



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LETÍCIA CABRERA

**DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS:  
ANÁLISE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COMO SUPORTE  
AO DESLOCAMENTO A PÉ**

---

Londrina  
2020

LETÍCIA CABRERA

**DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS:  
ANÁLISE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COMO SUPORTE  
AO DESLOCAMENTO A PÉ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do Título de MESTRE em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Milena Kanashiro  
Co orientador: Prof. Dr. Marciel Lohmann

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

C117      Cabrera, Letícia.  
Delimitação de unidades espaciais : análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé / Letícia Cabrera. - Londrina, 2020.  
126 f. : il.

Orientador: Milena Kanashiro.  
Coorientador: Marciel Lohmann.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Estratégias de mensuração da caminhabilidade - Tese. 2. Problema da Unidade de Área Modificável - Tese. 3. Escalas de análise - Tese. 4. Cidades brasileiras - Tese. I. Kanashiro, Milena. II. Lohmann, Marciel . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

CDU 711/72

LETÍCIA CABRERA

**DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS:  
ANÁLISE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COMO SUPORTE AO  
DESLOCAMENTO A PÉ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do Título de MESTRE em Arquitetura e Urbanismo.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Milena Kanashiro  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Ercília Hitomi Hirota  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Bruno Bogaz Zarpelão  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Julio Celso Borello Vargas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul -  
UFRGS

Londrina, 27 de março de 2020

Dedico este trabalho à (minha segunda) família Ribeiro Rodrigues:  
Eloísa, Hamilton, Isadora e Luís Fernando.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo Associado UEM/UEL pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos de forma gratuita, sempre acompanhada por excelentes profissionais e professores.

À CAPES pela bolsa de mestrado que deu acesso à dedicação exclusiva a esta pesquisa em seus últimos 13 meses.

À minha orientadora, Milena Kanashiro, pelo constante auxílio à pesquisa, pelo companheirismo e pelo incentivo em sempre buscar mais.

Aos professores da banca: Bruno Bogaz Zarpelão, Ercília Hitomi Hirota e Julio Celso Borello Vargas pela participação e pelas contribuições dadas à pesquisa. Ao professor e coorientador Marciel Lohmann.

À professora Ercília por todo o conhecimento compartilhado e pela confiança de sempre.

Aos professores Nestor Razente e José Luiz Faraco por todo conhecimento profissional transmitido durante o primeiro ano do mestrado, que foi realizado junto à participação, com bolsa, no projeto de extensão “Planos e Projetos de Desenvolvimento Urbano no Paraná”.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano, em especial Ana Luiza Favarão Leão, André Olak, Giulia Santos Souza, Larissa da Fontoura e a professora Thamine de Almeida Ayoub Ayoub que me acompanharam e auxiliaram ao longo do processo.

À amiga e professora, pelas conversas francas e pelas discussões acadêmicas, a quem devo um agradecimento especial, Eloísa Ramos Ribeiro Rodrigues que, junto à sua família: Hamilton, Isadora e Luís Fernando, me acolheram durante o período do mestrado e se propuseram a realizar o sonho de quem não o conseguiria fazer sozinha.

Agradeço também à minha família pelo suporte e incentivo ao longo dos últimos anos. Este trabalho também é destinado a vocês!

Ao meu companheiro de estudos e de vida nos últimos (quase) dois anos, Jeferson Shigaki, pelo amor, incentivo, apoio, consolo e auxílio.

E por último, mas não menos importante, à Deus. Por ter me permitido ter oportunidades e por ter colocado pessoas maravilhosas e essenciais em meu caminho.

CABRERA, Letícia. **Delimitação de unidades espaciais: análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé.** 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Vários estudos mostram uma forte associação entre o deslocamento ativo e o ambiente construído. Partem do pressuposto que o ambiente construído pode desempenhar um papel importante para apoiar comportamentos sociais e saudáveis, considerando a caminhada como a atividade física mais comum e mais provável de ser realizada no cotidiano. A caminhabilidade, qualidade espacial que incentiva a caminhada, possui diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos. Variáveis como densidade residencial, conectividade de ruas e uso misto do solo têm sido associadas positivamente a deslocamentos ativos e sistematizadas em índices para avaliação da caminhabilidade. Para sua aplicação, unidades espaciais são delimitadas como representativas de bairros ou áreas de influência. A maioria destes estudos, pela disponibilidade de dados, utilizam áreas pré-definidas como os setores censitários e/ou administrativos, enquanto unidade espacial de análise. No entanto, sabe-se que a maneira como as áreas são delimitadas e a escala na qual são realizadas as avaliações podem influenciar na análise do ambiente construído como suporte à caminhada, fato ocasionado pelo Problema da Unidade de Área Modificável (MAUP – Modifiable Areal Unit Problem). Assim, esta pesquisa tem como objetivo estabelecer estratégias de delimitação de unidades espaciais para análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé. Para isso adota-se como estratégia de pesquisa o estudo de caso na cidade de Rolândia – PR, com a finalidade de compreender com profundidade o fenômeno. Para cumprir o objetivo geral da pesquisa critérios, variáveis e procedimentos de avaliação do ambiente construído e de delimitação de unidades espaciais homogêneas foram identificados pela revisão de literatura. Em busca de esclarecer padrões de relação entre as variáveis do ambiente construído e avaliar a influência dos parâmetros e critérios utilizados, a pesquisa utilizou como tática a análise correlacional. Para validação da pesquisa, o índice de caminhabilidade e suas variáveis individuais foram agregados em oito unidades espaciais e correlacionados com níveis de caminhada das rotas realizadas a pé oriundas da pesquisa de origem-destino realizada para o Plano de Mobilidade Urbana da cidade de Rolândia-PR. Os resultados indicaram que o uso da ferramenta semi-automatizada Districting ESRI para a delimitação de unidades espaciais foram satisfatórios. As estratégias de macrozonas a partir de limites físicos, a partir de tamanhos semelhantes (400m), com valor venal similar (referência socioeconômica) e de integração e escolha apresentaram maior correlação com os níveis de caminhada. As avaliações evidenciaram dependência da escala e da delimitação das áreas utilizadas para análise. Também salientaram a importância das variáveis de uso misto do solo e da taxa de ocupação comercial. Assim, esta pesquisa contribui para a definição prévia da unidade espacial de agregação dos dados, necessária para a mensuração da influência do ambiente construído no deslocamento a pé. Os resultados contribuirão com o debate para a busca de estratégias metodológicas para avaliação da caminhabilidade em cidades médias brasileiras e poderão subsidiar o planejamento de cidades mais sustentáveis e caminháveis.

**Palavras-chave:** Estratégias de mensuração da caminhabilidade. Problema da Unidade de Área Modificável. Escalas de análise. Cidades brasileiras.

CABRERA, Letícia. **Delimitation of Spatial Units:** analysis of the built environment as a support for walking. 2020. 126 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

Several studies show a strong association between active travel and the built environment. From the assumption that the built environment can play an important role in supporting social and healthy behaviors, walking is considered the most common and likely physical activity to be performed in daily life. Walkability, the spatial quality that encourages walking, has several environmental, social and economic benefits. Variables such as Residential Density, Street Connectivity and Land Use Mix have been positively associated with active travel and systematized in indices to assess walkability. For their application, spatial units are defined as representative of neighborhoods or influence areas. Most of these studies, due to data availability, use predefined areas such as census and/or administrative tracts, as spatial units of analysis. However, it is known that the way these areas are delimited and the scale on which the evaluations are conducted can influence the analysis of the built environment as support for walking, a fact caused by the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP). Thus, this research has the objective to establish strategies for delimiting spatial units in the analysis of the built environment as support for walking. In this sense, in order to understand the phenomenon in depth, a case study in the city of Rolândia - PR was adopted as research strategy. To fulfill the main research objective, criteria, variables and procedures for assessing the built environment and delimiting homogeneous spatial units were identified by a literature review. In search of clarifying patterns of relationship between the variables of the built environment and evaluating the influence of the parameters and criteria used, the research used a correlational analysis strategy. For research validation, the walkability index and its individual variables were aggregated in eight spatial units and correlated with walking level data obtained from walking trips accounted for in the Origin-Destination survey conducted for the Urban Mobility Plan of the city of Rolândia-PR. Results indicated that the use of the semiautomated Districting ESRI tool for the delimitation of spatial units was satisfactory. The strategies of macrozones based on physical limits, similar sized units (400m), similar commercial values (socioeconomic reference) and integration and choice, showed greater correlations with walking levels. The evaluations highlight the dependence on the scale and the delimitation of the areas used for analysis. They also stress the importance of the Land Use Mix and Retail Floor Area Ratio variables. Thus, this research contributes to the definition of data aggregation spatial units, necessary to measure the influence of the built environment on walking. The results will contribute to the debate in the search of methodological strategies for assessing walkability in medium-sized Brazilian cities and may support the planning of more sustainable and walkable cities.

**Key-words:** Walkability measurement strategies. Modifiable Areal Unit Problem (MAUP). Scale of analysis. Brazilian Towns.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Delineamento da pesquisa.....	21
<b>Figura 2</b>	Modelo ecológico - fatores de influência nos propósitos de caminhada e Ciclismo .....	24
<b>Figura 3</b>	Esquema de estruturação dos índices de caminhabilidade .....	27
<b>Figura 4</b>	Relação conceitual entre os “3D’s” e os índices de caminhabilidade .....	30
<b>Figura 5</b>	Unidades espaciais de análise da caminhabilidade. (a) Setor censitário (b) buffer circular 1km (c) buffer de rede 1km .....	34
<b>Figura 6</b>	MAUP – (a) Imagem original (b, c) Efeito de escala. (d, e) Efeito de zoneamento (f) Imagem original agregada usando zonas com formas diferentes em uma escala diferente .....	35
<b>Figura 7</b>	Fluxograma do método .....	47
<b>Figura 8</b>	Localização Rolândia – PR .....	48
<b>Figura 9</b>	Plano inicial de Rolândia – CTNP .....	48
<b>Figura 10</b>	Expansão urbana da cidade de Rolândia – Plano Diretor Municipal.....	49
<b>Figura 11</b>	Mapa de uso do solo Rolândia – Pr .....	51
<b>Figura 12</b>	Divisão das áreas de uso misto para cálculo da entropia .....	52
<b>Figura 13</b>	Mapa densidade residencial Rolândia -Pr.....	52
<b>Figura 14</b>	Taxa de proporção comercial - Rolândia -Pr.....	53
<b>Figura 15</b>	Mapa de intersecções Rolândia -Pr .....	54
<b>Figura 16</b>	Intersecções localizadas nas bordas das unidades espaciais .....	54
<b>Figura 17</b>	K-Nearest Neighbor (vizinhos mais próximos) para classificação dos pontos nas bordas .....	55
<b>Figura 18</b>	Integração r700m – Rolândia – PR .....	57
<b>Figura 19</b>	Mapa de escolha global– Rolândia – PR .....	57
<b>Figura 20</b>	Espacialização e seleção das rotas realizadas a pé .....	59
<b>Figura 21</b>	Agregação das rotas a pé para validação das estratégias.....	59
<b>Figura 22</b>	Setores Censitários (IBGE 2010) – Rolândia PR .....	60
<b>Figura 23</b>	Crítérios e limites espaciais – Rolândia PR.....	61
<b>Figura 24</b>	Parcela mínima utilizada para os procedimentos de agregação de áreas: quadras .....	62

<b>Figura 25</b>	Divisão da cidade em quadras .....	62
<b>Figura 26</b>	Histograma das rotas percorridas a pé .....	66
<b>Figura 27</b>	Mapa valor venal Rolândia.....	67
<b>Figura 28</b>	Coeficiente de correlação de Spearman – valores de referência para classificação.....	70
<b>Figura 29</b>	Estratégia 1 - Macrozonas a partir dos elementos físicos .....	72
<b>Figura 30</b>	Estratégia 2 - Áreas com dimensões semelhantes (400m) .....	73
<b>Figura 31</b>	Estratégia 3 - Áreas com dimensões semelhantes (750m) .....	74
<b>Figura 32</b>	Estratégia 4 - Áreas com valor venal similar .....	74
<b>Figura 33</b>	Estratégia 4 - lotes institucionais e valor venal.....	75
<b>Figura 34</b>	Estratégia 5 – Áreas com forma urbana semelhante .....	75
<b>Figura 35</b>	Estratégia 6 – Áreas com valores de integração similares.....	76
<b>Figura 36</b>	Estratégia 6 – Áreas e valores de integração (r700m) .....	77
<b>Figura 37</b>	Estratégia 7 – Áreas com valores de integração e escolha similares .....	77
<b>Figura 38</b>	Estratégia – Áreas e valores de integração (r700m) e escolha.....	78
<b>Figura 39</b>	Índice de caminhabilidade – Estratégia 1 - macrozonas a partir de limites físicos.....	80
<b>Figura 40</b>	Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com tamanhos semelhantes 400m .....	81
<b>Figura 41</b>	Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com tamanhos semelhantes 750m .....	82
<b>Figura 42</b>	Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com valor venal Semelhante .....	83
<b>Figura 43</b>	Índice de caminhabilidade – forma urbana semelhante .....	84
<b>Figura 44</b>	Índice de caminhabilidade – valores de integração (700m) semelhantes.....	85
<b>Figura 45</b>	Índice de caminhabilidade – valores de integração (700m) e escolha Semelhantes .....	87
<b>Figura 46</b>	Índice de caminhabilidade - setores censitários.....	88
<b>Figura 47</b>	Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 1 – Macrozonas.....	92

<b>Figura 48</b>	Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 2 – 400m.....	94
<b>Figura 49</b>	Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 4 – Valor Venal.....	95
<b>Figura 50</b>	Correlações índice de caminhabilidade e metros caminhados – Estratégia 7 – integração + escolha.....	96
<b>Figura 51</b>	Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Setores censitários.....	97
<b>Figura 52</b>	Lotes e taxa de ocupação comercial – Densidade de Kernel.....	101
<b>Figura 53</b>	Intersecções – Densidade de Kernel.....	103
<b>Figura 54</b>	Residências – Densidade de Kernel.....	104
<b>Figura 55</b>	Carregamento das viagens a pé em Rolândia – PR.....	105

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Estatísticas descritivas – Comparação entre as estratégias criadas e os setores censitários .....	79
<b>Tabela 2</b>	Estatísticas descritivas - índice de caminhabilidade e suas variáveis .....	89
<b>Tabela 3</b>	Correlação de Spearman – metros caminhados x índice de Caminhabilidade .....	91

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Componentes básicos da estrutura da forma urbana.....	29
<b>Quadro 2</b>	Unidades espaciais analisadas por modelos de regressão.....	39
<b>Quadro 3</b>	Síntese dos critérios e sua relação com os métodos e as variáveis da Caminhabilidade .....	45
<b>Quadro 4</b>	Classificação e exemplos das categorias de uso do solo .....	50
<b>Quadro 5</b>	Critérios, variáveis e dados para criação de macrozonas a partir de limites físicos – Districting ESRI.....	64
<b>Quadro 6</b>	Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com tamanhos semelhantes (400m) – Districting ESRI.....	65
<b>Quadro 7</b>	Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com tamanhos semelhantes (750m) – Districting ESRI.....	66
<b>Quadro 8</b>	Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com valor venal semelhante – Districting ESRI.....	67
<b>Quadro 9</b>	Critérios, variáveis e dados para criação áreas com forma urbana semelhantes– Districting ESRI.....	68
<b>Quadro 10</b>	Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com valores de integração similares – Districting ESRI .....	69
<b>Quadro 11</b>	Critérios, variáveis e dados para criação áreas com valores de integração e escolha similares semelhantes– Districting ESRI.....	69

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA .....	16
1.2	OBJETIVOS .....	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos .....	19
1.3	APRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA E TÁTICA DE PESQUISA .....	20
1.4	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
2.1	ESTRATÉGIAS DE MENSURAÇÃO DA CAMINHABILIDADE.....	23
2.1.1	Unidades Espaciais De Análise Da Caminhabilidade.....	32
2.2	MAUP – PROBLEMA DA UNIDADE DE ÁREA MODIFICÁVEL EM PESQUISAS DE SAÚDE E LUGAR .....	35
2.2.1	Procedimentos E Ferramentas Para Delimitação De Unidades Espaciais Homogêneas .....	38
2.3	SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA – RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DA CAMINHADA E A DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS.....	44
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	46
3.1	ESTUDO DE CASO: ROLÂNDIA-PR .....	47
3.2	DADOS E VARIÁVEIS.....	49
3.2.1	Variáveis Do Índice De Caminhabilidade .....	50
3.2.2	Variáveis Do Ambiente Construído Relacionadas À Caminhada .....	56
3.2.3	Rotas A Pé .....	58
3.3	UNIDADES ESPACIAIS PARA ANÁLISE DA CAMINHABILIDADE .....	60
3.3.1	Setores Censitários .....	60
3.3.2	Procedimentos E Estratégias Para Delimitação De Unidades Espaciais .....	61
3.4	VALIDAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS PARA ANÁLISE DA CAMINHABILIDADE.....	70
3.4.1	Correlações .....	70

3.4.2	Espacialização Dos Dados E Análise .....	71
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
4.1	UNIDADES ESPACIAIS CRIADAS PARA AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE .....	72
4.1.1	Comparação Entre As Unidades De Área Criadas.....	78
4.2	APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CAMINHABILIDADE .....	79
4.2.1	Aplicação Do Índice De Caminhabilidade Pelas Estratégias De Delimitação De Áreas .....	79
4.2.2	Aplicação Do Índice De Caminhabilidade Nos Setores Censitários .....	87
4.2.3	Análise Descritiva Dos Resultados Pelas Unidades De Área .....	88
4.3	CORRELAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS PARA DEFINIÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS .....	91
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>98</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>107</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>125</b>
	APÊNDICE A Gráficos de correlação das estratégias que possuíram menor associação com os níveis de caminhada.....	125

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do crescente escopo de pesquisas que analisam a influência do ambiente construído no comportamento ativo, ainda há dúvidas sobre a delimitação da área de influência deste comportamento. A utilização de áreas administrativas e censitárias como delimitação dos “bairros caminháveis” tem se mostrado frágil na avaliação da caminhabilidade. Por isso, nota-se a necessidade de repensar estratégias de delimitação de unidades espaciais para a avaliação do ambiente construído como suporte a caminhada no contexto nacional, visando tornar as cidades mais resilientes, inclusivas, sustentáveis<sup>1</sup>.

