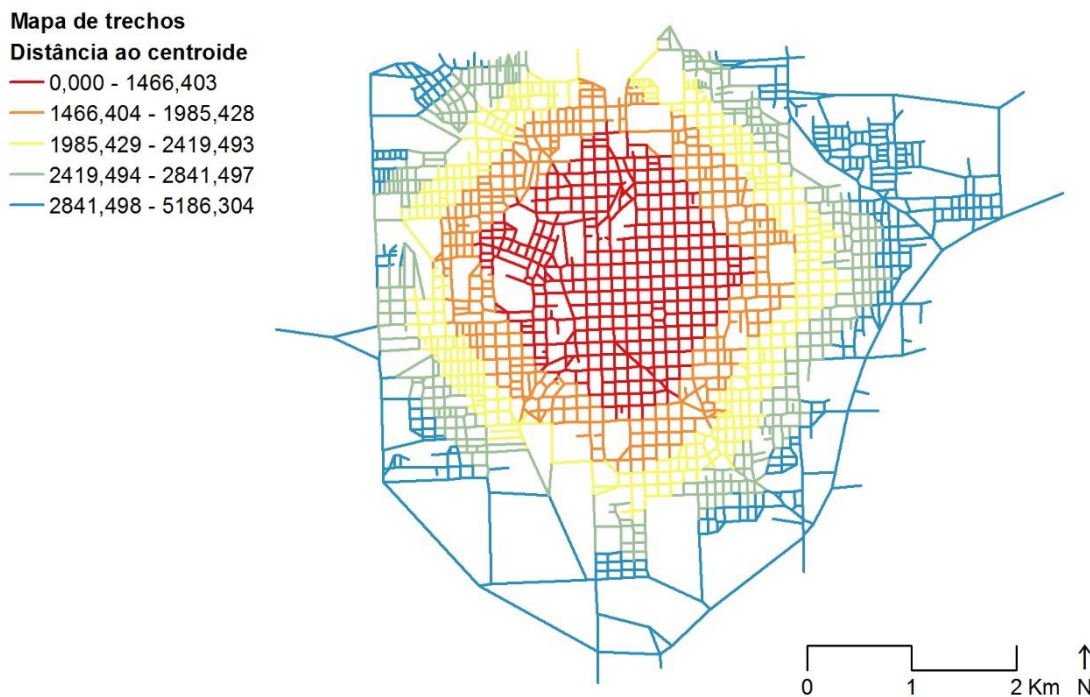


Figura 53: distância ao centroide.

Para confirmar a semelhança visual entre as duas medidas, apresenta-se o diagrama de dispersão abaixo. Pode-se dizer, com base no coeficiente de determinação, que a medida de distância do centroide aos demais trechos explica 91% da medida de closeness.

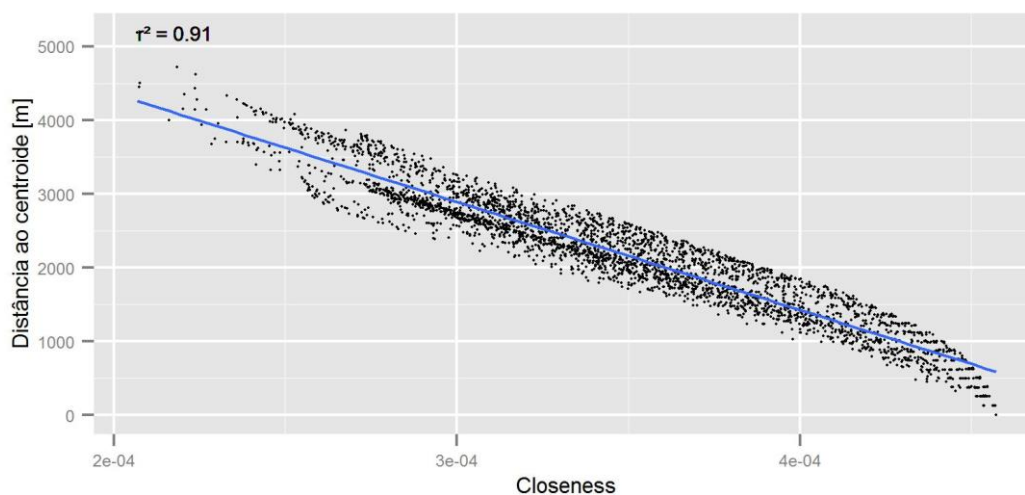


Figura 54: correspondência entre medida de closeness e distância ao centroide

#### 4.4. MÉTODO DE COMPARAÇÃO ENTRE LOCALIZAÇÕES DO CBD

A confirmação da correspondência entre a medida de acessibilidade e as distâncias ao centroide abriu uma nova perspectiva. Se antes a análise espacial em função da distância entre os elementos ficaria limitada à localização mais acessível do sistema, pode-se agora escolher o ponto de referência a partir da qual este tipo de centralidade será calculado.