Atualmente, em meio a preocupações com mudanças climáticas, crescimento populacional, o aumento do congestionamento do tráfego e problemas relacionados ao sedentarismo como a obesidade e problemas de saúde crônicos (FRANK et al., 2010; GILES-CORTI et al., 2010; KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013; HINO, 2014; MOTOMURA, 2017), nota-se uma busca constante em criar cidades mais sustentáveis, seguras e saudáveis (GEHL, SVARRE, 2017), tendo o transporte ativo como principal solução (GILES-CORTI et al., 2010)

Tais estudos partem do pressuposto de que o ambiente construído pode desempenhar um papel importante para apoiar comportamentos sociais e saudáveis, considerando a caminhada como a atividade física mais comum e mais provável de ser realizada no cotidiano (SIEGEL et al., 1995), reconhecida também como um meio de transporte sustentável (RAFIEMANZELAT; EMADI; KAMALI, 2017)

A partir dessa discussão, surgiu o conceito de caminhabilidade (*walkability*) como a extensão na qual o ambiente construído suporta e estimula o caminhar (SOUTHWORTH, 2005) fortemente relacionada com a combinação de uso misto do solo, conectividade de ruas e alta densidade residencial (SALLIS et al., 2006; FRANK et al., 2010).

Bairros caminháveis possuem diversos benefícios econômicos, sociais, ambientais e de saúde (TALEN; KOSCHINSKY, 2013). Os benefícios econômicos da caminhabilidade tratam do aumento da viabilidade econômica de locais comerciais, na melhoria do acesso a serviços e emprego, sem aumentar o congestionamento ou a emissão de gases poluentes (GILES-CORTI et al., 2010).

---

<sup>1</sup> AGENDA 2030 ONU – Objetivos do desenvolvimento sustentável: Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis

Sabe-se que melhorias no ambiente construído que façam do transporte não motorizado um modo confortável de se deslocar ajudam a atingir objetivos de igualdade social e de oportunidades econômicas (LITMAN, 2003). Pessoas que possuem dificuldades econômicas e sociais dependem do deslocamento ativo.

Comunidades caminháveis também podem criar ambientes seguros para os moradores (RAFIEMANZELAT; EMADI; KAMALI, 2017), além de outros benefícios sociais como a promoção de capital social e a diminuição de acidentes de trânsito (GILES-CORTI et al., 2010).

O transporte ativo possui ainda benefícios substanciais para a saúde (OWEN et al., 2007; SAELENS; HANDY, 2010); no auxílio e prevenção de problemas de saúde como obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes e transtornos mentais (COMMITTEE ON PHYSICAL ACTIVITY, HEALTH, TRANSPORTATION, 2005; HINO; REIS; FLORINDO, 2010; SAELENS; HANDY, 2010; CLARK; SCOTT, 2014) pois trata-se de uma forma de exercício que pode ser realizada no cotidiano capaz de contemplar também aqueles que não possuem tempo e motivação para estabelecer uma rotina de atividades físicas vigorosas (VERAS, DOMENICO, MARQUES, 2017). Mudanças de humor, aumento na sensação de bem-estar e uma diminuição nos índices de depressão também foram reportados em locais que possuem mais pessoas que caminham (RAFIEMANZELAT; EMADI; KAMALI, 2017).

#### 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

Com o intuito de mensurar objetivamente os atributos do ambiente construído relacionados ao deslocamento a pé, pesquisadores de várias áreas do conhecimento, desenvolveram e aplicaram os chamados índices de caminhabilidade (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK et al., 2006; OWEN et al., 2007; SALLIS et al., 2009; FRANK et al., 2010; KING et al., 2011; LOTFI; KOOHSARI et al., 2011; HINO et al., 2012; REIS et al., 2013; CAUWENBERG et al., 2016; KOOHSARI et al., 2016; FRANK et al., 2017).

Dentre os índices, o mais disseminado mundialmente é o desenvolvido por Frank et al. (2010), o qual sistematiza quatro componentes do ambiente construído: 1. Densidade residencial líquida (proporção de unidades residenciais para cada área destinada ao uso residencial); 2. taxa de ocupação comercial (divisão entre área de ocupação do solo por edifícios de varejo pela área

destinada ao uso comercial); 3. densidade de intersecções (conexões das redes de ruas, na relação entre o número de intersecções verdadeiras, 3 ou mais, por área) e 4. uso misto do solo ou score de entropia, indicando o grau, entre 0 e 1, de equilíbrio da mistura de uso do solo presente no local. A associação entre tais componentes e níveis de atividade física tem sido positivamente relatada por numerosos estudos (FRANK et al, 2017).

Para tal avaliação, o índice de caminhabilidade utiliza os setores censitários, e/ou administrativos, como base para a análise dos dados, enquanto representação de bairros caminháveis (FRANK et al., 2010; MOTOMURA, FONTOURA, KANASHIRO, 2018). Essas unidades espaciais administrativas, agrupam dados de idade, educação, emprego, etnia, moradia, classe social e outros fatores que podem estar associados à saúde dos indivíduos. Assim, insere-se a ideia de que a saúde das pessoas pode ser influenciada também por seu contexto geográfico (COCKINGS; MARTIN, 2005; FLOWERDEW et al.; 2008; SPIELMAN; YOO 2009).

Neste sentido, Koohsari et al. (2013) afirmam que as escalas geográficas precisam ser previamente definidas para a mensuração das características do ambiente construído como suporte à atividade física. Os autores indicam que são necessárias evidências que demonstrem a solidez das unidades espaciais nas pesquisas, para que a saúde pública e o planejamento urbano possam efetivamente indicar intervenções para tornar as cidades mais caminháveis.

A partir dessas reflexões, indica-se uma lacuna de pesquisa que demonstra a possibilidade de incoerência dos resultados apresentados, a partir das diferentes escalas de delimitação das áreas de coleta e de análise dos dados. Moudon et al., (2006) afirmam que as pesquisas baseadas nas unidades espaciais de setores censitários não refletem a área específica de deslocamento ativo. Riva et al. (2008) complementam que os estudos futuros deveriam ter como objetivo determinar a homogeneidade das unidades espaciais, em relação às características do ambiente construído, antes de avaliar sua associação com a saúde, evidenciando a importância desta pesquisa.

Estudos recentes de diferentes campos disciplinares da Sociologia, Estatística, Saúde Pública e Planejamento Urbano já indicaram que os resultados associados a saúde, comportamento e bem-estar de um indivíduo se diferenciam dependendo da sistematização dos dados, a partir de variações geográficas

(COCKINGS; MARTIN, 2005; RIVA et al., 2008; RIVA et al., 2009; FLOWERDEW et al., 2008; SPIELMAN et al., 2013; KOOHSARI et al., 2013) mostrando que a escala e a divisão das áreas para a análise e coleta de dados influenciam nos resultados gerais.

Tal problema é conhecido como *Modifiable Areal Unit Problem* - problema da unidade de área modificável (MAUP). O MAUP está associado basicamente a dois efeitos correlacionados: 1. Efeito de escala: mostra que a obtenção de resultados estatísticos pode variar com a escala e depende dos níveis de agrupamento dos dados; 2. Efeito de zoneamento: implica na maneira como os dados são divididos e agregados, a um determinado limite (OPENSHAW, 1984; BARROS FILHO, 2009).

Esta abordagem reflete a chamada “falácia ecológica”, que ocorre quando se infere que os resultados, baseados em dados agregados a um limite (ou agrupados), podem ser aplicados aos indivíduos na formação de zonas ou grupos estudados (OPENSHAW, 1984). Assim, de acordo com Openshaw (1984), um sistema de zoneamento ou agrupamento completamente homogêneo estaria livre do MAUP.

Na avaliação da caminhabilidade, a maioria das variáveis são dependentes de uma medida de área. São variáveis que agregam dados a uma determinada delimitação e realizam o cálculo da densidade via proporção da presença de residências, cruzamentos, uso do solo etc. para uma determinada área; desta forma, os resultados variam a partir da escala e de diferentes definições de limites das unidades espaciais.

Soma-se a essa discussão que os setores censitários brasileiros não possuem critérios de homogeneidade para sua delimitação, uma vez que são definidos pelo IBGE (2010)<sup>2</sup> como “a unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador.”

Ainda no Brasil, de acordo com Vasconcellos (2017), o modo de circulação mais utilizado nas cidades é o deslocamento a pé. No entanto, embora as cidades brasileiras não suportem este tipo de deslocamento, uma pesquisa realizada pelo CNI-IBOPE (2014), aponta que a maior parte das pessoas realizam

---

<sup>2</sup> Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/operacao-censitaria.html>. Acesso em 11 de agosto de 2018.

deslocamentos diários a pé: cerca de 37%, caminham como meio de locomoção por ser o modo mais rápido de chegar aos seus destinos; 29% por ser um meio de transporte saudável; 19% a utilizam por ser o único meio de locomoção disponível e 16,2% responderam pela curta distância a ser percorrida.

E, estudos que buscam encontrar a associação do ambiente construído com a caminhada no Brasil são escassos (NAKAMURA et al., 2013; LARRANAGA et al., 2015). Além disso, os poucos existentes são desenvolvidos em grandes cidades, que possuem aspectos ambientais e culturais diferentes das cidades médias e pequenas (NAKAMURA et al., 2013) que por sua vez, possuem os maiores índices de deslocamento a pé, se comparados com as grandes cidades do país (Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP, 2018).

Desta maneira, o problema desta pesquisa é a influência da delimitação de unidades espaciais na análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé em uma cidade média brasileira. Para investigar tal fenômeno, é necessário o aprofundamento teórico-metodológico para subsidiar a definição das variáveis que compõem e delimitam áreas homogêneas para a obtenção de dados e de resultados mais coerentes com a configuração espacial. Assim, define-se a questão de pesquisa: “Como delimitar unidades espaciais para pesquisas de avaliação do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé?”.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Estabelecer estratégias de delimitação de unidades espaciais para análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- I. Identificar os critérios e variáveis para a delimitação de unidades espaciais
- II. Avaliar a influência dos critérios e variáveis na delimitação e análise das áreas
- III. Definir procedimentos e métodos de delimitação de unidades espaciais
- IV. Correlacionar variáveis do ambiente construído e do deslocamento a pé para a validação dos procedimentos e métodos de delimitação de áreas.

### 1.3 APRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA E TÁTICA DE PESQUISA

Como estratégia de pesquisa foi adotado o estudo de caso, para buscar compreender com profundidade o fenômeno pertencente a um contexto, onde a definição entre os limites do fenômeno e o contexto não está totalmente esclarecida (YIN, 2001).

O estudo de caso foi conduzido na cidade de Rolândia-PR, escolhida pela disponibilidade de dados da pesquisa de Origem e Destino (OD)- realizada pelo Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social (ITEDES), por ter avaliações e resultados já provenientes das pesquisas sobre caminhabilidade de Leão (2019) e Olak (2019), por contar com um banco de dados georreferenciados atualizados no nível da unidade do lote/parcela e por ser uma cidade média brasileira, representativa da maior parte das cidades no Brasil, onde 95% das cidades possuem menos de 100 mil habitantes (IBGE, 2010).

Em busca de esclarecer padrões de relação entre as variáveis (GROAT; WANG, 2013) do ambiente construído e do deslocamento a pé, a partir da delimitação de unidades espaciais, este estudo utilizou como tática a análise correlacional, buscando quantificar a correlação entre o deslocamento a pé e o ambiente construído por meio de procedimentos estatísticos.

Para a validação das estratégias de delimitação de unidades espaciais para a análise da caminhabilidade foram realizadas correlações entre os níveis de caminhada, provenientes das rotas a pé especializadas, a partir do banco de dados da pesquisa de OD da cidade de Rolândia, e as aplicações do índice de caminhabilidade nas diferentes unidades espaciais criadas pelas estratégias e nos setores censitários. Assim, após as análises das unidades espaciais, foi possível identificar aquelas de maior correlação com os níveis de caminhada.

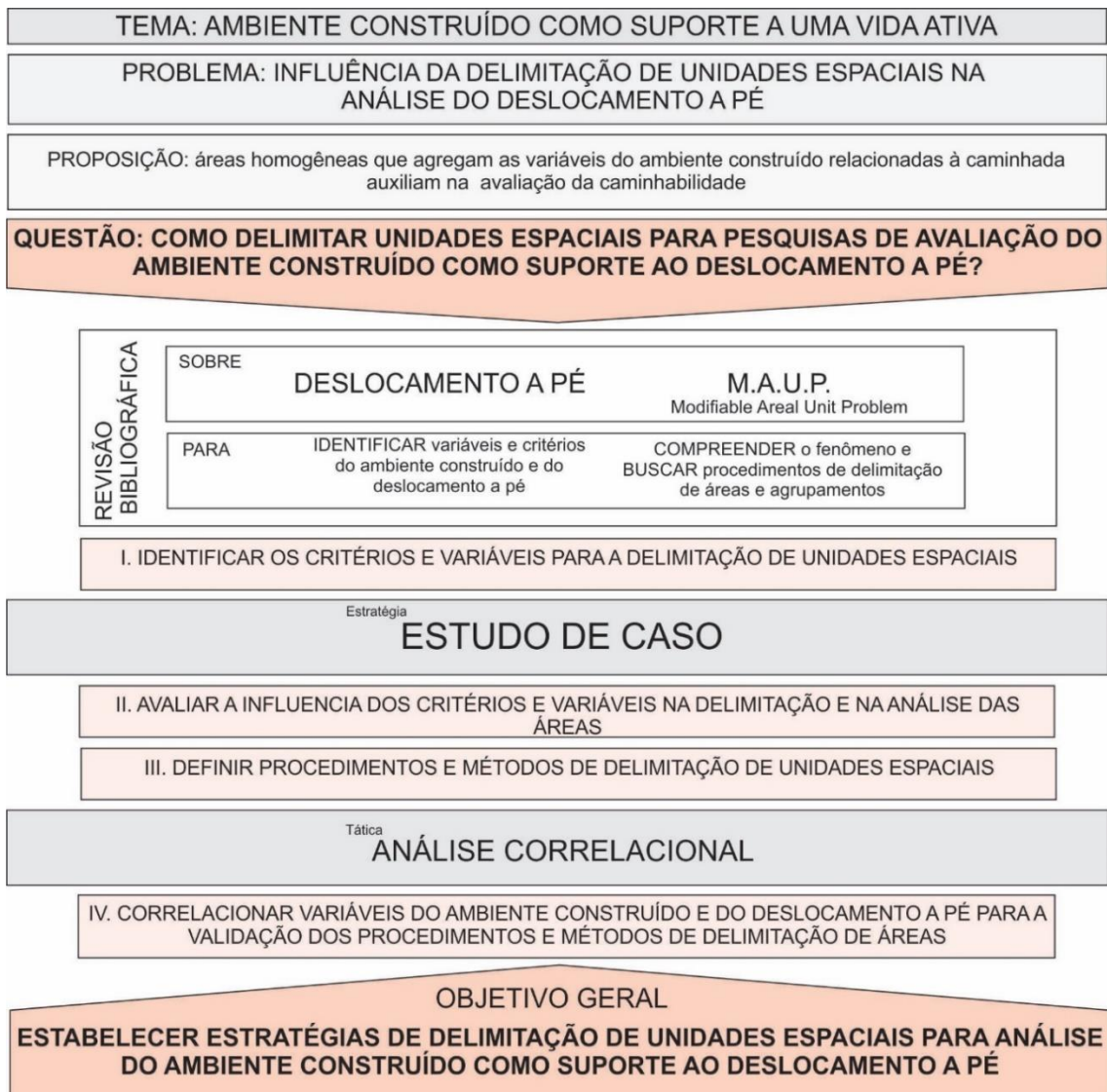
Sabe-se que a caminhada é um comportamento complexo, influenciado por diversas variáveis vinculadas aos aspectos culturais, econômicos, sociais, interpessoais e físicos. No entanto, para o desenvolvimento deste estudo foi necessário definir recortes específicos para atingir os objetivos propostos.

### 1.4 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa parte da seguinte estrutura para atingir seus objetivos: em seu primeiro capítulo faz uma introdução da temática, apresenta o problema de pesquisa seus objetivos e métodos. O segundo capítulo contém a revisão teórica e

metodológica das estratégias de mensuração da caminhabilidade e do problema de unidade de área modificável. A partir da literatura definem-se os procedimentos, variáveis e métodos de delimitação de unidades espaciais homogêneas. O terceiro capítulo apresenta o detalhamento dos métodos e dos procedimentos adotados bem como a explanação de coleta, processo de georreferenciamento e sistematização dos dados. O quarto capítulo apresenta os resultados e suas análises preliminares para a validação inicial das estratégias criadas. A discussão dos resultados e sua relação com pesquisas já realizadas e com a revisão de literatura estão no quinto capítulo. E, por fim, o sexto e último capítulo apresenta as conclusões, limitações e potencialidades para futuras pesquisas. Este processo encontra-se detalhado no delineamento da pesquisa na Figura 1.

**Figura 1 – Delineamento da pesquisa**



Fonte: Da autora (2018)

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão de literatura procura, em sua primeira parte, integrar os estudos realizados pelos diversos campos multidisciplinares e, busca reunir, identificar, sintetizar os critérios e variáveis do ambiente construído relacionados à caminhada, selecionar procedimentos e referências, observar resultados e identificar as unidades espaciais utilizadas para a análise da caminhabilidade. A segunda parte fundamenta-se em uma busca para compreender o fenômeno do MAUP em pesquisas que relacionam saúde e lugar. Procura identificar, sintetizar e selecionar procedimentos, métodos e referências para a delimitação de áreas homogêneas.

A caminhabilidade como capacidade do ambiente construído em promover a caminhada (TRIBBY et al., 2015), é tipicamente operacionalizada como um índice de variáveis do ambiente construído em um sistema de informações geográficas (MAYNE et al., 2017) e é geralmente avaliada em dois níveis de agregação geográfica (TRIBBY et al., 2015). Em um nível micro (pessoal), desagregado, específico para indivíduos ou ambientes e em nível meso que são os espaços compartilhados por grupos de indivíduos, tais como um bairro (MAYNE et al., 2017).

Usualmente, a “geografia do censo” como os setores censitários, “*block groups*”, “*census wards*” são as unidades representativas dos bairros nestes estudos (FRANK et al., 2010; REIS et al., 2013; MAYNE et al., 2017; MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018) sendo utilizados por conveniência de dados (RIVA et al., 2008; FRANK et al., 2010). Entretanto a maneira como a delimitação dessas áreas é feita e a escala em que os dados são analisados pode influenciar nos resultados obtidos (COCKINGS; MARTIN, 2005; FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008), sendo capaz de mascarar as variações espaciais que afetam o comportamento da caminhada, então ocasionando o Problema da Unidade de Área Modificável – MAUP (DAY et al., 2006; LEE; MOUDON; COURBOIS, 2006).