Uma comparação entre o mapa em que a medida de closeness está espacializada e as representações dos atributos do sistema presentes nas figuras 35, 36 e 37 é suficiente para concluir que os trechos mais acessíveis da rede não coincidem com o que se pode chamar de CBD da cidade. Nessas circunstâncias, definiu-se o centroide do conjunto de trechos de mais alto valor do solo como ponto de referência para o cálculo das distâncias ao CBD a partir de todos os outros trechos. Apresenta-se o resultado no mapa abaixo.

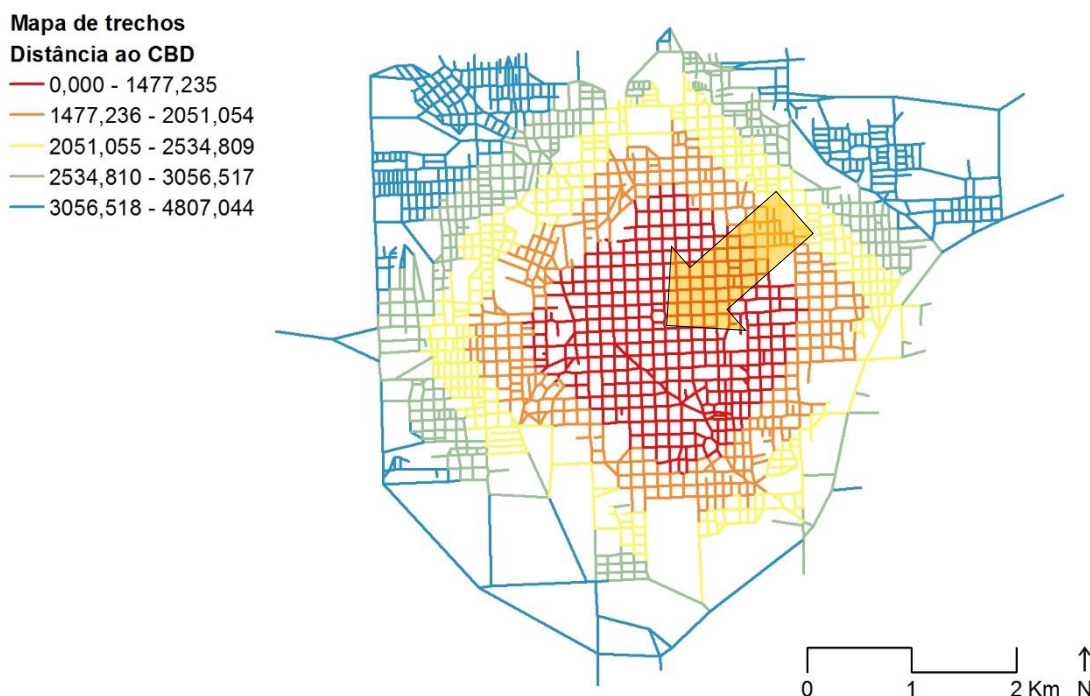


Figura 55: distância ao CBD, com flecha indicando o exato ponto de referência da medida.

Nessas condições, encontram-se em mãos, de um lado, observações empíricas que, conforme exposto, oferecem boas explicações a respeito da localização de



atividades no sistema. De outro, um gradiente de diferenciação espacial sobre o qual existe literatura que corrobora sua capacidade de fazer o mesmo. Pode-se, portanto, compará-los.

#### 4.4.1.Procedimentos

Visto que os dados de valor do solo são agregados em oito classes, produziu-se um agrupamento equivalente de trechos em função dos seus valores de distância ao CBD sob a mesma lógica. Os 17 trechos mais próximos ao ponto de referência – número que corresponde à faixa de R\$ 2000/m<sup>2</sup> - foram agrupados em uma classe, os 21 seguintes – equivalentes à faixa de R\$ 1500/m<sup>2</sup> - em outra classe, e assim sucessivamente, até a faixa de R\$ 50/m<sup>2</sup>.

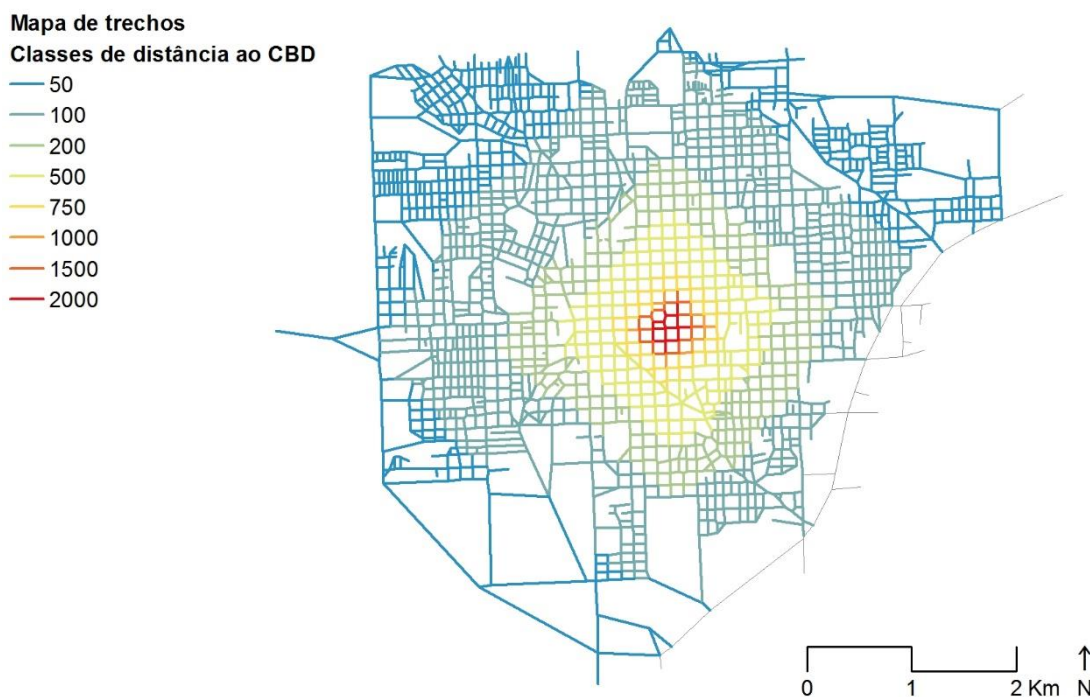


Figura 56: classes de distância ao CBD.

Como era de se esperar, o padrão de distância ao CBD classificado por faixas de valor do solo é bastante diferente do mapa de valores do solo. Existe apenas 58% de trechos que pertencem à mesma classe correspondente nas duas agregações. O gráfico abaixo expõe a proporção de trechos coincidentes por faixa de valor do solo.



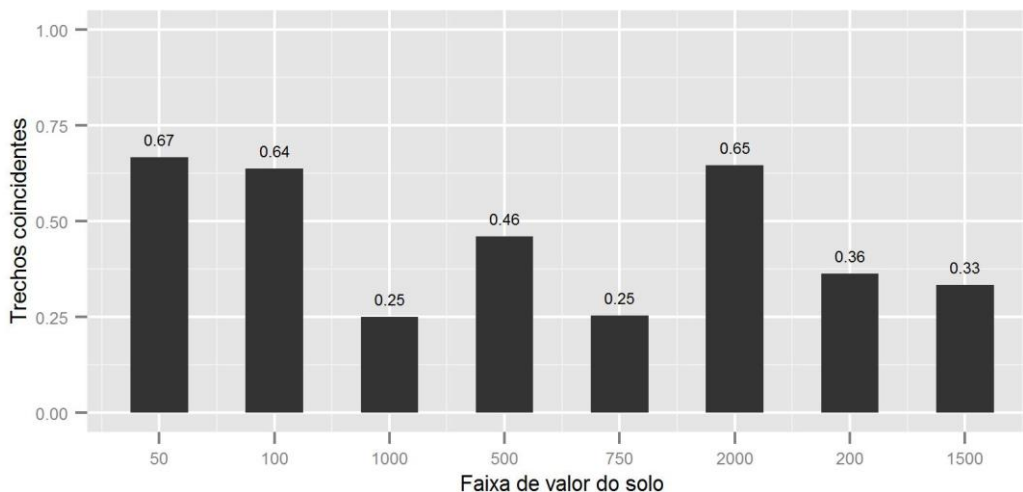


Figura 57: proporção de trechos coincidentes por faixa de valor do solo.

Ressalte-se que o termo faixa de valor do solo a essa altura só tem sentido como referência aos grupos. O valor do solo propriamente dito é irrelevante para a discussão presente.

#### 4.4.2. Resultados

Apresenta-se os resultados através da sobreposição das regressões lineares obtidas pelas medidas em cada um dos itens analisados. O coeficiente de determinação indica o melhor desempenho em cada caso. De fato, repete-se os dados já apresentados no começo deste capítulo, a respeito dos valores obtidos na agregação das faixas de valor do solo, o que se justifica em função da facilidade de comparação. Apenas os valores da medida de distância ao CBD que são inéditos. Para evitar uma quantidade de informação ainda maior nos gráficos, apenas os *labels* dos valores da medida de distância ao CBD foram plotados.

A respeito da distribuição de domicílios particulares, a medida de distância ao CBD apresenta melhor resultado no geral. Entretanto, quando se elimina o *outlier* referente à faixa de valor do solo mais alta, o desempenho da medida de valor do solo supera.