## 2.1 ESTRATÉGIAS DE MENSURAÇÃO DA CAMINHABILIDADE

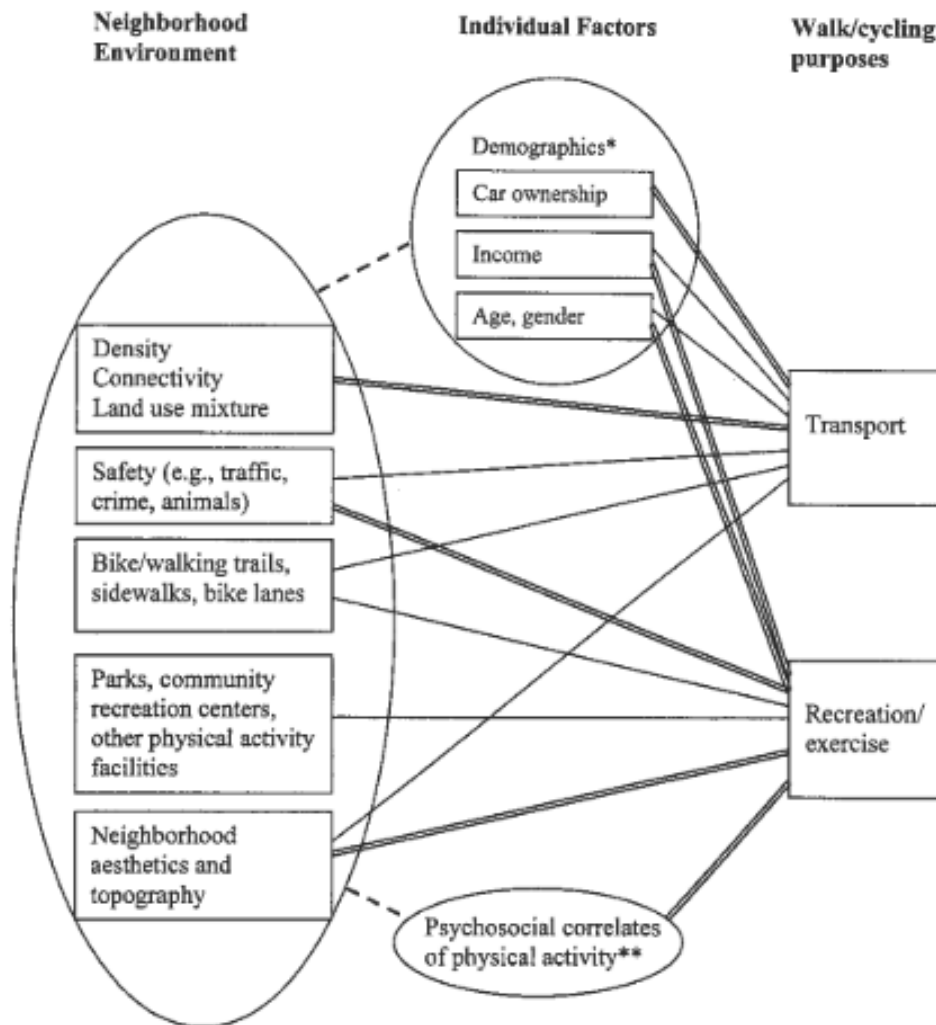
Problemas relacionados ao rápido crescimento das cidades com o aumento dos congestionamentos e poluição (BECERRA et al., 2013; CARVALHO, 2016), assim como atividades mais sedentárias da vida contemporânea e, o conseqüente crescimento das doenças crônicas não-transmissíveis (JÁUREGUI et al., 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018), motivaram pesquisas em vários campos disciplinares para entender como o ambiente construído pode ser mais atrativo e dar suporte ao deslocamento ativo (SOUTHWORTH, 2005; SALLIS et al., 2006; BROWNSON et al., 2009; FRANK et al., 2010; ELLIS et al., 2016; SHASHANK; SCHUURMAN, 2019).

Neste sentido, os chamados “modelos ecológicos”, desenvolvidos por Saelens, Sallis e Frank (2003) e Sallis et al. (2006), extrapolam a discussão da atividade física influenciada apenas por fatores individuais e inserem os domínios – transporte, ocupação, recreação e doméstico - vinculados às características do ambiente construído (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003). Nesses modelos, atributos espaciais (densidade, conectividade uso misto, segurança, ciclovias e vias para caminhada, calçadas, parques, locais de recreação, estética e relevo), fatores individuais (variáveis demográficas, renda, idade, gênero) e fatores psicossociais estão relacionados a atividade física e sua finalidade, seja para transporte ou recreação (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003) (Figura 2).

No deslocamento ativo como transporte, incorpora-se dois modos – o caminhar e o andar de bicicleta - relacionados também com a recreação e a prática de exercícios físicos (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003). A caminhada é a primeira forma de transporte (KHANAL; MATEO-BABIANO, 2016), a atividade mais comum entre adultos (OWEN et al., 2007; SAELENS; HANDY, 2008) e possui benefícios substanciais para prevenção da saúde (KOOHSARI et al., 2014). Por isso ela tem sido o principal foco de iniciativas ambientais e de políticas públicas (SALLIS; BAUMAN; PRATT, 1998).

Intervenções no ambiente construído são mais fáceis de serem realizadas do que mudanças no comportamento das pessoas (CERIN et al., 2007), além de serem mais efetivas a longo prazo e atingirem mais pessoas quando comparadas a intervenções nos níveis individuais ou interpessoais (HINO, 2014).

**Figura 2 – Modelo ecológico - fatores de influência nos propósitos de caminhada e ciclismo**



Fonte: Saelens, Sallis e Frank (2003). “Linhas duplas denotam relações mais fortes; linhas simples denotam relações mais fracas; linhas tracejadas denotam relações mediadas” (SAELEN; SALLIS; FRANK, 2003).

Assim, pesquisas que relacionam o ambiente construído à caminhada cresceram nos últimos anos (CERVERO; KOCKELMAN, 1997; SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003; MOUDON et al., 2006; FRANK et al., 2010; SAELENS; HANDY, 2010; KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013; MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018). E com elas surgiu o conceito de caminhabilidade, que possui múltiplas dimensões (KHANAL; MATEO-BABIANO, 2016), podendo ser definida como a medida em que o ambiente construído dá suporte e estimula a caminhada, conecta destinos, promove conforto e segurança ao pedestre (SOUTHWORTH, 2005), e “contribui para a vitalidade urbana, além de ser o mais significativo indicador dessa vitalidade” (SPECK, 2016 p. 14).

Com isso, estratégias para avaliar o ambiente construído foram desenvolvidas, não apenas para fins de pesquisa mas também para avaliar novas iniciativas e políticas ambientais (LESLIE et al., 2007). Tais estratégias buscam quantificar os aspectos físicos do ambiente construído que podem impactar no comportamento da caminhada (SAELEN; SALLIS; FRANK, 2003).

Geralmente, envolvem variáveis objetivas, subjetivas ou uma combinação de dados objetivos e subjetivos (LIN; MOUDON, 2010; SCHÜLE; BOLTE, 2015; TRIBBY et al., 2015), pois consideram que os comportamentos ativos dependem tanto dos atributos objetivos do ambiente construído como da forma como as pessoas os interpretam (CERIN et al., 2007) e dos indivíduos que os realizam.

As medições subjetivas podem envolver entrevistas diretas e/ou questionários ou métodos diretos de avaliação de atributos do ambiente construído relacionados à percepção (TRIBBY et al., 2015), como a presença de outros pedestres e percepções de segurança (MOUDON; LEE, 2003). Relacionam a influência direta e indireta das características físicas na qualidade do ambiente caminhável, por meio da percepção dos indivíduos (EWING; HANDY, 2009).

Um dos instrumentos mais utilizados para a avaliação subjetiva do ambiente caminhável é o *Neighborhood Environment Walkability Scale* (NEWS), com 67 itens e sua versão abreviada (A-NEWS) com 54 questões (HINO; REIS; FLORINDO, 2010). O NEWS avalia as características ambientais como densidade residencial; proximidade e facilidade de acesso a usos não residenciais, tais como restaurantes e lojas de varejo, diversidade de usos do solo e acesso a ela; conectividade de ruas; facilidade para caminhar e pedalar; estética; segurança no trânsito; e segurança contra crimes, identificados por meio de resposta dos questionários sobre a percepção dos moradores do bairro (SAELEN et al., 2003).

Por outro lado, as estratégias objetivas de mensuração da caminhabilidade agregam a quantificação daquilo que de fato existe no ambiente (HINO, 2014). Utilizam observações diretas a campo, as chamadas auditorias de caminhabilidade (*walkability audit*), ou métodos indiretos como avaliação de dados do ambiente construído usando técnicas de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) (TRIBBY et al., 2015).

Estudos sugerem que as medidas objetivas do ambiente construído têm associações mais fortes com a caminhada comparativamente às medidas subjetivas (LIN; MOUDON, 2010; MAYNE et al., 2013), além de outras vantagens

como a avaliação rápida e em larga escala, maior facilidade de obter dados e a possibilidade de comparação entre diferentes áreas urbanas (ELLIS et al., 2016).

Para a mensuração objetiva da caminhabilidade podem ser usadas duas escalas distintas (TRIBBY et al., 2015): a micro escala composta por quarteirões e ruas (DAY et al., 2006; EWING; HANDY, 2009) onde são analisadas variáveis como a qualidade das calçadas, vegetação, fachadas ativas, e presença de outros pedestres; e a meso-escala, onde são avaliados os espaços compartilhados por grupos de indivíduos, tais como um bairro (MAYNE et al., 2017) ou cidades. Tal fato indica que as variáveis diferem, dependendo da escala em que a caminhabilidade é mensurada.

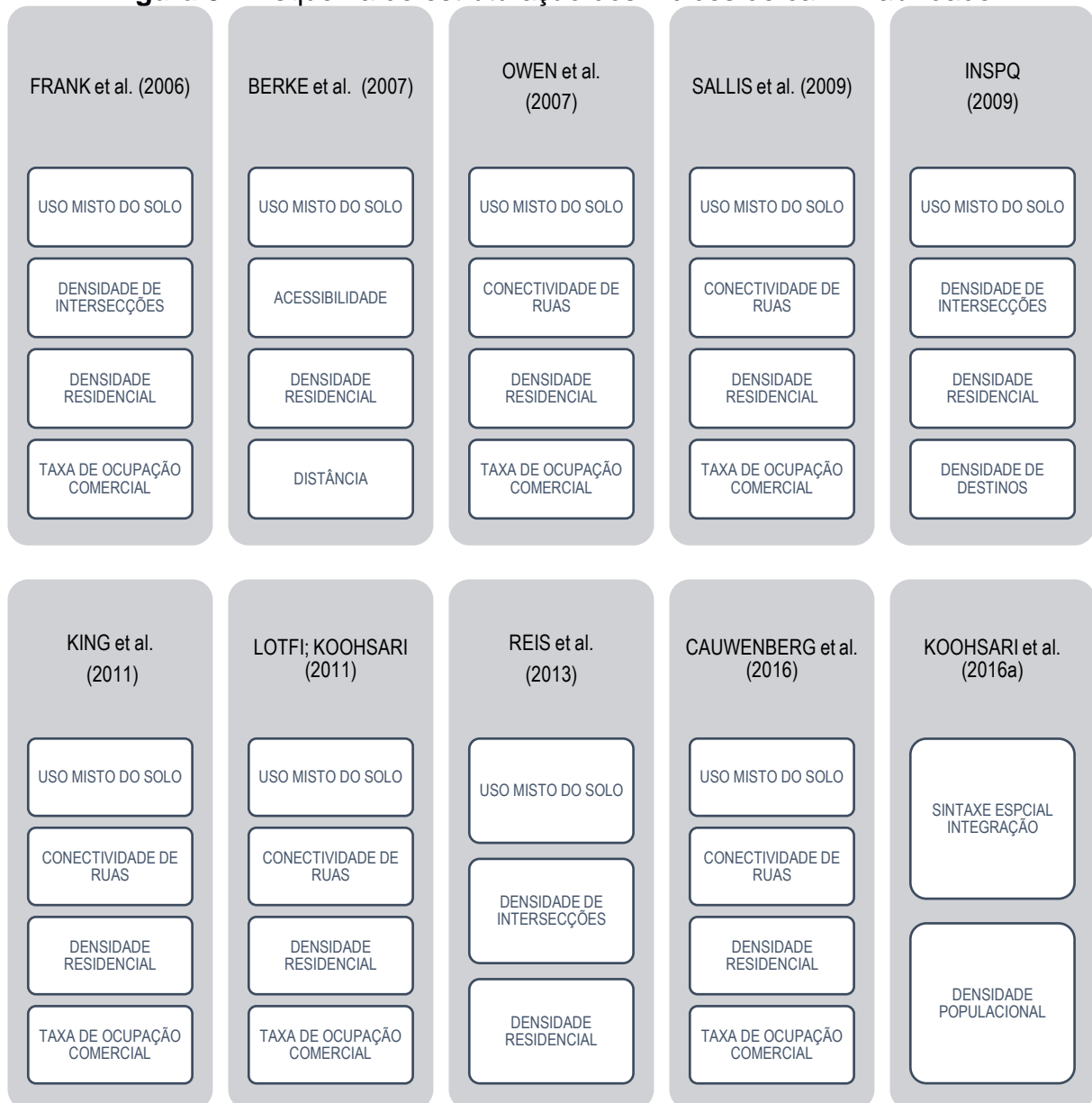
Em suma, as estratégias objetivas de avaliação da caminhabilidade incluem a seleção de um índice/estratégia e suas variáveis, a escala espacial e o motivo de viagem. Tais definições prévias são necessárias pois impactam nos resultados, a partir da definição e do tipo de estratégia para a mensuração dos atributos do ambiente construído com a caminhada (TRIBBY et al., 2015).

A partir de diversas pesquisas, com a criação dos índices de caminhabilidade, (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003; FRANK et al., 2010; KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013), a avaliação objetiva do ambiente construído como suporte à caminhada tornou-se ainda mais viável, visto que permitem mensurar uma relação complexa de ambiente-comportamento por meio de um indicador simples, robusto, reproduzível e verificável (ELLIS et al., 2016).

Por meio do esquema inicial proposto por Motomura (2017), foram acrescentados outros índices e suas respectivas variáveis (Figura 3). Sua operacionalização geralmente ocorre em um SIG que possibilita a sistematização das informações sobre as variáveis do ambiente construído (MAYNE et al., 2017).

O índice mais disseminado foi o desenvolvido por Frank et al. (2006, 2010) que compreende quatro variáveis do ambiente construído: densidade residencial, densidade de intersecções, taxa de área comercial e uso do solo misto. Essas variáveis aparecem com predominância nos outros índices que foram criados ao longo do tempo (Figura 3).

**Figura 3 – Esquema de estruturação dos índices de caminhabilidade**



Fonte: Motomura, M. N. (2017). Adaptado pela autora (2019)

Estas variáveis, como apontado por Koohsari et al, (2016) estão relacionadas a aspectos de desenho (*Design*), diversidade (*Diversity*) e densidade (*Density*) e referem-se aos 3D's inicialmente estabelecidos por Cervero e Kockelman (1997), aos quais autores posteriormente acrescentaram novos "D's" às dimensões do ambiente construído que influenciam nas viagens a pé: a distância até o transporte público (*Distance to transit*) e a acessibilidade ao destino (*Destination accessibility*) (EWING E CERVERO, 2010).

Assim, a relação implícita de cada variável dos índices com o comportamento da caminhada pode ser explicada. Bairros compactos, com alta

densidade habitacional, tendem a um misto de usos e acessibilidade maior, facilitando o acesso (LESLIE et al., 2007), além de dar suporte a uma maior possibilidade de destinos mais próximos (MAYNE et al., 2013).

A diversidade de usos é medida pelo uso misto do solo. Ela está relacionada à função do espaço urbano (KOOHSARI et al., 2019). Uma maior diversidade de usos do solo gera mais oportunidades de serviços e as viagens para compras tendem a ser mais frequentes e mais curtas (LESLIE et al., 2007).

Junto ao uso misto do solo, “a densidade funciona como potencial geradora de movimento, produzindo ou atraindo viagens (VARGAS; NETTO, 2017 p.196)”. Ela é a proporção de uma determinada densidade de residências, população, empregos etc. por uma área; essa taxa pode ser líquida ou bruta (EWING; CERVERO, 2010; LARRANAGA et al., 2015).




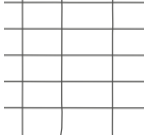



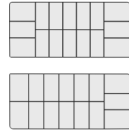





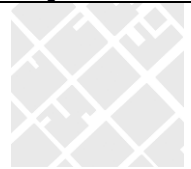
Sabe-se que, de acordo com Owen et al. (2007), a proximidade de usos e conectividade são elementos sinérgicos: eles determinam as distâncias entre atividades complementares, também contribuem para uma combinação de destinos residenciais e não-residenciais (MAYNE et al., 2013) e estão presentes em grande parte dos índices (GLAZIER et al., 2014).

A taxa de ocupação comercial está associada à dimensão dos lotes e a ocupação das edificações comerciais. Entende-se que a existência de maiores valores maiores indica mais oportunidades de empregos locais, com distâncias que podem ser feitas a pé. Também indica menores áreas menores destinadas aos locais de estacionamento (LESLIE et al., 2007).

E a forma urbana está relacionada à caminhabilidade principalmente quando se verifica a configuração espacial. A malha viária e a configuração das vias são os componentes básicos e estão relacionadas ao número de cruzamentos verdadeiros (três ou mais conexões), à conectividade das vias, à densidade de intersecções presentes na área e ao tipo de parcelamento que pode identificar malhas mais centrais e históricas ou aquelas localizadas no subúrbio (VARGAS, 2015) bem como a dimensão dos quarteirões (EWING; CERVERO, 2010; VARGAS; NETTO, 2017).

Alguns destes componentes da estrutura da forma urbana são descritos por Krafta (2014) e suas características formais sistematizadas por Gebauer e Samuels (1981) para análise dos elementos e suas características morfológicas. (Quadro 1).

**Quadro 1– Componentes básicos da estrutura da forma urbana**

Componentes básicos	Elementos	características		Exemplos em Rolândia		
Espaços públicos abertos	ruas	geometria	-Regular -Irregular -Mista			
		tipo	-Contínuas -Relacionada a diferentes ruas -Cul-de-sac			
	cruzamentos	Tipo	T + L			
Parcelamento do solo	parcela	Geometria	- regular - irregular			
		Tamanho	- pequeno - médio - grande			
	quarteirões	Geometria	- regular - irregular			
		Tamanho	- pequeno - médio - grande			

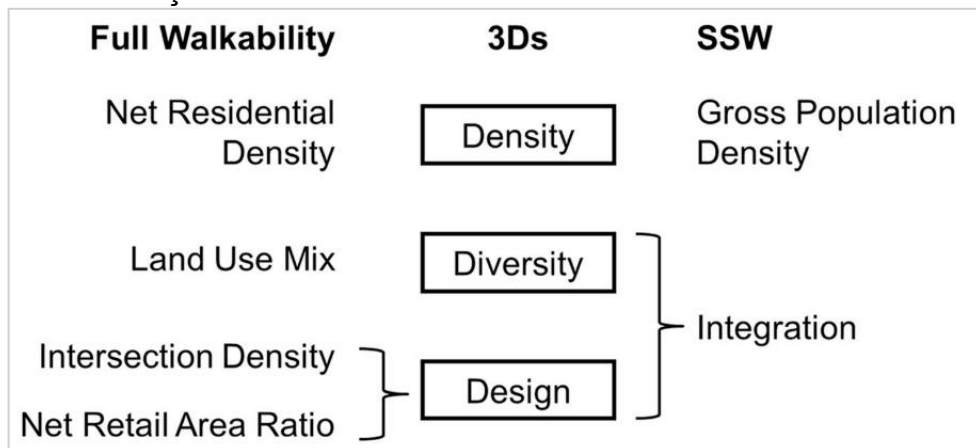
Fonte: GEBAUER; SAMUELS (1981); KRAFTA, (2014). Adaptado pela autora (2019)

Acrescenta-se que, na caminhada para transporte, um dos atributos do ambiente construído mais relacionados é a conectividade de ruas, desde que esta esteja relacionada a destinos próximos que suportem o deslocamento (OWEN et al., 2007; KOOHSARI et al., 2014), como o acesso a espaços verdes, serviços, estações de transporte público (KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013).

Portanto, o aumento da conectividade de ruas está correlacionado com altas densidades de intersecções, que podem proporcionar uma maior variedade de rotas e um fácil acesso às principais ruas onde há disponibilidade de transporte público (LESLIE et al., 2007). A conectividade de ruas é geralmente medida nos índices por meio da quantidade de intersecções verdadeiras em uma determinada área (FRANK et al., 2010).

Contudo, ao formular um novo índice (Figura 4), Koohsari et al (2016a), reduziu as quatro frequentes variáveis em apenas duas: densidade populacional e integração. Os autores mostraram que a sintaxe espacial pode ser uma forma alternativa para mensurar a conectividade viária (KOOHSARI et al., 2019), com base nos estudos de Hillier et al.(1993) e pode prever o uso misto do solo.

**Figura 4** – Relação conceitual entre os “3D’s” e os índices de caminhabilidade



Fonte: Koohsari et al., (2016a)

Outra medida de sintaxe espacial utilizada nos estudos de transportes e morfologia para prever o movimento de pedestres é a medida sintática de escolha (*choice*) (HILLIER et al., 1993; ZAMPIERI, 2006). É usada para mensurar o potencial de uma rua em ser escolhida para a passagem com relação às demais ruas do sistema (HILLIER et al., 2012), descrevendo o movimento que acontece em um determinado espaço (YANG, 2018). Esta medida pode também ser uma forma para identificar os limites naturais de regiões e áreas (VAUGHAN, 2007).

Novas abordagens para a análise da forma urbana tem sido fontes de pesquisas recentes. Boeing (2019) utiliza dados disponíveis num sistema comunitário de informações geoespaciais, o OpenStreetMap (OSM), para analisar a morfologia urbana e a rede de ruas de cidades ao redor do mundo. A disponibilidade de dados permite que análises sejam realizadas fazendo com que medidas de avaliação do

ambiente construído realizadas a partir de dados objetivos possam ser cada vez mais difundidas, sendo a rede de ruas uma variável de fácil disponibilização.

Ainda entre as variáveis presentes nos índices, a acessibilidade do destino mede a facilidade de acesso às atrações da viagem (EWING et al., 2015). Também é representada pelo número de empregos ou atrações acessíveis durante um determinado tempo de viagem (EWING et al., 2015). Em adultos pode ser relacionada a densidade de empregos (ZHANG et al., 2012), e para crianças e adolescentes a proximidade a escolas (WONG; FAULKNER; BULIUNG, 2011; MITRA; BULIUNG, 2012; CHEN et al., 2018).

A distância até o transporte público representa as rotas mais curtas realizadas entre as residências ou locais de trabalho até a estação de trem ou ponto de ônibus mais próximo (EWING et al., 2015). Distâncias caminháveis variam de 500m a 1000m, de acordo com Hino, Reis e Florindo (2010). Yang, Hu e Wang (2019) afirmam que uma distância de caminhada de cinco minutos para um adulto é considerada uma distância razoável, indo ao encontro de outros autores como Mitra e Buliung (2012), Smith et al (2010) e Gehl (2013) que, levando em consideração a percepção das pessoas, recomenda uma distância caminhada de até 500 metros.

Outras variáveis objetivas, além daquelas operacionalizadas pelos índices, também podem influenciar no comportamento da caminhada para transporte (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003). Ainda existem as variáveis que influenciam e são influenciadas pela caminhabilidade. Altos níveis de caminhabilidade levam ao aumento nos valores de terra e moradia (YANG et al., 2018). Tem-se como pressuposto que tais valores refletem desigualdades socioespaciais e retratam áreas de maior suporte de características ligadas à caminhabilidade como a existência de mais locais de amenidade, maior qualidade de infraestrutura na microescala e acesso à diversidade de usos (FRANK et al., 2015; LEÃO, 2019).

Além do que já foi visto, sabe-se que variáveis sociodemográficas estão relacionadas aos comportamentos ativos e a caminhada (SAELENS; SALLIS; FRANK, 2003; OWEN et al., 2007), e aspectos culturais também devem ser considerados (HINO et al., 2014), assim como a escolha por locais de moradia (GUO; BHAT, 2007). De acordo com Vargas (2015) a relação causal entre a escolha dos modais e a forma urbana é afetada pelas condições econômicas, pelos hábitos e atitudes de indivíduos e família. Com isso, conclui-se que a caminhada é um comportamento que envolve muitas relações e trata-se de um fenômeno complexo.

### 2.1.1 UNIDADES ESPACIAIS DE ANÁLISE DA CAMINHABILIDADE

Nas pesquisas de medidas objetivas que avaliam os efeitos e influência do ambiente construído em relação à saúde ou, mais especificamente, à caminhabilidade, são utilizadas unidades espaciais para a agregação de dados e análise. A definição da unidade de análise é um aspecto muito importante, uma vez que ela determina a precisão na relação entre o ambiente e o sujeito (HINO; REIS; FLORINDO, 2010).

Assim, a definição da unidade de análise torna-se um dos procedimentos iniciais. Existem dois tipos de áreas utilizadas para essa avaliação: áreas baseadas em locais (*place-based*) e áreas baseadas em pessoas (*people-based*). De acordo com Hino, Reis e Florindo (2010) as unidades espaciais baseadas em pessoas levam em conta dados e ambientes individuais, geralmente obtidos em nível domiciliar. No entanto, quando não existem dados individuais detalhados, assume-se que as pessoas contidas numa determinada área são influenciadas pelos atributos dela.

Evidências da influência do ambiente construído na saúde indicaram a crescente importância da delimitação das unidades de análise nos resultados e são foco de revisões sistemáticas (SCHÜLE; BOLTE, 2015).

Arcaya et al. (2016) realizaram uma revisão sistemática em busca das características e efeitos do ambiente construído na saúde das pessoas, nos Estados Unidos. Com um total de 256 artigos incluídos na revisão, os autores levantaram e sistematizaram como foram realizadas pesquisas em relação a métodos, unidades espaciais representativas dos bairros, o tipo de 'efeito' e 'influência' na saúde da população e o nível de exposição. Dos 256 artigos, cerca de 53% (n=137) utilizaram os setores censitários como definição dos bairros, outros 20% (n=52) utilizaram os blocos (*block groups*). As conclusões debatem a escolha da unidade espacial para a análise da influência do ambiente construído na saúde, pois acredita-se que existem diferentes níveis de influência e que a escolha das unidades por conveniência pode mascarar os resultados contextuais (ARCAYA et al., 2016).

As pesquisas buscam por definições de unidades de área que sejam capazes de representar com maior precisão os espaços de atividade e explicar a relação do ambiente construído com níveis de atividade física (SHASHANK; SCHUURMAN, 2019).

No entanto, a maior parte dos estudos de caminhabilidade também utiliza os setores censitários e/ou áreas administrativas como unidade espacial representativa dos bairros para aplicação dos índices (MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018). Áreas administrativas ou censitárias, podem ser representadas pelos *census ward*, *census tract*, *Enumeration Districts*, *Census block*, *block groups*, Zona de Análise de Tráfego (TAZ), setores censitários, *Zip Codes* entre outros, diferindo entre países e regiões. São utilizadas por possuírem dados socioeconômicos disponíveis (FRANK et al., 2010), por serem facilmente vinculadas a dados de censos e outras pesquisas (RIVA et al., 2008), e possuírem dados cadastrais de uso do solo e de viagens e rotas realizadas (ZHANG et al., 2012). Trata-se de unidades espaciais baseadas no lugar.

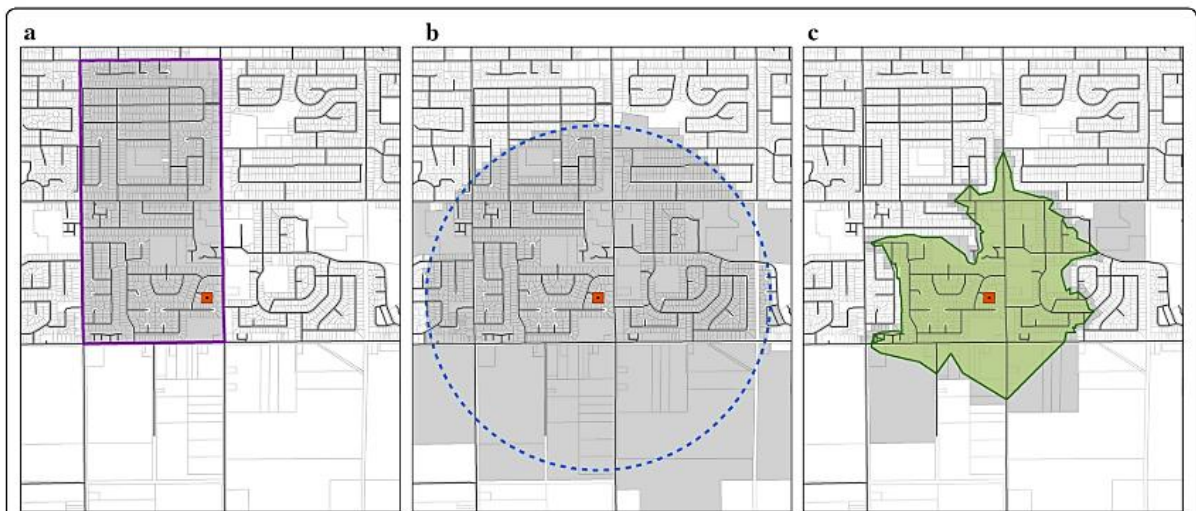
Motomura, Foutoura e Kanashiro (2018), ao aplicarem o índice de caminhabilidade na cidade de Cambé, Paraná, Brasil, notaram que os setores censitários possuem heterogeneidade ao capturar o tecido urbano, podendo resultar em vieses na aplicação de ferramentas de redução para a avaliação do ambiente construído.

As unidades de área censitárias, administrativas ou políticas, são definidas para outros propósitos, que geralmente não correspondem a uma escala relevante para o comportamento da caminhada (BORUFF et al., 2012; TRIBBY et al., 2015), nem aos limites reais, ou mesmo percebidos, de unidades espaciais delimitadas física ou socialmente (LEE; MOUDON; COURBOIS, 2006), além de apresentarem problemas de adjacência quando uma pessoa mora nas proximidades dos limites (BORUFF et al., 2012). Tais fatores indicam que as medições da caminhabilidade, realizadas por setores censitários, apresentam limitações analíticas (TALEN; KOSCHINSKY, 2013) e estão associadas ao Problema da Unidade de Área Modificável (MAUP) (TRIBBY et al., 2015).

Mais recentemente, outras técnicas, escalas e unidades espaciais têm sido testadas. Grids de diferentes tamanhos, buffers euclidianos e de rede ao redor da residência dos respondentes das rotas caminhadas também tem sido utilizados com o intuito de diminuir os vieses dos resultados das pesquisas (FORSYTH et al., 2012; JAMES et al., 2014; KIM; PARK; LEE, 2014; FRANK et al., 2017).

Frank et al. (2017) reavaliaram as áreas nas quais o índice de caminhabilidade foi aplicado e salientaram algumas limitações no uso das unidades espaciais: em relação aos setores censitários as áreas não consideram limites físicos que podem ser inacessíveis ao deslocamento a pé, bem como as diferenças do ambiente construído para indivíduos que vivem próximo aos limites ou no centro da unidade espacial (Figura 5a); o uso de buffers pode ser uma alternativa às áreas administrativas, e, o buffer circular foi uma das primeiras técnicas a ser utilizada (Figura 5b). No entanto, este método não considera a rede viária nem os acessos a locais específicos. Por fim, o buffer de rede que foi criado a partir do desenvolvimento de softwares que auxiliam na definição de rede de ruas para a definição da área (Figura 5c).

**Figura 5** – Unidades espaciais de análise da caminhabilidade. (a) Setor censitário (b) buffer circular 1km (c) buffer de rede 1km



Fonte: Frank et al. (2017)

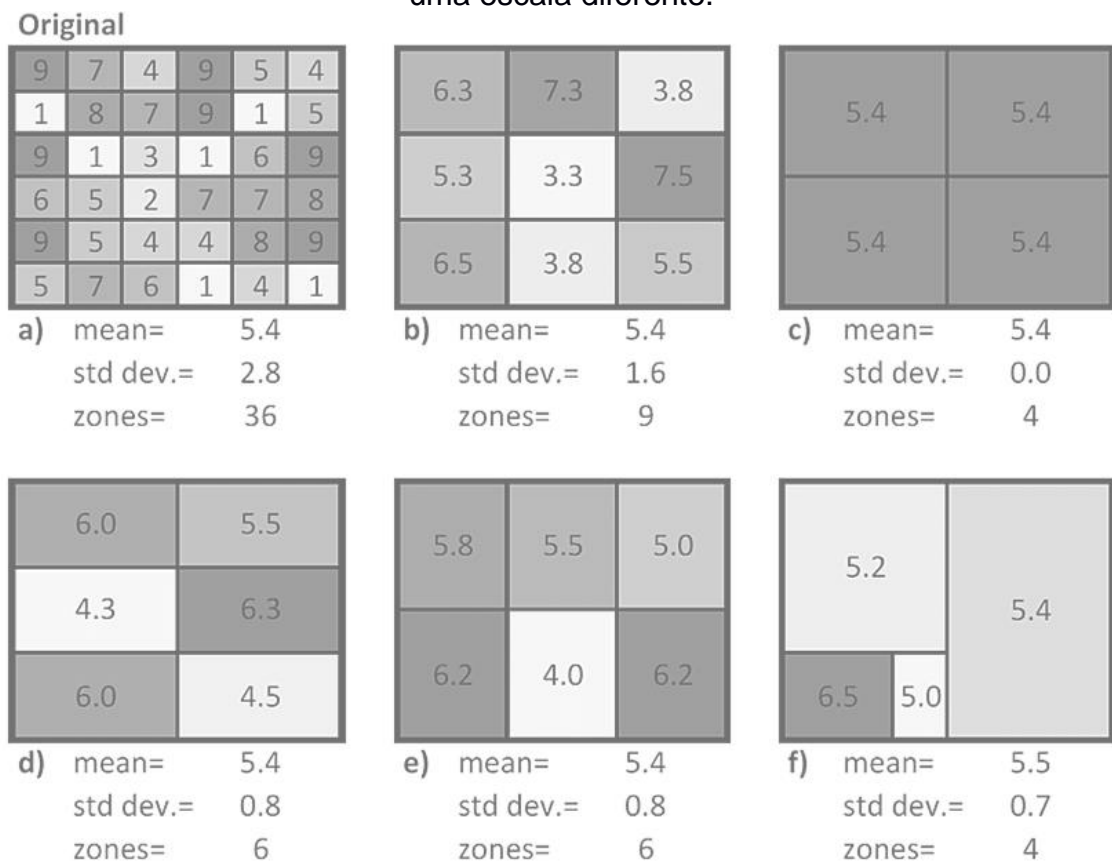
Por fim, acrescenta-se o fato de que as políticas e ações de planejamento estão vinculadas às unidades espaciais e escalas nas quais a avaliação da caminhabilidade é realizada. Portanto, a identificação e definição de áreas específicas são necessárias, uma vez que estas são alvo das políticas e ações de planejamento para o aumento da caminhada e de níveis de saúde (OLIVER; HAYES, 2007; OLIVER; SCHUURMAN; HALL, 2007), redução nos custos de infraestrutura e nos impactos ambientais causados pelo transporte motorizado (NEATT; MILLWARD; SPINNEY, 2017).

## 2.2 MAUP – PROBLEMA DA UNIDADE DE ÁREA MODIFICÁVEL EM PESQUISAS DE SAÚDE E LUGAR

O Problema da Unidade de Área Modificável (MAUP) reflete a sensibilidade dos resultados analíticos em relação a definição de unidades para as quais os dados são coletados e agregados (FOTHERINGHAM; WONG, 1991). É composto por duas dimensões distintas, mas diretamente relacionadas, conhecidas como os efeitos de escala e de zoneamento (OPENSHAW, 1984).

O efeito de escala é a variação que pode ser obtida nos resultados quando um conjunto de unidades de área são progressivamente agregados a unidades menores e maiores para análise (OPENSHAW, 1984). Já o efeito de zoneamento acontece quando um conjunto de unidades espaciais, em uma dada escala, é recombinao em diferentes zonas e a sua recomposição pode gerar variações em valores de dados e resultados de medições (ZHANG; KUKADIA, 2005).

**Figura 6 – MAUP – (a) Imagem original (b, c) Efeito de escala. (d, e) Efeito de zoneamento (f) Imagem original agregada usando zonas com formas diferentes em uma escala diferente.**



Fonte: LECHNER e BSC (2019).

A Figura 6 ilustra o MAUP e seus efeitos, onde a imagem original (a) mostra os dados individuais originais, dispostos em 36 unidades, que quando agregados em diferentes escalas (b) 9 áreas, (c) 4 áreas, apesar de uma mesma média, apresentam valores distintos, e fazem com que valores máximos e mínimos sejam agrupados e representados por uma média. As letras (d), (e) e (f) mostram os dados originais agrupados em diferentes zonas, mostram que os valores também são dependentes da delimitação da unidade em que são agregados.