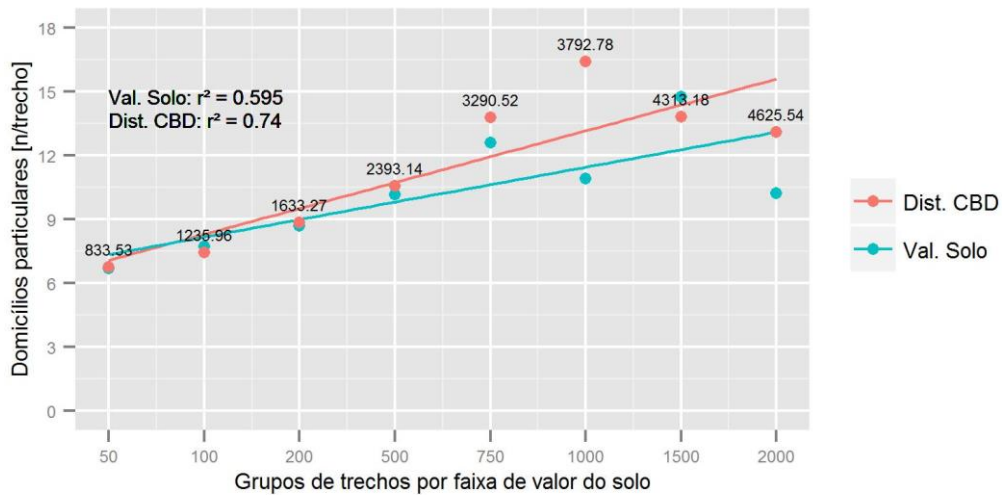


Figura 58: comparação entre médias de domicílios particulares por faixa de valor do solo.

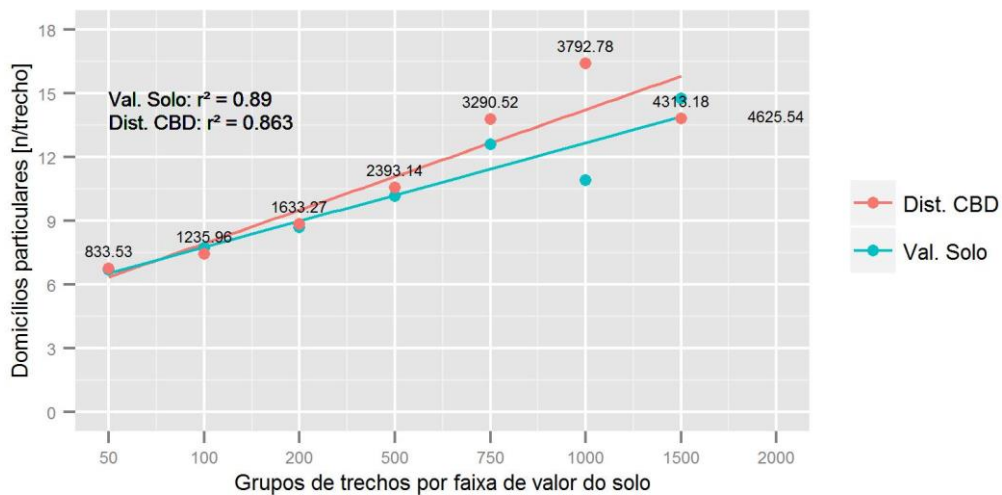


Figura 59: comparação entre médias de domicílios particulares por faixa de valor do solo, sem outlier.

A respeito dos estabelecimentos de outras finalidades, os resultados são muito semelhantes, com ligeira vantagem para a medida de valor do solo. É interessante que a medida menos homogênea, aquela cujas faixas de valor se estendem por eixos, em analogia ao modelo de Hoyt, possuem melhor capacidade de explicar a distribuição de atividades de oferta como esta.



Figura 60: comparação entre médias de estabelecimentos de outras finalidades por faixa de valor do solo

A respeito da renda média, uma vez mais cabe a observação a respeito da falácia ecológica. Trata-se de um dado mais agregado do que as faixas de valor do solo. Portanto, não surpreende os valores de coeficiente de determinação tão altos e tão próximos entre as duas medidas.