Sabe-se que dados espacialmente agregados são frequentemente usados para estatísticas oficiais e por pesquisadores que investigam os determinantes contextuais da saúde (STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008) seja por escolha, quando há um interesse explícito nos efeitos de determinada área, ou por necessidade, em situações em que níveis individuais de dados e resultados são inacessíveis por conta de restrições e/ou confidencialidade (COCKINGS; MARTIN, 2005; NELSON; BREWER, 2017). Esses dados geralmente são coletados em uma determinada escala geográfica de análise, como um bairro definido, uma área de coleta de censos ou um limite municipal.

No entanto, esta prática de coletar dados individuais e agrupá-los em zonas, blocos ou setores censitários para análise, faz com que ocorra o MAUP (VIEGAS; MARTÍNEZ; SILVA, 2009). A definição geográfica da unidade espacial tem implicações importantes sobre os resultados, que podem ser influenciados pelo número de áreas utilizadas e pela escolha dos limites que as definem (STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008). Sabe-se também que limites estabelecidos arbitrariamente podem gerar sérios vieses de informação e reduzirem a validade das análises (LEE; MOUDON; COURBOIS, 2006; LEBEL; PAMPALON; VILLENEUVE, 2007).

Outro efeito, intimamente ligado ao MAUP, conhecido como falácia ecológica, ocorre quando se infere que resultados baseados em dados agregados ou agrupados podem ser aplicados a indivíduos que formam esses grupos (OPENSHAW, 1984). Ou seja, estabelecer modelos estatísticos para níveis individuais, utilizando dados populacionais relacionados a um conjunto de dados geográficos agrupados, pode resultar em um viés ecológico e em um aumento da variância das estimativas dos parâmetros (BURDEN; STEEL, 2016).

Entretanto, sabe-se que a existência de tal efeito depende da natureza da agregação utilizada (OPENSHAW, 1984). De acordo com Cockings e Martin (2005), a interpretação de relações estatísticas baseadas em qualquer dado agregado de forma precisa requer o reconhecimento da falácia ecológica.

Diversos tipos de estudos empíricos têm sido usados para examinar possíveis efeitos de área (DIEZ ROUX, 2001), na ideia de que a saúde das pessoas, em uma área geográfica, pode ser influenciada não apenas pela composição da população, mas também por seu contexto geográfico (FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008).

Nos estudos de caminhabilidade, unidades representativas de bairros são utilizadas para análise. Como visto, grande parte dos estudos utiliza unidades administrativas/censitárias ou buffers para a representação da área de influência do ambiente construído no suporte à caminhada. No entanto, sabe-se que a delimitação destas áreas é, por muitas vezes, arbitrária e incapaz de capturar precisamente como os moradores delimitam seu bairro (FRANK et al., 2017), e não refletem como as pessoas caminham por eles, além de poderem mascarar a heterogeneidade em relação à distribuição dos dados existentes dentro de cada unidade espacial (YAMADA et al., 2012).

Acrescenta-se ainda o fato de que as áreas variam de estudo para estudo (LEFEBVRE-ROPARS; MORENCY, 2018), fato que dificulta a comparação entre as pesquisas, por não haver padronização (LEARNIHAN et al., 2011), e pode contribuir para variações nos resultados, uma vez que os modelos que representam a variável da caminhabilidade estão associados ao espaço e se tornam dependentes das unidades utilizadas para mensurá-los (LEFEBVRE-ROPARS; MORENCY, 2018).

Além disso, do ponto de vista prático, compreender a contribuição relativa dos fatores demográficos e ambientais para os padrões geográficos no comportamento (ou na saúde) é importante, porque os fatores ambientais são frequentemente um resultado direto ou indireto de políticas públicas (SPIELMAN; YOO; LINKLETTER, 2013).

O planejamento de políticas e intervenções são baseados em evidências empíricas. Contudo, resultados distintos podem implicar em diretrizes diferentes, ou mesmo opostas, sobre a influência do ambiente construído no transporte (ZHANG; KUKADIA, 2005). Há ainda o fato de que a identificação de

problemas de saúde vinculados a locais determinados é essencial para a distribuição eficiente de recursos para prevenção, tratamento ou melhoria (REZAEIAN et al., 2007). Conclui-se, portanto, que limites arbitrários podem gerar resultados falaciosos e diretrizes equivocadas.

Assim, a seleção da unidade geográfica correta torna-se essencial, visto que a escala equivocada pode levar a resultados tendenciosos (CLARK; SCOTT, 2014) e, de acordo com Riva et al, (2008) é necessário primeiro avaliar a solidez das unidades espaciais escolhidas para análise do ambiente construído para posteriormente defini-las para a avaliação.

Compreender como pequenas áreas se conformam e se relacionam com práticas de atividade física e deslocamento é essencial para informar as ações de saúde pública com o objetivo de criar ambientes favoráveis à vida ativa (RIVA et al., 2008).

No entanto, parte-se do pressuposto que sistemas de zoneamento ou agrupamento homogêneos podem reduzir os efeitos do MAUP (OPENSHAW, 1984; RIVA et al., 2009; BURDEN; STEEL, 2016). E que a definição de quais critérios e variáveis serão utilizados para controlar e garantir a homogeneidade é essencial.

Assim, pesquisas têm proposto procedimentos, métodos e critérios para delimitação de unidades espaciais mais homogêneas em relação às variáveis que afetam ou influenciam o objetivo da avaliação, buscando minimizar os efeitos gerados pelo MAUP. Porém, sabe-se que estabelecer padrões espaciais homogêneos, que melhor agregam as variáveis da caminhabilidade tem sido um desafio (MOTOMURA; FONTOURA; KANASHIRO, 2018).

### **2.2.1 Procedimentos e ferramentas para delimitação de unidades espaciais homogêneas**

A revisão foi realizada, com o objetivo de compreender o fenômeno do MAUP em pesquisas que relacionam saúde e lugar, para identificar, sintetizar e selecionar procedimentos, métodos e referências para a delimitação de áreas homogêneas.

A seleção considerou artigos que simultaneamente: tratam do MAUP; realizam análises em áreas de agregação de dados; estabelecem procedimentos e métodos de delimitação de áreas relacionadas a influência do ambiente construído na

saúde ou no deslocamento ativo; e possuem critérios claros para a delimitação das unidades.

Pode-se perceber a prevalência de duas abordagens nos métodos/procedimentos, que se diferem ao considerar ou não unidades espaciais predefinidas para o início da avaliação. Há aqueles que utilizam áreas predefinidas, como unidades administrativas, e/ou propõem buffers e grids. É avaliada sua estabilidade para então propor novas áreas de diferentes tamanhos e escalas para tentar minimizar os efeitos de escala e zoneamento do MAUP.

**Quadro 2**—Unidades espaciais analisadas por modelos de regressão

(AUTOR; ANO)	TIPO BUFFER - TAMANHO	ORIGEM DO BUFFER	GRID TAMANHO
(ZHANG; KUKADIA, 2005)	-	-	2mi, 1mi, 1/2mi, 1/4mi, 1/16mi
(BOONE-HEINONEN et al., 2010)	Euclidianos – 1km, 2km, 5km, 8,05km	Residência do respondente	-
(LEARNIHAN et al., 2011)	Network – 15min caminhada		
(MITRA; BULIUNG, 2012)	Euclidianos – 250m, 400m, 1000m	Residência das crianças e Escolas	
(CLARK; SCOTT, 2014)	Euclidianos – 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 800m, 1000m, 1600m		200m, 400m, 800m, 1600m
(HOUSTON, 2014)	Euclidianos – 50m, 250m, 500m	Pontos de atividade física registrados GPS/acelerômetro	100m, 500m, 1000m
(GUNN et al., 2017)	Donut buffers- 401m – 800m, 801m – 1200m	Residência do respondente	-
(FRANK et al., 2017)	Detailed, detailed-trimmed, sausage – 1km	Residência do respondente	-
(LEFEBVRE-ROPARS; MORENCY, 2018)	Buffers a partir de células de 80m – 200m, 400m, 800m, 1200m, 1600m, 2000m	Origem, destino e trajetos das rotas	Células de 80m
(YANG; HU; WANG, 2018)	Euclidianos – 250m, 600m, 1000m, 1500m, 2000m	Residência e locais de trabalho dos respondentes	-

Fonte: Da própria autora (2019).

Dentre os procedimentos que partem de unidades espaciais predefinidas (Quadro 2), encontram-se modelos de regressão estatística que buscam analisar as variáveis do ambiente construído, ou das pessoas, agrupadas por uma determinada forma e visam associá-las a fenômenos como o deslocamento ou, a saúde.

As variáveis utilizadas pelos modelos de regressão estão contidas nas áreas predefinidas e são utilizadas para análise da influência das características do ambiente construído nos indivíduos, assim sendo empregadas para compor modelos que associam o comportamento da caminhada (BOONE-HEINONEN et al., 2010; LEARNIHAN et al., 2011; MITRA; BULIUNG, 2012; CLARK; SCOTT, 2014; HOUSTON, 2014; FRANK et al., 2017) com a saúde e o transporte (ZHANG; KUKADIA, 2005) ao ambiente construído.

Os critérios para a composição e adoção das áreas nos modelos de regressão partem do pressuposto que dimensões similares podem evitar o efeito de escala do MAUP (ZHANG; KUKADIA, 2005). Assim, são traçados buffers ou grids com dimensões iguais ou similares. As dimensões adotadas buscam representar as distâncias caminhadas, a acessibilidade a serviços, trabalho e residências. A forma das unidades também varia de acordo com o objetivo dos estudos. Existem diversos tipos de buffers e grids.

Os grids são unidades espaciais que buscam dividir a cidade em quadrantes, sem considerar o ambiente de influência pessoal. Já os buffers são áreas de influência com raios de traçados no entorno de residências individuais ou locais de estudos e/ou trabalho, origens, trajetos e destinos das rotas caminhadas (MITRA; BULIUNG, 2012; FRANK et al., 2017; GUNN et al., 2017; LEFEBVRE-ROPARS; MORENCY, 2018; YANG; HU; WANG, 2018).

Zhang e Kukadia (2005), a partir de dados agregados em grids com cinco dimensões diferenciadas de células e em áreas administrativas, buscaram explorar a sensibilidade das medidas da forma urbana à agregação de dados na previsão de decisões de escolha do modo de viagem. Os autores utilizaram regressão logística multinomial e o teste da diferença entre as médias padrão, para averiguar se os coeficientes obtidos da modelagem com dados de uma agregação geográfica são diferentes em termos estatísticos. Com isso, conseguiram identificar efeitos de escala e zoneamento do MAUP em 16 modelos diferentes e concluíram que é necessário uma definição cuidadosa de escala e definição das áreas para minimizar os efeitos causados pelo MAUP, para que se possa avançar na discussão sobre a associação entre a forma urbana e o transporte (ZHANG, KUKADIA, 2005).

Mitra e Buliung (2012) utilizaram buffers de 250m; 400m; 1000m, além de áreas predefinidas, para compreender como o MAUP pode influenciar os

resultados da relação entre o ambiente construído e a escolha de modos ativos para viagens das crianças e adolescentes à escola, no uso de regressão logística binomial.

Efeitos de escala e zoneamento foram verificados ao comparar as áreas e modelos e os autores não puderam especificar uma unidade espacial que possa ser consistente com estudo do comportamento das viagens escolares, pois todas as áreas tiveram resultados de variação semelhantes mas não foi possível encontrar um padrão ou uma unidade que possa representar melhor a associação do ambiente construído com a escolha do caminhar para transporte. Os autores atribuem os resultados aos diferentes fatores ambientais que podem operar em escalas distintas na escolha do modal de transporte (MITRA; BULIUNG, 2012).

Frank et al. (2017) examinaram como três tipos de buffers (*detailed buffers, detailed-trimmed buffers, sausage buffers*) diferiram na avaliação do ambiente construído como suporte a atividade física. A modelagem dos buffers partiu da definição dos limites caminháveis e de extensões baseadas na distância de acesso à serviços. Os resultados mostraram uma variação significativa entre os valores das medidas do ambiente construído. No entanto, a associação com os resultados de atividade física foi semelhante ao comparar as diferentes técnicas de buffers. Acredita-se que isso deva ter ocorrido porque os efeitos de escala não foram analisados, apenas o efeito de zoneamento.

Esses métodos apresentam potencial para encontrar modelos e unidades espaciais de maior associação com o comportamento da caminhada. Por outro lado, sabe-se que os buffers podem não representar a exata área que influencia a caminhada dos residentes (PERCHOUX et al., 2016).

A delimitação dos buffers ao redor da residência dos respondentes pode limitar a uma única residência por área predefinida, fato que possibilita afetar o contexto da área de influência (BORUFF et al., 2012). Sabe-se também que os buffers, apesar de considerarem o ambiente do indivíduo, não consideram ambientes individuais, ou seja, consideram que todas as pessoas, independentemente de idade, gênero ou sexo tenham uma mesma área de influência em seu comportamento (HASANZADEH; BROBERG; KYTTÄ, 2017). E ainda pode haver a sobreposição e, conseqüentemente, a repetição dos dados agregados para avaliação das variáveis do ambiente, além de considerar o contexto apenas do ponto de origem.

Uma solução aos buffers ao redor da residência é a técnica de *sausage buffers*, que consiste no buffer ao redor das rotas realizadas, ao longo das

ruas. Por possuir esta característica esta técnica permite uma avaliação voltada ao nível da rua (FORSYTH et al., 2012). No entanto, para tal avaliação as rotas são capturadas por dispositivos de GPS e as variáveis observadas são aquelas presentes na micro-escala.

Uma técnica desenvolvida por Hurvitz e Moudon (2012) chamada *SmartMap*, agrega os dados do ambiente construído em células, que são criadas a partir de um grid detalhado de 30x30 metros. Para a análise dos pontos cada uma das células é considerada um “ponto focal” e por meio de um processo simultâneo as características do “bairro” no entorno de cada célula é considerada, para todo o grid, o bairro é representado por um buffer de raio de 833 metros no entorno de cada ponto focal. Por meio dessa abordagem os autores encontraram diferença entre os resultados de locais residenciais e não residenciais. Fazendo com que algumas limitações dos buffers pudessem ser superadas.

Em contrapartida aos métodos que utilizam áreas baseadas no indivíduo, áreas administrativas ou células artificiais, estão os procedimentos que criam zonas a partir de critérios e parâmetros, onde encontra-se o *Zone Design*. Esta abordagem inclui procedimentos semi-automatizados e automatizados. Dentre as ferramentas automatizadas estão os algoritmos e métodos de auto correlação espacial e dentre os semi-automatizados encontram-se aqueles que utilizam, simultaneamente, de abordagens interativas, visuais e estatísticas.

Um dos algoritmos automatizados mais difundido é o “*Automated Zone Procedure*” (AZP), criado por Openshaw e Rao (1995), e que serviu de base para o desenvolvimento de softwares como o AzTool – AZM (MARTIN, 2003; COCKINGS; MARTIN, 2005), A2Z (HAYES et al., 2007) e ZDES 3b (STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008). Estes softwares foram aplicados nas pesquisas com a finalidade de redivisão de áreas para mapeamento de doenças (COCKINGS; MARTIN, 2005; FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008; SABEL et al., 2013) e identificação e homogeneização das áreas em relação a variáveis socioeconômicas (HAYES et al., 2007; STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008).

Assim, o chamado *Automated Zone Design*, é um método utilizado para agrupar áreas pequenas, como unidades administrativas ou parcelas, em zonas maiores de acordo com critérios definidos para otimizar a homogeneidade, tamanho da população, entre outras características (STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008).

No entanto, esses procedimentos apresentam limitações, pois não possuem critérios espaciais prévios como limites físicos e áreas isoladas (não-contíguas) (FLOWERDEW; FENG; MANLEY, 2007; ZHAO; EXETER, 2016). Soma-se o fato de não serem de fácil manuseio, terem critérios rígidos que não possuem flexibilidade para o acréscimo ou modificação de demais parâmetros. Apesar de apresentarem resultados rápidos, estes nem sempre podem ser os mais adequados (ZHAO; EXETER, 2016), pois se tornam sensíveis à parcela tomada como inicial para a execução do algoritmo, uma vez que a seleção da parcela inicial usada para a agregação com as demais parcelas é aleatória (NEVES, 2003).

Assim, verificou-se que uma das alternativas às ferramentas automatizadas são as ferramentas semi-automatizadas, que permitem uma flexibilidade na inserção de múltiplas camadas e variáveis espaciais que podem ser relevantes para a definição de áreas como limites físicos e naturais como rodovias, ferrovias, relevo e corpos d'água, por meio de inserção de imagens de satélite (ZHAO; EXETER, 2016).

Zhao e Exeter (2016) compararam a utilização de quatro ferramentas para a criação de um zoneamento intermediário em Auckland, na Nova Zelândia. As ferramentas comparadas foram: AzTool, DZ, Districting ESRI e iRedistrict. Os resultados mostraram a eficácia das ferramentas que além dos critérios de homogeneidade, compacidade e contiguidade geográfica também consideram abordagens interativas (ZHAO; EXETER, 2016).

Outra aplicação da ferramenta foi realizada por Nthiwa (2011), que buscou examinar os efeitos do problema da unidade de área modificável (MAUP) em vários tipos de privação em diferentes escalas espaciais em Istambul. Para isso, utilizou a extensão Districting ESRI (2012) na criação das áreas.

A extensão Districting ESRI (2012) mostrou-se capaz de integrar procedimentos estatísticos automáticos e a interpretação visual (GUO; WANG, 2011). De acordo com Guo e Jin (2011), na redivisão de áreas o processo de interpretação e análise visual é importante, pois o usuário pode buscar preferências na divisão e otimização do processo e com isso melhorar a eficiência e a qualidade dos resultados automatizados (GUO; JIN, 2011).

A ferramenta Districting ESRI também apresenta critérios flexíveis, passíveis de adaptação e de inserção, e a definição de variáveis de acordo com o objetivo analítico (ZHAO; EXETER, 2016). Os critérios mais utilizados nos processos

de redivisão de áreas são: contiguidade geográfica, equidade populacional, respeito a limites existentes, distritos que considerem as minorias, preservação de comunidades de interesse e compacidade (GUO; JIN, 2011), além de considerar limites físicos, elementos do ambiente construído e a homogeneidade interna dos procedimentos automatizados (ZHAO; EXETER, 2016). Stafford et al. (2008), utilizaram o ArcGIS para delimitar áreas por meio da definição dos limites físicos e naturais do ambiente.

As variáveis utilizadas para a criação de áreas por meio dessas ferramentas consistem, em sua maioria, em variáveis sociodemográficas como um número alvo de habitantes, raça, cor, renda, tempo de moradia no local. No entanto, deve-se ressaltar que os procedimentos para a definição devem estar sempre associados ao objetivo da pesquisa.