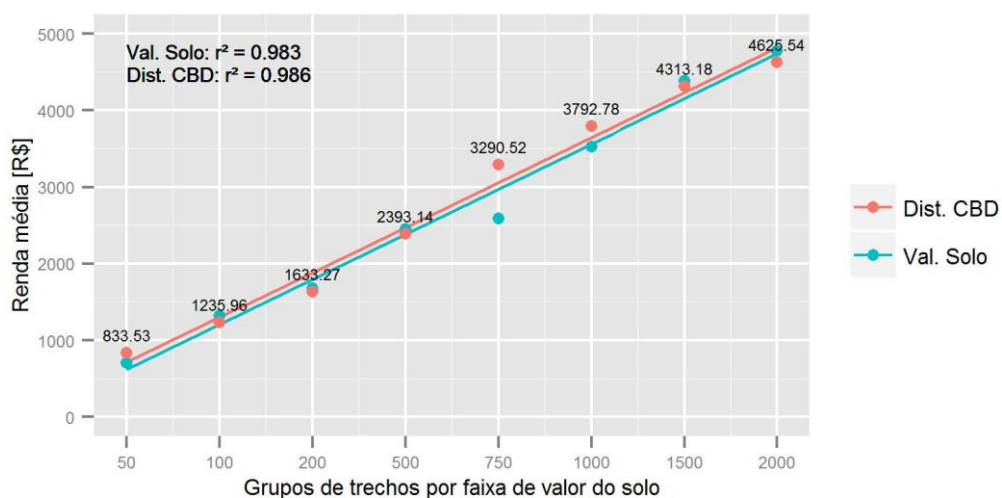


Figura 61: comparação entre rendas médias por faixa de valor do solo

## 4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado neste capítulo trilhou dois caminhos diferentes e chegou em resultados próximos. De um lado, lançou mão de um conjunto razoavelmente completo de dados sobre um sistema. Através destes, especialmente do valor

do solo e da localização de pontos de oferta, foi possível a identificação de uma hierarquia do espaço público.

De outro lado, utilizou-se apenas a configuração do espaço público. Inicialmente, a medida de closeness falhou em identificar o CBD da cidade. Entretanto, depois de demonstrada a forte correlação entre o valor desta medida de centralidade e a distância entre o trecho mais central e os demais trechos, criou-se uma proxy de distância ao CBD e, aí sim, encontraram-se resultados semelhantes com os do primeiro caminho.

Poderia se dizer que os resultados do segundo caminho são surpreendentemente bons, não fosse um campo de estudos construído justamente em cima de pesquisas que relacionam a configuração urbana com o comportamento dos sistemas. Ou seja, os resultados não são efetivamente surpreendentes, e os estudos configuracionais se provam relevantes *per se*.

Entretanto, a medida configuracional foi ajustada justamente a partir das informações do modelo descritivo as quais deveria por si só entregar, como tratada pela literatura citada neste capítulo. Nesses termos, coloca-se em xeque a necessidade de utilização da medida de acessibilidade – em estudos urbanos aplicados, fora do âmbito da investigação científica – como reveladora de uma estrutura de valores do solo e apontadora de tendência para as melhores localizações do sistema para a instalação de atividades de oferta, dado que foram exatamente estas propriedades – o valor do solo e as localizações das atividades de oferta – que permitiram a calibração da medida.

Sustenta-se a colocação com dois argumentos. Primeiro, o fim da escassez crônica de dados urbanos proporcionada pelo CNEFE. O mesmo tipo de informação sobre o uso do solo utilizado neste trabalho já está disponível para todas as cidades brasileiras, e é uma questão de tempo para que as faces de quadra da Base Territorial do IBGE se tornem públicas. Já está no horizonte, portanto, a possibilidade de produção de modelos descritivos tão nítidos quanto o utilizado neste trabalho para todas as cidades brasileiras.

Segundo, lembra-se que o padrão concêntrico invariavelmente revelado pela medida de acessibilidade seria compatível com a configuração do sistema

urbano em pauta neste trabalho, não fosse a excentricidade do ponto mais acessível em relação ao CBD observado. Não se deve esperar, portanto, melhores resultados em sistemas com características fragmentadas, polinucleadas, as quais tem sido verificadas no fenômeno urbano, conforme apontam os modelos mais recentes.

## 5. CONCLUSÃO

Esta dissertação se propôs a contribuir para o desenvolvimento de procedimentos de modelagem e análise urbana baseados em dados desagregados. Frente à falta de referências quanto à utilização dos dados citados em estudos deste tipo, foram desenvolvidos quatro métodos visando dar conta dos objetivos específicos, os quais são retomados e a seguir.

Quanto à exploração de possibilidades de utilização de dados da Base Territorial do IBGE e do CNEFE enquanto insumos para a produção de modelos urbanos, buscou-se cumprir o objetivo tanto em função dos métodos desenvolvidos – apesar da fragilidade de suas implementações – quanto da revisão dos conceitos adotados pelo IBGE, cuja disseminação é circunscrita à instituição e foi oportunizada ao autor deste trabalho através de uma experiência profissional.

A respeito de estratégias para a avaliação da qualidade de modelos urbanos produzidos com os dados desagregados, buscou-se que o método proposto desse conta dos casos apresentados. Uma limitação reside no fato de não haverem sido investigados outros parâmetros estatísticos (a variância, por exemplo) possivelmente mais adequados que o coeficiente de Gini para a construção do índice de nitidez proposto. Indica-se aí, portanto, uma possibilidade de desdobramento deste trabalho.

Espera-se que a confrontação entre os dados de uso e de valor do solo e os resultados da medida de acessibilidade possa ser uma contribuição deste trabalho, e nesse caso por dois motivos. Primeiro, pela possibilidade de validação da medida que os dados permitiram no estudo de caso em particular, e que fornece no mínimo um bom argumento para aumentar a escala desse mesmo estudo, abrangendo mais sistemas de diferentes complexidades. Segundo, por uma tendência mais geral no desenvolvimento científico atual, em que a disponibilidade de dados vem deixando de ser um problema, haja vista a quantidade massiva de dados que vem sendo produzida através das novas tecnologias de informação e comunicação.

Nesse contexto, o gargalo muda da possibilidade de aquisição e passa para a análise de dados. De certo modo e guardadas as devidas proporções, é o caso do CNEFE em estudos urbanos, e percebe-se que este trabalho, em uma reflexão de pós-produção, visa a contribuir justamente nesse sentido através dos métodos apresentados.

Dos exemplos que seguem essa linha no Brasil dentro do campo dos estudos urbanos, pode-se citar o artigo de Netto e colegas (2015), que recompõe os percursos de usuários do Twitter na cidade do Rio de Janeiro a partir dos seus locais de postagem, e o trabalho de Marta González, pesquisadora do MIT, junto ao Pensa – Sala de Ideias, a equipe de análise de dados da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, que aplicou metodologia desenvolvida por Toole (2015) e colegas para extrair percursos a partir de dados coletados por torres de celular.

Ainda sobre os métodos, nota-se um ganho de sofisticação que foi se efetivando ao longo do processo de pesquisa. Se o primeiro é um algoritmo semiautomático implementado em Excel, o último envolve um sistema de gerenciamento de banco de dados – PostgreSQL – e duas linguagens de programação – Python e R. Pretende-se com esta colocação advogar em favor da incorporação de processos mais sistêmicos –opostos a artesanais – nas pesquisas urbanas de enfoque sistêmico. Os ganhos em eficiência e reprodutibilidade parecem evidentes, e espera-se que este trabalho tenha contribuído nessa direção.

## 6. REFERÊNCIAS

3C ARQUITETURA E URBANISMO. **Plano local de habitação de interesse social de Ijuí**. [s.l.: s.n.]

ALLEN, P. M. **Cities and regions as self-organizing systems: models of complexity**. [s.l.] Taylor & Francis, 2005.

ALONSO, W. A theory of the urban land market. **Papers in Regional Science**, v. 6, n. 1, p. 149–157, 14 jan. 1960. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1435-5597.1961.tb01779.x>>. Acesso em: 2 out. 2013.

AMADO BARON, E. A. Método semiautomático para la creación de redes viales planas a partir de capas vectoriales mediante gvSIG y sextante. (Caracas, Ed.) In: 2as Jornadas de Latinoamérica y Caribe de gvSIG, Caracas. **Anais...** Caracas: 2010. Disponível em: <[http://gvSIG-desktop.forge.osor.eu/downloads/pub/events/jornadas-lac/2as-jornadaslac/articles/Articulo-Metodo\\_semiautomatico\\_redes\\_viales\\_planas.pdf](http://gvSIG-desktop.forge.osor.eu/downloads/pub/events/jornadas-lac/2as-jornadaslac/articles/Articulo-Metodo_semiautomatico_redes_viales_planas.pdf)>.

AMORIM, A.; HENRIQUE, G.; SOUZA, B. De; DALAQUA, R. R. Uma metodologia alternativa para a otimização de dados em sistemas cadastrais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 56, p. 47–54, 2004.

ANAS, A.; ARNOTT, R.; SMALL, K. A. Urban spatial structure. **Journal of Economic Literature**, v. 36, n. 3, p. 1426–1464, 1998.

BATTY, M. A new theory of space syntax. **CASA Working Papers Series**, n. 75, 2004.

BATTY, M. Smart cities, big data. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 39, n. 2, p. 191–193, 2012. Disponível em: <<http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=b3902ed>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

BETTENCOURT, L. M. A. **The Uses of Big Data in Cities**. [s.l.: s.n.].

BETTENCOURT, L. M. A. The origins of scaling in cities. **Science (New York, N.Y.)**, v. 340, n. 6139, p. 1438–41, 21 jun. 2013b. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23788793>>. Acesso em: 17 out. 2013.

BISPO, C. L. de S.; MENDES, E. de P. P. O rural e o urbano brasileiro: definições em debate. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2010.

BLANCHARD, P.; VOLCHENKOV, D. **Mathematical analysis of urban spatial networks**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR, C. a.; LAENDER, A. H. F. Modelagem conceitual de dados geográficos. **Banco de dados geográficos**, p. 93–146, 2005.



Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>>.

BORSDORF, A. Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. **Eure (Santiago)**, v. XXIX, n. 86, p. 37–49, 2003.

BORSDORF, A.; BÄHR, J.; JANOSCHKA, M. Die Dynamik stadtstrukturellen Wandels in Lateinamerika im Modell der lateinamerikanischen Stadt. **Geographica Helvetica**, v. 57, n. 4, p. 300–310, 2002.