### 2.3 SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA – RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DA CAMINHADA E A DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS

Dentre as estratégias de mensuração da caminhabilidade as pesquisas obtiveram melhores resultados em avaliações objetivas, sistematizadas por meio de índices. O índice mais disseminado foi o desenvolvido por Frank et al. (2010). Com o objetivo de avaliar o ambiente construído muitos estudos têm tentado minimizar o efeito analítico causado pela utilização de áreas administrativas e censitárias.

Verificou-se a existência de dois tipos de procedimentos para a definição de áreas para avaliação da caminhabilidade: aqueles que partem de unidades administrativas, buffers e/ou grids; e aqueles definidos a partir de critérios e variáveis para delimitação de novas unidades espaciais.

Em meio aos procedimentos que não utilizam áreas predefinidas, o uso de softwares e ferramentas semi-automatizadas para a delimitação de unidades espaciais, como o Districting ESRI, mostrou-se mais flexível em relação aos critérios, além de permitir a inspeção visual no processo.

Os critérios de composição relacionados com a avaliação do ambiente construído e sua associação ao comportamento da caminhada, que foram identificados são: a homogeneidade interna, a compacidade, a continuidade geográfica das áreas e a consideração de elementos físicos e sociais.

Outras variáveis encontradas sobre as estratégias de avaliação da caminhabilidade foram: acessibilidade, proximidade, áreas compactas e distâncias para transporte e serviços. Variáveis sociodemográficas e individuais de acordo com os estudos também estão relacionadas ao comportamento da caminhada. Observou-se ainda que algumas dessas variáveis da forma urbana podem dar subsídios à identificação e delimitação de áreas como: a integração local, a escolha, limites físicos e naturais, a forma urbana, a compactação de áreas e o valor do solo urbano.

Como visto, de acordo com Riva et al. (2009), é necessário definir as áreas para avaliação de acordo com o objetivo da pesquisa. Assim, como esta pesquisa busca delimitar áreas para avaliação do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé, o Quadro 3 apresenta síntese, a partir da revisão de literatura da identificação e do estabelecimento de relações entre critérios considerados pelos métodos de delimitação de áreas e as variáveis da caminhabilidade associadas aos critérios espaciais considerados no estudo empírico.

**Quadro 3**—Síntese dos critérios e sua relação com os métodos e as variáveis da caminhabilidade

CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO	VARIÁVEIS RELACIONADAS À CAMINHADA	JUSTIFICATIVA
Contiguidade	continuidade geográfica, proximidade	Áreas contíguas na cidade são mais próximas
Equidade populacional/tamanho	densidade residencial / distâncias caminháveis	Locais com densidade residencial semelhantes tem comportamentos semelhantes. Locais com tamanhos semelhantes pressupõe que medidas de densidade tenham uma proporção mais verdadeira
Elementos físicos e naturais do ambiente	acesso a pedestres, relevo, amenidades, rodovias, ferrovias, áreas verdes, corpos d'água	Elementos físicos e naturais do ambiente construído podem barrar o acesso a pedestres, assim estes tornam-se limites.
Compactidade	uso misto do solo, distância, proximidade, acessibilidade, densidade de intersecções, tamanho de quadras, conectividade, transporte, deslocamento	Áreas compactas tendem a ser áreas mais densas e menos dispersas. Tendem a possuir mais diversidade de usos e assim maiores taxas de deslocamento ativo.
Homogeneidade interna	Forma urbana, níveis de integração, acessibilidade, valor do solo e imóvel urbano	A homogeneidade interna pressupõe que características semelhantes tem uma mesma influência sobre uma determinada área.

Fonte: Da própria autora (2019).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo geral desta pesquisa é estabelecer estratégias de delimitação de unidades espaciais para análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé.

Considerando que trata-se de uma questão em que é necessário se compreender com profundidade o fenômeno, que é influenciado pelo contexto, e no qual a definição dos limites entre o fenômeno e o contexto não está totalmente esclarecida, o estudo de caso foi adotado como estratégia metodológica (YIN, 2001).

A aplicação do índice de caminhabilidade (FRANK et al., 2010) foi realizada nos setores censitários e nas unidades espaciais criadas a partir dos métodos, critérios e variáveis encontrados na literatura que deram origem a sete estratégias.

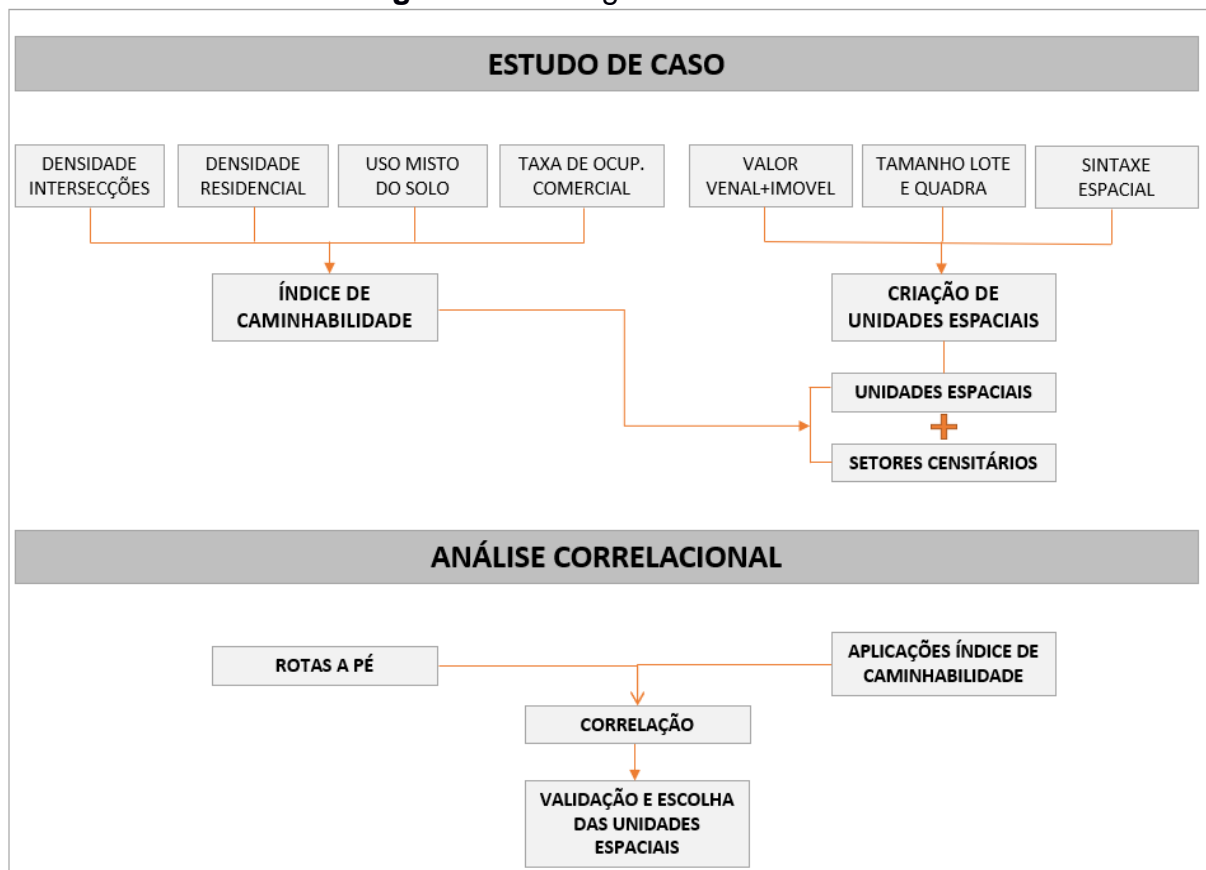
Para realizar a aplicação do índice e a criação de unidades espaciais, variáveis relacionadas ao comportamento da caminhada foram levantadas pelo Grupo de Design Ambiental Urbano na cidade de Rolândia, georreferenciadas e então sistematizadas e agregadas às unidades espaciais. Tais variáveis se tratam daquelas operacionalizadas pelo índice de caminhabilidade (FRANK et al. 2010): intersecções, lotes residenciais, taxa de ocupação comercial e uso misto do solo; e das variáveis utilizadas como critérios de homogeneidade: valor venal e valor do imóvel urbano, sintaxe espacial (integração e escolha), tamanhos de lotes e quadras.

O processo de delimitação de unidades espaciais para agregação dos dados indica uma possibilidade de esclarecimento de padrões de relação entre as variáveis (GROAT; WANG, 2013) do ambiente construído e do deslocamento a pé. Uma das estratégias metodológicas apontadas por Groat e Wang (2013) é a correlacional a qual, por meio do uso de análises estatísticas, tentam descrever a relação entre variáveis.

Para a validação das estratégias de delimitação de unidades espaciais para a análise da caminhabilidade foram realizadas correlações entre os níveis de caminhada, provenientes das rotas a pé especializadas obtidas do banco de dados da pesquisa de OD da cidade de Rolândia, e as aplicações do índice de caminhabilidade nas sete diferentes unidades espaciais criadas pelas estratégias e nos setores censitários. Assim, após as análises das unidades espaciais, foi possível identificar quais mais se correlacionaram à caminhada.

Para demonstrar o encadeamento metodológico adotado na pesquisa, foi construído um fluxograma metodológico na Figura 7.

**Figura 7 – Fluxograma do método**



Fonte: Da autora (2019).

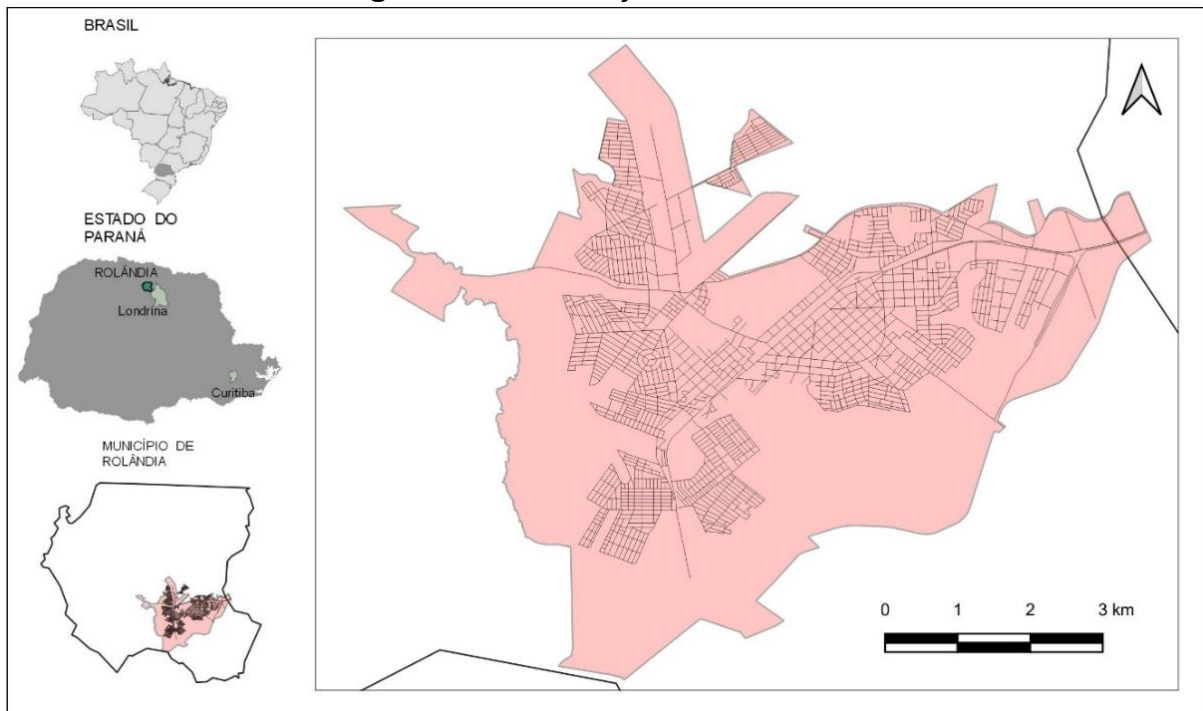
### 3.1 ESTUDO DE CASO: ROLÂNDIA-PR

O estudo de caso foi conduzido na cidade de Rolândia-PR (Figura 8), definida pela disponibilidade de dados da pesquisa de OD - realizada pelo Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social (ITEDES), por ter estudos já desenvolvidos sobre caminhabilidade de Leão (2019) e Olak (2019), e por contar com um banco de dados georreferenciados atualizados no nível da unidade do lote/parcela. As características de cada lote, quantidade de usos, número de pavimentos e tipo de atividade foram levantados entre dezembro de 2017 e janeiro de 2018 por meio de imagens de satélites do Google Earth e Google Street View e conferência de campo. A coleta e a sistematização dos dados foram realizadas pelo Grupo de Design Ambiental Urbano/UEL.

O município de Rolândia possui 459,024 km<sup>2</sup> de área territorial e população estimada de 65.757 habitantes (IPARDES, 2019). Conta com o Índice de

Desenvolvimento Humano (IDHM) no valor de 0,739 (médio). Está incluído na Região Metropolitana de Londrina e tem sua economia voltada à produção agrícola e industrial.

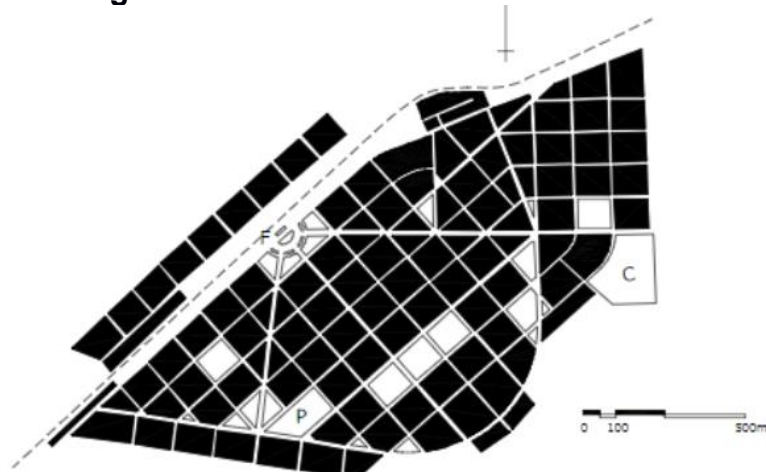
**Figura 8 – Localização Rolândia - PR**



Fonte: IBGE (2010). Prefeitura Municipal de Rolândia. Organizado pela autora (2019).

Rolândia fazia parte da rede de núcleos urbanos hierarquizados criada pela Companhia de Terras Norte do Paraná - CTNP para a colonização do Estado do Paraná por meio da ferrovia (YAMAKI, 2003). O plano inicial de Rolândia (Figura 9) compreendia o que hoje é o centro, projetado pela CTNP em 1932 (REGO; MENEGUETTI, 2006).

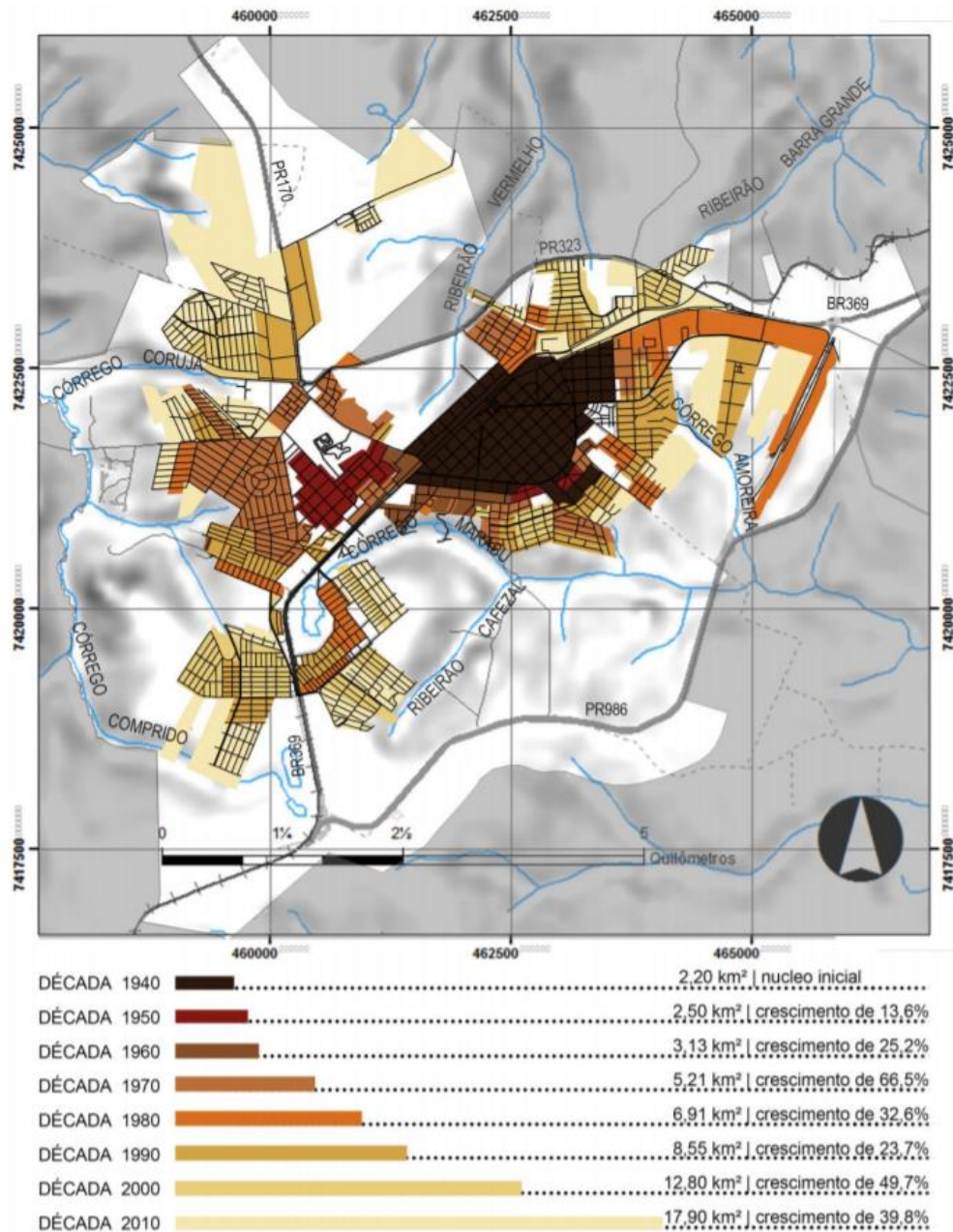
**Figura 9 – Plano inicial de Rolândia - CTNP**



Fonte: Rego e Meneguetti (2006)

A malha urbana teve sua expansão (Figura 10) voltada para oeste, ao longo da adjacência da rodovia e a ferrovia. Na década de 70, tem em sua composição a criação de loteamentos a oeste, que atualmente conformam um subcentro na cidade. Ao longo das décadas seguintes teve sua expansão voltada a todas as outras direções, fazendo com que o tecido da cidade se torne espreado (ITEDES 2018b).