BRASIL. **Decreto-lei no. 311, de 2 de março de 1938**. [s.l: s.n.]

BURGESS, E. W. The Growth of the City: An Introduction to a Research Project. In: MARZLUFF, J. M.; SHULENBERGER, E.; ENDLICHER, W.; ALBERTI, M.; BRADLEY, G.; RYAN, C.; SIMON, U.; ZUMBRUNNEN, C. (Ed.). **Urban Ecology**. Boston, MA: Springer US, 2008. XVIIIp. 71–78.

CLARKE, G.; WILSON, A. Performance indicators in urban planning: the historical context. In: BERTUGLIA, C.; CLARKE, G.; WILSON, A. (Ed.). **Modelling the City: Performance, Policy and Planning**. Oxon: Routledge, 1994. p. 4–19.

CORTELETTI, L. **Efeitos configuracionais do sistema de transporte público : a extensão do trensurb até novo hamburgo , rs laís corteletti orientadora : dra . clarice maraschin porto alegre , agosto de 2015 . laís corteletti efeitos configuracionais do sistema de transpor**. 2015. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, 2015.

CORTELETTI, L.; RIBEIRO, B. M. G. R. Análise do impacto da implantação do trem metropolitano na configuração espacial da cidade. In: XV! Encontro Nacional da ANPUR, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2015.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística aplicada**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ECHENIQUE, M. El concepto de sistemas, modelos y teorías en los estudios urbanos. In: ECHENIQUE, M. (Ed.). **Modelos matematicos de la estructura espacial urbana: aplicaciones en america latina**. Buenos Aires: Siap, 1975. p. 13–45.

FARIA, A. P. N. de; KRAFTA, R. Social Interaction and the city. **Não publicado**, [s.d.]

FREEMAN, L. C.; ROEDER, D.; MULHOLLAND, R. Centrality in social networks: experimental results. **Social Networks**, v. 2, p. 119–141, 1979.

GONÇALVES, A. R. **Indicadores de dispersão urbana**. 2011. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, 2011.

HAGBERG, A. A.; SCHULT, D. A.; SWART, P. J. Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. **Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy 2008)**, n. SciPy, p. 11–15, 2008.

HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, n. 2, p. 73–76, maio 1959.

HARARY, F. Graph theory. p. 274, 1969. Disponível em: <[http://books.google.pt/books/about/Graph\\_theory.html?id=QNxgQZQH868C&pgis=1](http://books.google.pt/books/about/Graph_theory.html?id=QNxgQZQH868C&pgis=1)>.

HARRIS, C. D.; ULLMAN, E. L. The Nature of Cities. **The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science**, v. 242, n. 1, p. 7–17, 1945.

HILLIER, B.; HANSON, J. **Social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HOYT, H. **The structure and growth of residential neighborhoods in american cities**. Washington: Federal Housing Administration, 1939.

IBGE (ed.). **Censo demográfico 2000: agregados por setores censitários dos resultados de universo - 2ª edição**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Divisão territorial brasileira**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Regiões de influência das cidades**. [s.l: s.n.]

IBGE. **Censo Demográfico**. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 5 out. 2012.

IBGE (ed.). **Censo demográfico 2010 - aglomerados subnormais - primeiros resultados**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Base de informações do censo demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. [s.l: s.n.]

IBGE. **CNEFE - Informações para Uso do Relatório e do Download**.

Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/cnefe/Nota\\_Divulgacao\\_CNEFE.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/cnefe/Nota_Divulgacao_CNEFE.pdf)>.

IBGE. Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos auxiliará na produção de pesquisas domiciliares. 25 nov. 2011d. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2011/11/cadastro-nacional-de-enderecos-auxiliara-na-producao-de-pesquisas-domiciliares>>.

IBGE (ed.). **Cadastro nacional de endereços para fins estatísticos: atualização do setor: manual do atualizador**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Metodologia do censo demográfico 2010**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Manual da base territorial**. [s.l: s.n.]

IBGE (ed.). **Contagem da população 2016: manual do aplicativo (cnefe) e exercícios: 2ª prova piloto**. [s.l: s.n.]

- INGRAM, D. R. The concept of accessibility: a search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101–107, 1971.
- JACOBS, J. **Death and life of great american cities**. New York: Random House, 1961.
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- JIANG, B.; CLARAMUNT, C. Topological analysis of urban street networks. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 31, n. 1, p. 151–162, 2004.
- KIRBAS, C.; QUEK, F. K. H. Vessel extraction techniques and algorithms: a survey. **Third IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering, 2003. Proceedings.**, v. 36, n. 2, p. 81–121, 2003.
- KRAFTA, R. Modelling intraurban configurational development. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, n. 1, p. 67–82, 1994.
- KRAFTA, R. Avaliação de desempenho urbano. In: VII Encontro Nacional da ANPUR, Recife. **Anais...** Recife: ANPUR, 1997a.
- KRAFTA, R. Urban configurational complexity: definition and measurement. In: Space Syntax First International Symposium, London. **Anais...** London: 1997b.
- KRAFTA, R. Fundamentos del análisis de centralidad espacial urbana. **Centro-h**, n. 2, p. 57–72, 2008.
- KRAFTA, R. On Scaling Functionality in Urban Form. 11 nov. 2013. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1311.2462>>. Acesso em: 9 mar. 2015.
- KRAFTA, R. **Notas de aula de morfologia urbana**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.
- KRÜGER, M. J. T. An approach to built-form connectivity at an urban scale: system description and its representation. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 6, p. 67–88, 1979.
- LEITE, H. L. **Georreferenciando dados de uso do solo: um método para a espacialização do cnefe**. 2013. Trabalho apresentado à, 2a Jornada de Morfologia + Modelagem Urbana, Pelotas, 2013.
- MARZULO, E. P. A mudança na favela brasileira: efeitos territoriais e demográficos na construção estatística da realidade. In: XIII Seminário Internacional RII, Salvador. **Anais...** Salvador: 2014.
- NETTO, V.; KRAFTA, R. A forma urbana como problema de desempenho. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 2, p. 157–180, 2009.
- NETTO, V. M.; PINHEIRO, M.; MEIRELLES, J. V.; LEITE, H. Digital footprints

in the cityscape: Finding networks of segregation through Big Data. In: International Conference on Location-Based Social Media Data, Athens, GA. **Anais...** Athens, GA: 2015.

PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. The Network Analysis of Urban Streets: A Dual Approach. p. 25, nov. 2004. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/cond-mat/0411241>>. Acesso em: 24 set. 2015.

PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. The network analysis of urban streets: A primal approach. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 33, n. 5, p. 705–725, 2006.

PORTA, S.; LATORA, V.; WANG, F.; RUEDA, S.; STRANO, E.; SCELLATO, S.; CARDILLO, A.; BELLI, E.; CARDENAS, F.; CORMENZANA, B.; LATORA, L. Street Centrality and the Location of Economic Activities in Barcelona. **Urban Studies**, v. 49, n. 7, p. 1471–1488, 10 nov. 2011. Disponível em: <<http://usj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0042098011422570>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

PORTO-SALES, A. L.; COUTO, E. M. J.; WHITACKER, A. M.; SPOSITO, M. E. B.; REDÓN, S. M.; MIYAZAKI, V. K. Pesquisa em geografia urbana: desafios e possibilidades de análise espacial com o uso do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE). **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 36, p. 81–103, 2014.

PORTUGALI, J. Notions concerning the nature of world urbanization. **Progress in Planning**, v. 46, n. 3, p. 145–162, jan. 1996. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0305900696888672>>. Acesso em: 2 out. 2013.

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

PRIGOGINE, I. Foreword. In: ALLEN, P. M. (Ed.). **Cities and regions as self-organizing systems: models of complexity**. [s.l.] Taylor and Francis, 2005.

RADKE, J.; FLODMARK, A. The Use of Spatial Decompositions for Constructing Street Centerlines. **Geographic Information Sciences**, v. 5, n. 1, p. 15–23, 1999.

RIBEIRO, L. C. D. Q.; RIBEIRO, M. G. **Ibeu - índice de bem-estar urbano**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.

SOUZA, A. L. de; DAMASCO, F. S.; MEDEIROS, G. B. F. P. da S. **Conceitos geográficos da base territorial brasileira: limitações e possibilidades**. 2014. IBGE, Rio de Janeiro, 2014.

STEADMAN, J. P. Built forms and building types: some speculations. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, n. 7, p. s7–s30, 1994.

THIESSEN, A. H. Precipitation Averages for Large Areas. **Monthly Weather Review**, v. 39, n. 7, p. 1082–1089, 1911.

THÜNEN, J. H. von. **Der isolierte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationaloekonomie**. Jena: Gustav Fischer, 1910.

TOOLE, J. L.; COLAK, S.; STURT, B.; ALEXANDER, L. P.; EVSUKOFF, A.; GONZÁLEZ, M. C. The path most traveled: Travel demand estimation using big data resources. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 58, p. 162–177, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968090X15001631>>.

TURNER, A. UCL Depthmap 7 : From Isovist Analysis to Generic Spatial Network Analysis. **New developments in space syntax software**, p. 43–51, 2007. Disponível em: <<http://www.vr.ucl.ac.uk/events/syntaxsoftware07/ndsss07-turner.html>>.

TURNER, A.; PENN, A.; HILLIER, B. An algorithmic definition of the axial map. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, n. 1971, p. 425–444, 2005.

WILSON, A. **The science of cities and regions**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012.

WINGO, L. An economic model of the utilization of urban land for residential purposes. **Papers in Regional Science**, v. 7, n. 1, p. 191–205, 14 jan. 1961. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1435-5597.1961.tb01779.x>>. Acesso em: 2 out. 2013.