**Figura 10** – Expansão urbana da cidade de Rolândia – Plano Diretor Municipal



Fonte: ITEDES (2018b)

### 3.2 DADOS E VARIÁVEIS

A partir da fundamentação teórica, foram definidas quatro variáveis vinculadas a análise do índice de caminhabilidade (FRANK et al. 2010) - uso misto do

solo, densidade residencial, taxa de proporção comercial e densidade de intersecções.

Variáveis relacionadas à caminhada, encontradas na revisão de literatura, também foram georreferenciadas e sistematizadas, a fim de serem base para a criação de estratégias de delimitação de unidades espaciais. Dentre elas estão: valor venal e valor do imóvel, tamanho médio de lotes por quadra, perímetro de lotes por quadra, medidas de sintaxe espacial – integração e escolha.

### 3.2.1 Variáveis do índice de caminhabilidade

O índice de caminhabilidade adotado para esta pesquisa foi o desenvolvido por Frank et al. (2010), que inclui quatro variáveis do ambiente construído: uso misto do solo, densidade residencial, taxa de proporção comercial e densidade de intersecções.

#### Uso misto do Solo

A variável de uso misto do solo trata-se de uma medida de diversidade de usos em um determinado espaço. Os usos foram classificados em cinco categorias (Quadro 4) assim como estabelecidas por Frank et al (2010): residencial, comercial, serviços, institucional e entretenimento.

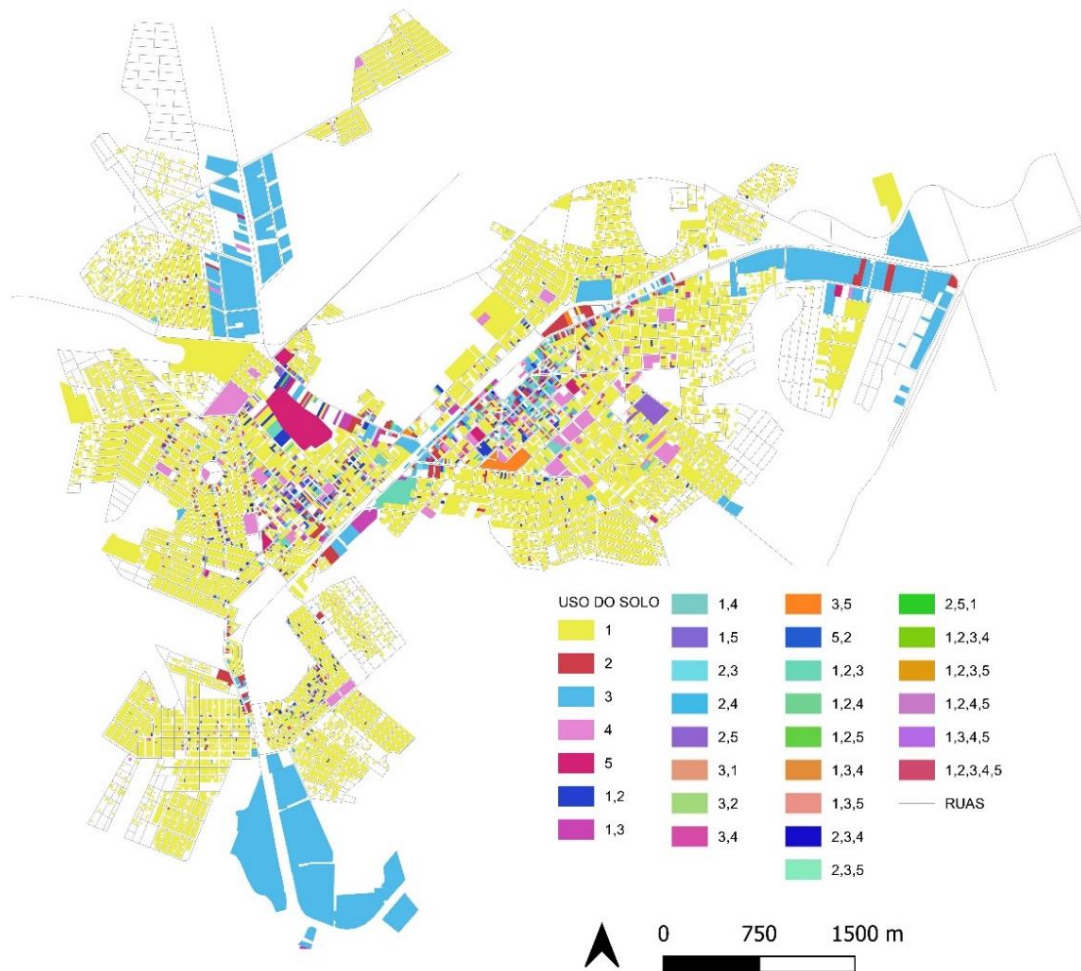
**Quadro 4–** Classificação e exemplos das categorias de uso do solo

<b>USO DO SOLO</b>	<b>COMO CLASSIFICAR</b>
RESIDENCIAL (1)	Moradias térreas e prédios residenciais altos, considerando o número total de residências
COMERCIAL (2)	Um local onde a venda de bens ao público é para consumo e não para revenda. Ex: farmácia, supermercado, padaria, loja de roupas, etc.
SERVIÇOS (3)	Um local que supra uma necessidade pública pagável. Por exemplo: centro de atendimento médico, pet shop, escritório, pequena fábrica ou indústria, etc.
INSTITUCIONAL (4)	Todo lugar que pertence à administração do governo ou todo lugar onde as pessoas se reúnem geralmente para o mesmo propósito. Por exemplo: prefeitura, tribunal de justiça, centro de saúde pública, escola pública e privada, igreja, associação de bairro, etc.
ENTRETENIMENTO (5)	Todo lugar para atividades de lazer. Por exemplo: bar, restaurante, cafeteria, academia, clube, casa de campo etc.

Fonte: Motomura (2017). Traduzido e adaptado pela autora (2019)

Após o levantamento e a conferência por lote, os usos foram sistematizados e georreferenciados em uma base SIG, possibilitando cálculos e seu mapeamento (Figura 11).

**Figura 11 – Mapa de uso do solo Rolândia - Pr**



Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2018). Organizado pela autora (2019)

Legenda: 1 –residencial; 2 –comercial; 3 – serviços; 4 – institucional; 5- entretenimento.

A medida de diversidade utilizada, no cálculo do índice de caminhabilidade, foi a entropia. Seus resultados variam de 0 a 1, em que 0 indicaria a existência de apenas um uso em uma determinada área e 1 indicaria uma distribuição homogênea dos cinco usos. A entropia foi calculada por meio da fórmula baseada em (SHANNON, 1948), onde:  $i$  = categorias de uso do solo;  $P_i$  = proporção da categoria de uso do solo  $i$  em relação ao total;  $N$  = total de categorias de uso do solo considerados na área de estudo;  $\ln$  = logaritmo na base  $e$  e  $N$  = total de categorias de uso do solo considerados na área de estudo (FRANK et al., 2010):

$$\text{Entropia} = - \sum_{i=1}^N \frac{P_i \times \ln(P_i)}{\ln N}$$

A área de cada uso, em edificações de usos mistos, foi estabelecida em uma média ponderada, para representar melhor a realidade local (Figura 12). No

caso da inexistência de uso residencial a área total da edificação foi dividida pelo número de usos (Cenário A). Na existência do uso residencial em edificação de um pavimento, a área da edificação foi dividida igualmente entre o uso residencial e o restante entre os demais usos (Cenário B). Por fim, quando a edificação era um prédio multifamiliar com mais de um pavimento, o térreo da edificação foi dividido igualmente entre os usos não-residenciais e os demais pavimentos tiveram sua área destinada ao uso residencial (Cenário C) (LEÃO; OLAK; KANASHIRO, 2018).

**Figura 12 – Divisão das áreas de uso misto para cálculo da entropia**

Legenda: ■ Residência ■ Comércio ■ Serviço

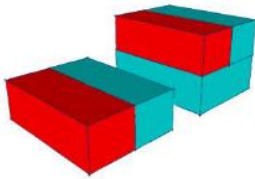


Figura 6: Cenário A.

Fonte: Organizado pelos autores (2018)

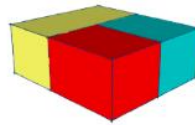


Figura 7: Cenário B.

Fonte: Organizado pelos autores (2018)

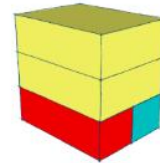


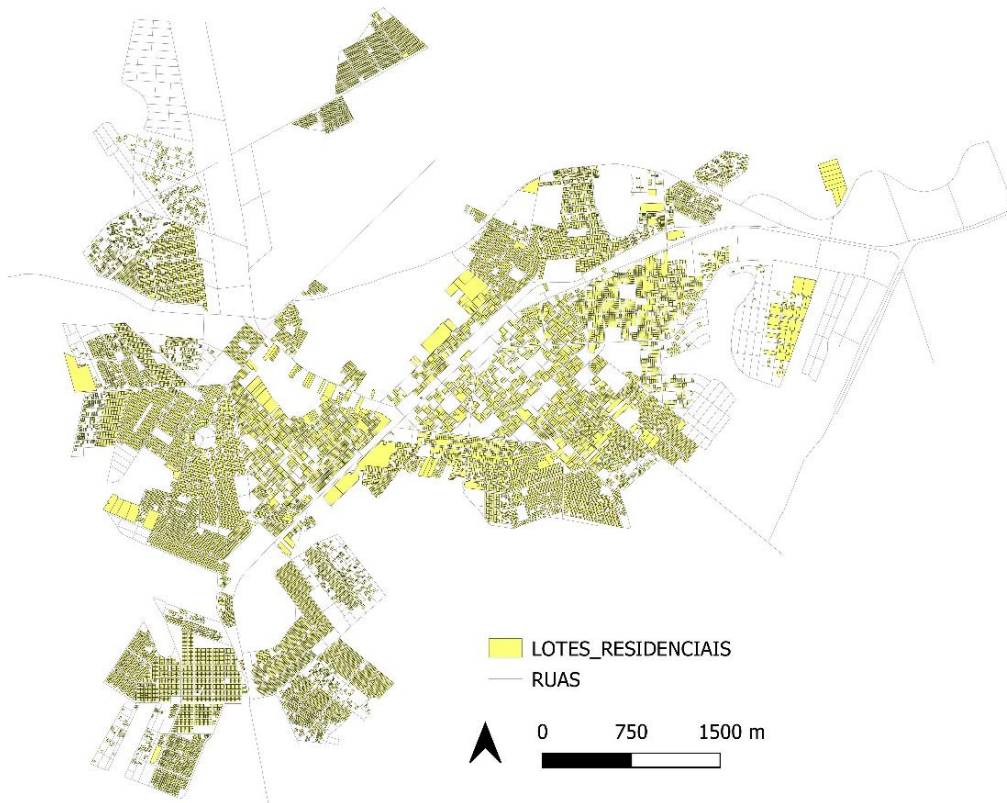
Figura 8: Cenário C.

Fonte: Organizado pelos autores (2018)

Fonte: LEÃO, OLAK, KANASHIRO (2018)

## Densidade residencial

**Figura 13 – Mapa densidade residencial Rolândia -Pr**



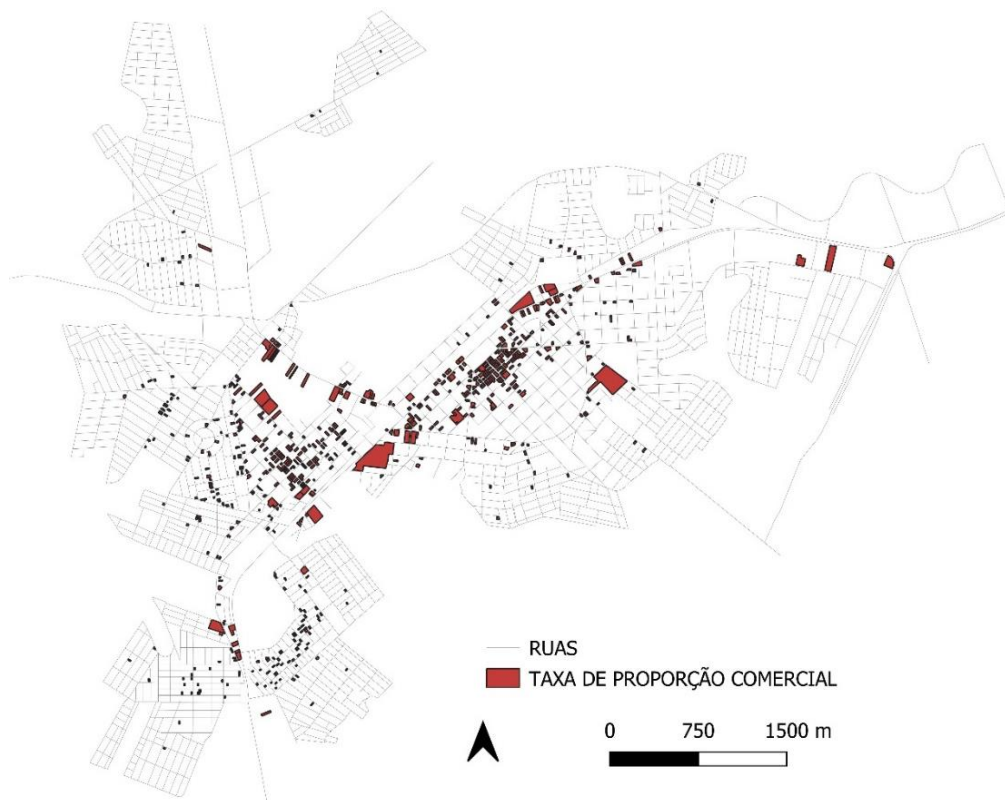
Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2018). Organizado pela autora (2019)

Por meio do levantamento de uso do solo foi possível mapear e quantificar as residências existentes (Figura 13). A partir disso, o número de residências foi somado e dividido pela área de cada unidade espacial utilizada para o cálculo do índice.

### Taxa de ocupação comercial

Para a taxa de ocupação comercial (Figura 14) foi utilizada a projeção das edificações, cedida pela Prefeitura de Rolândia-PR. Para o cálculo da proporção, a área das edificações comerciais foi dividida pela área total de seus lotes. Posteriormente, os valores dessa razão foram agrupados em cada unidade espacial utilizada para o cálculo do índice, por meio da soma dos valores encontrados.

**Figura 14 – Taxa de proporção comercial - Rolândia -Pr**



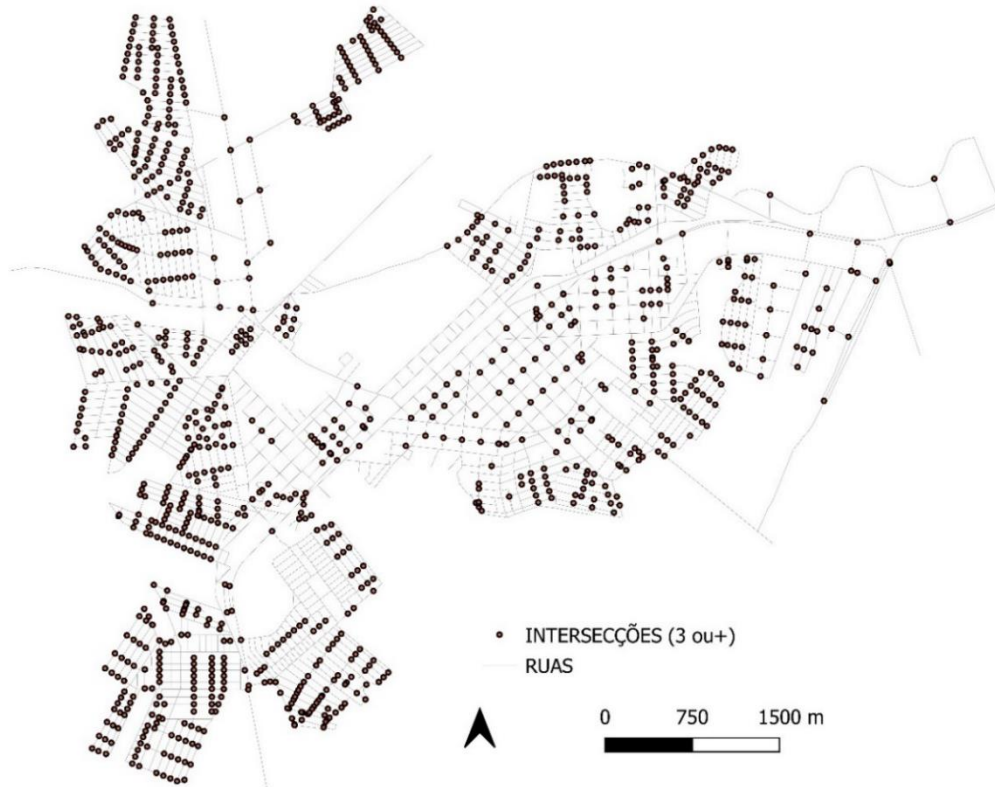
Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2018). Organizado pela autora (2019)

### Densidade de intersecções

As intersecções foram obtidas por meio da base dos dados de arruamento cedidos pela Prefeitura Municipal de Rolândia. Utilizou-se a ferramenta *Feature Vertices to Points* da caixa *Data Management* do ArcMap. No processo, todos os vértices do arruamento foram transformados em pontos (Figura 15). A partir desse procedimento, apenas os pontos que representavam as intersecções verdadeiras (3

ou mais ruas) permaneceram. Posteriormente, o número de intersecções foi dividido pela área de cada unidade espacial utilizada para o cálculo do índice de caminhabilidade.

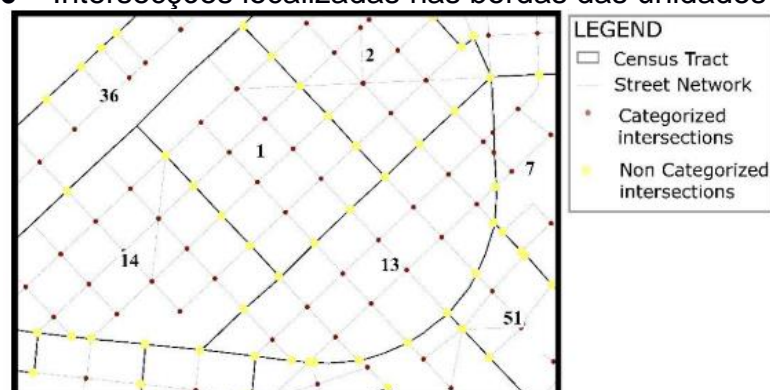
**Figura 15 – Mapa de intersecções Rolândia -Pr**



Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2018). Organizado pela autora (2019)

Para intersecções que ficaram localizadas nas bordas das unidades espaciais (Figura 16), o método desenvolvido por Leão (2019) e Leão, Olak e Kanashiro (2018) foi utilizado para agrupar a intersecção que estava no limiar, entre duas ou mais unidades à unidade espacial mais adequada, ou no caso da aplicação, mais próxima.

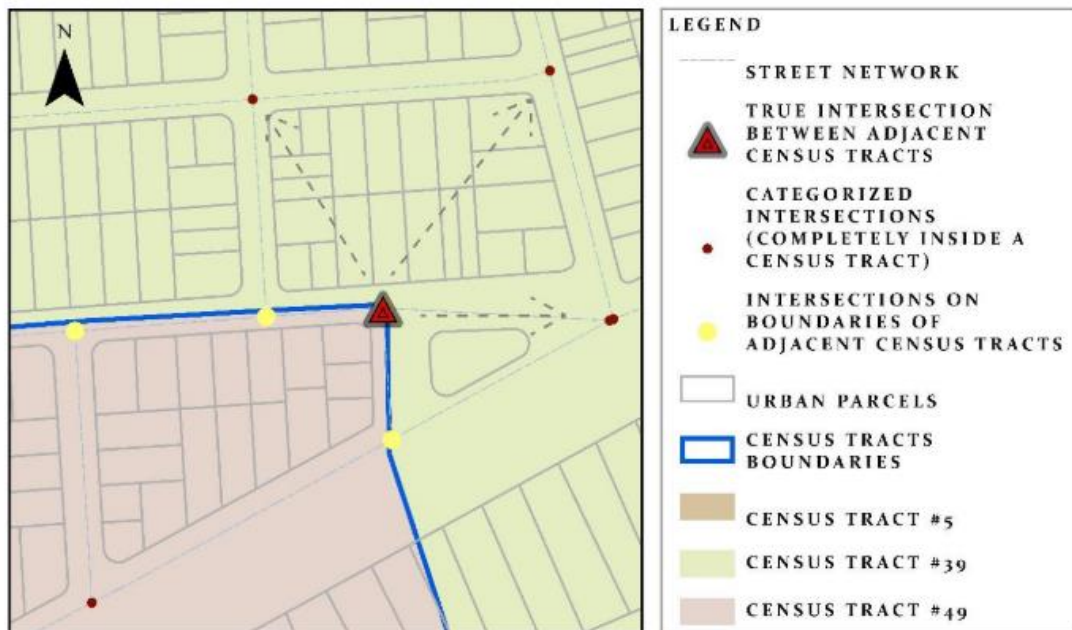
**Figura 16 – Intersecções localizadas nas bordas das unidades espaciais**



Fonte: LEÃO (2019)

A abordagem consiste na classificação do algoritmo k-Nearest Neighbor. O algoritmo, de acordo com Kibanov et al. (2018 apud LEÃO, 2019, p.63), parte do princípio básico que um ponto tende a ser membro da mesma classe de seus (k) vizinhos mais próximos (Figura 17).

**Figura 17** – K-Nearest Neighbor (vizinhos mais próximos) para classificação dos pontos nas bordas



Fonte: LEÃO (2019)

Assim, o ponto da intersecção que ficar sobre os limites terá suas coordenadas geográficas de latitude de longitude comparada com as coordenadas dos pontos internos às áreas (LEÃO, 2019).

Um arquivo *shapefile* com os pontos internos e outro com os pontos que ficam nos limites devem ser feitos e convertidos em csv. Os arquivos csv são importados e por meio do algoritmo de classificação, é definida de qual área a intersecção em análise está mais próxima, utilizando a distância euclidiana, por comparação das coordenadas internas das áreas com as coordenadas das intersecções limítrofes. A partir disto as intersecções limítrofes são direcionadas para a área que mais estiverem próximas em relação as outras. (LEÃO, 2019).

Feito isto, as intersecções pertences a cada local são somadas e divididas pela sua área, na produção da densidade de intersecções da unidade espacial em aplicação (LEÃO, 2019).

## **Aplicação do índice de caminhabilidade**

Após o levantamento e sistematização das variáveis foi conduzida uma normalização dos valores por meio do z-escore. Os valores convertidos em z-escore tratam-se de unidades de desvio padrão (HINO et al., 2012), é a medida do quanto esses valores de desvio padrão se afastam da média (JUNIOR GUANIS DE BARROS, 201?).

Com todos os procedimentos concluídos, pode-se então calcular o índice da caminhabilidade em todas áreas delimitadas e nos setores censitários utilizando o ArcGIS Desktop 10.6, por meio da fórmula desenvolvida por Frank et. al (2010):

$$\text{Índice de Caminhabilidade} = [(2 \times z\text{-densidade de intersecções}) + (z\text{-densidade residencial}) + (z\text{-taxa de ocupação dos lotes de varejo}) + (z\text{- uso misto do solo})]$$

### **3.2.2 Variáveis do ambiente construído relacionadas à caminhada**

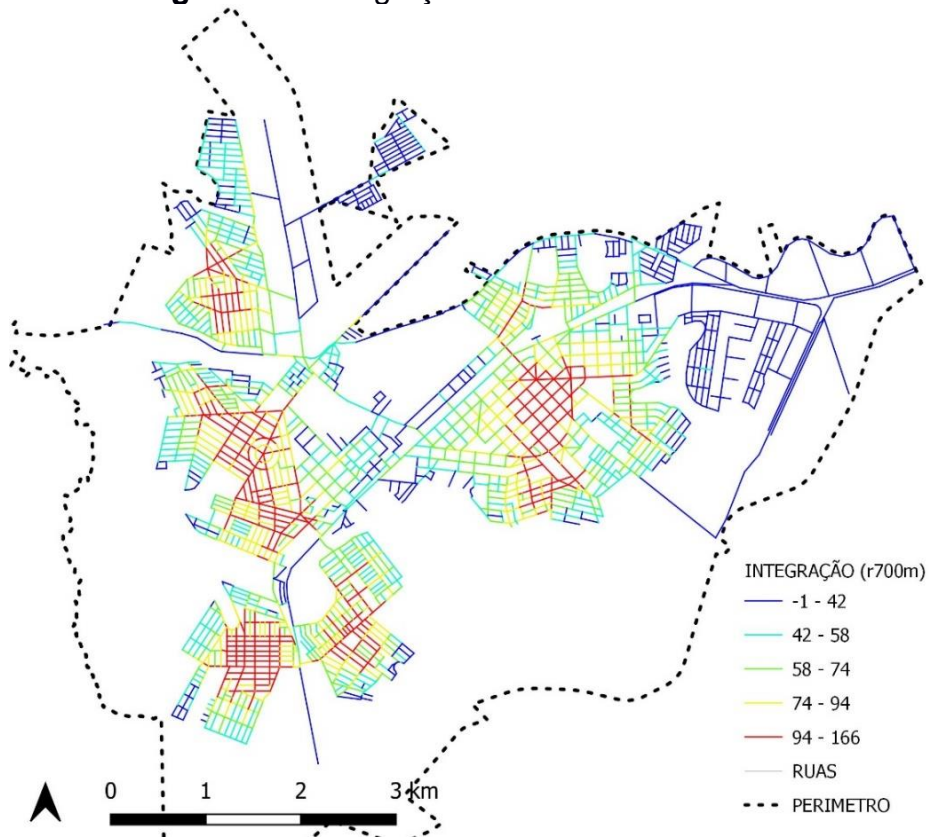
#### **Valor venal**

O valor venal e valor do imóvel foram obtidos junto à Prefeitura do Município de Rolândia pela base cadastral do Imposto Territorial Urbano da cidade. Os valores georreferenciados junto às edificações também foram cedidos ao Grupo de Design Ambiental Urbano pela prefeitura. Para a pesquisa, os valores foram agregados pela média de valores às quadras da cidade.

#### **Sintaxe espacial**

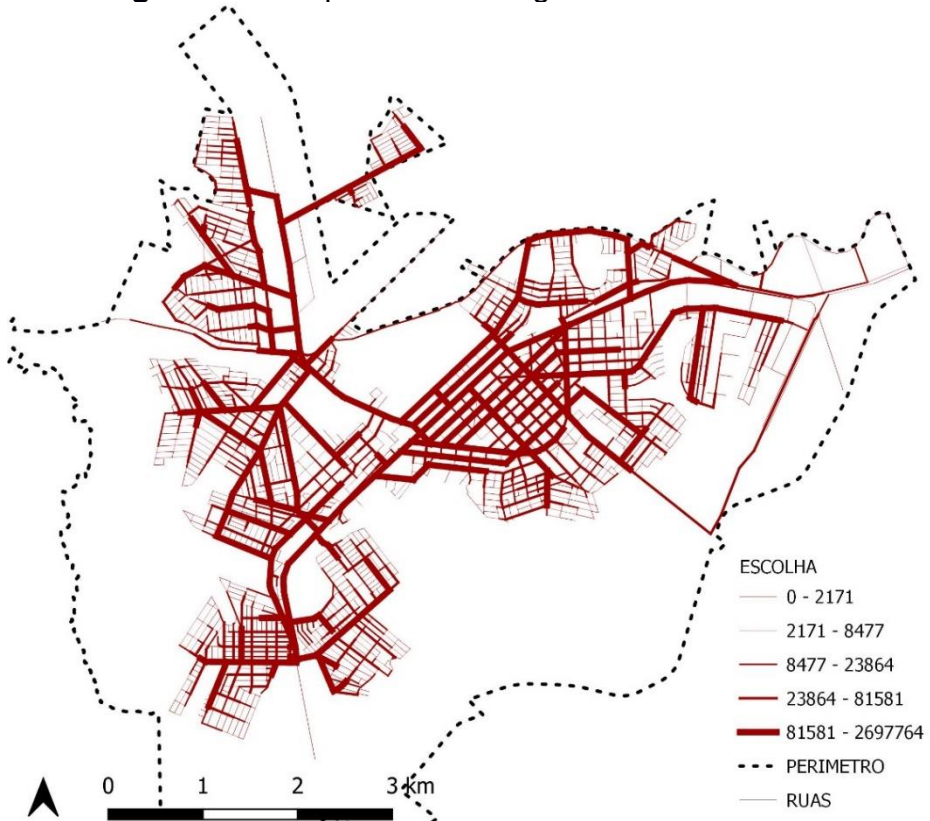
De acordo com a revisão da literatura, variáveis relacionadas à configuração espacial urbana estão relacionadas ao deslocamento a pé. Assim, esta pesquisa aplicou as medidas de sintaxe espacial para o modelo de integração local, no raio de 700m (Figura 18), escolhido por representar a mediana das rotas caminhadas – tal definição será detalhada posteriormente (página 66), e de escolha global (Figura 19). Para o cálculo das medidas configuracionais, foi utilizado o software QGis e a extensão Depthmap, a partir do mapa cadastral georreferenciado da cidade de Rolândia PR.

**Figura 18 – Integração r700m – Rolândia - PR**



Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2019)

**Figura 19 – Mapa de escolha global– Rolândia - PR**



Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2019)

## Tamanho de quadra e lote

Os tamanhos de quadra e lote foram obtidos a partir da base cartográfica georreferenciada da cidade, cedida pela Prefeitura Municipal de Rolândia e foram agrupados pela média dos valores às quadras.

### 3.2.3 Rotas a pé

A pesquisa trata da influência da delimitação de áreas na análise do ambiente construído como suporte a caminhada. Para tanto, a principal variável da pesquisa deve ser o deslocamento a pé, a fim de compreender sua associação com o índice de caminhabilidade e com as variáveis do ambiente construído em cada unidade espacial.

Este estudo conta com a disponibilidade de dados da pesquisa de Origem-Destino realizada pelo ITEDES entre 2016 e 2017, na cidade de Rolândia para o Plano de Mobilidade do município. O Plano de Mobilidade de Rolândia (2018) foi realizado para atender às exigências da Lei Federal 12.587/2012, em que municípios com mais de 20mil habitantes devem realizar seu plano de mobilidade, seguindo princípios que priorizem a mobilidade ativa e o transporte coletivo. Tais planos devem ser revistos no máximo em 10 anos e devem ser pensados em conjunto às diretrizes do Plano Diretor.

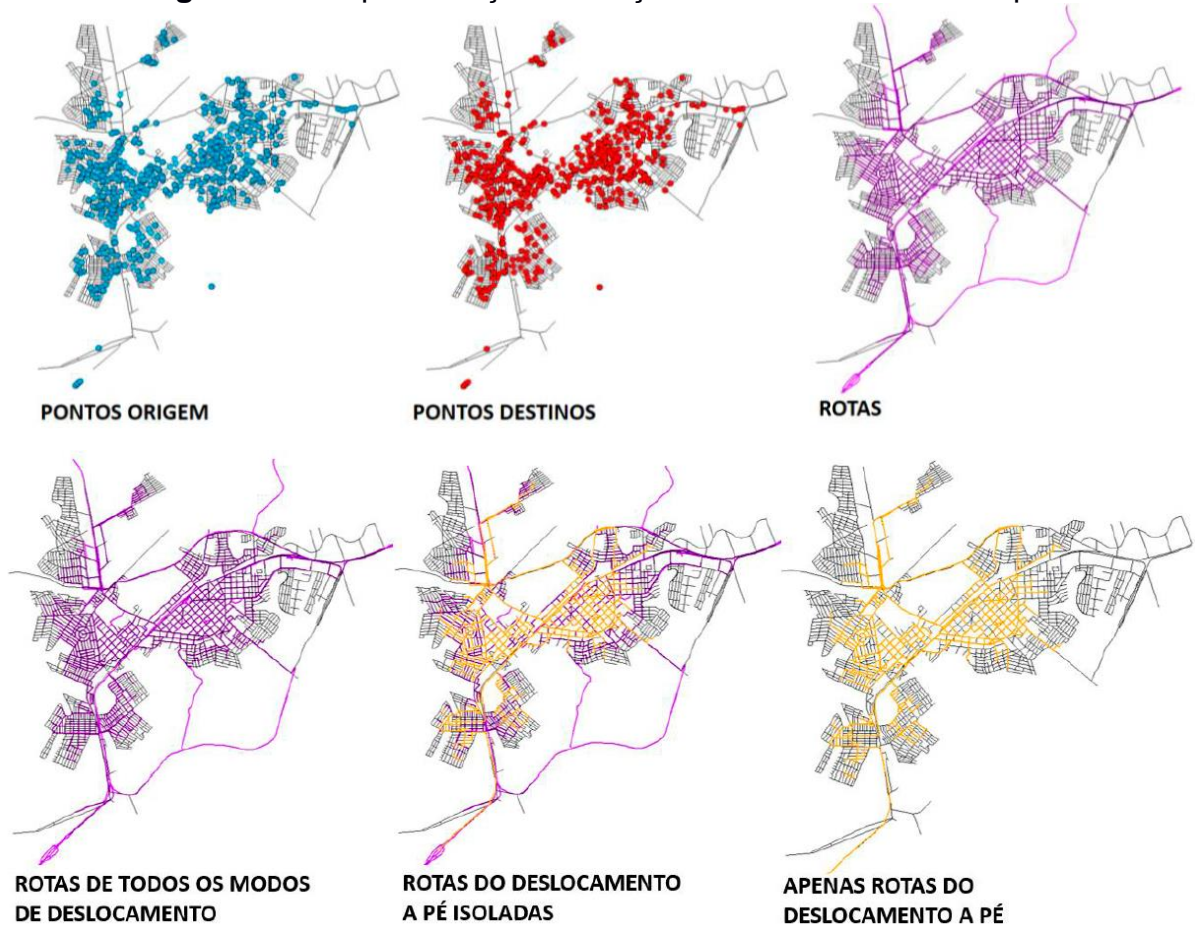
A pesquisa de OD foi uma das pesquisas utilizadas como base para a elaboração do plano, realizada de modo residencial a partir de uma amostra probabilística aleatória simples por meio de questionários (ITEDES, 2018a). Foram aplicados 756 questionários válidos, onde os moradores responderam sobre dados domiciliares, familiares e individuais, incluindo a origem, destino, modal, motivo e outros dados sobre as viagens realizadas por eles no dia anterior. Deste número de questionários, 142 residências reportaram viagens realizadas a pé.

Os dados foram disponibilizados ao Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano e então georreferenciados, em um sistema de informações geográficas (SIG) e espacializados na cidade. A origem e o destino das rotas foram sistematizados e georreferenciados por meio do software ArcGIS online e as rotas foram criadas a partir do caminho mais curto entre os pontos de origem e destino a partir da ferramenta “*Connect Origins to Destinations*” do software.

Após essa espacialização, as rotas realizadas pelo modal a pé foram selecionadas e isoladas das demais, totalizando 394 rotas que foram realizadas a pé.

O esquema da Figura 20, feito por Olak (2019) em parceria com Leão (2019), mostra o processo de espacialização e sistematização dos dados para criação das rotas.

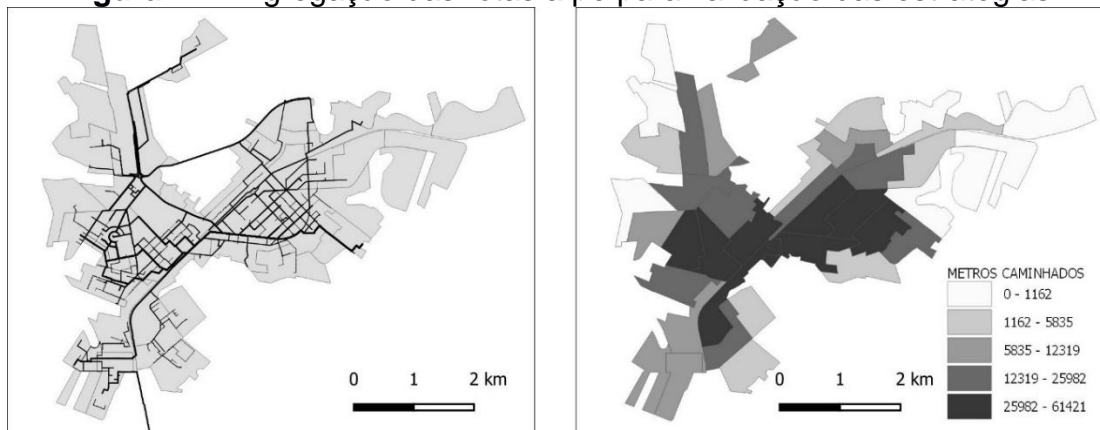
**Figura 20 – Espacialização e seleção das rotas realizadas a pé**



Fonte: OLAK (2019). Organizado pela autora (2020)

Visando correlacionar os dados, todas as rotas caminhadas foram sobrepostas às unidades espaciais criadas e aos setores censitários por meio do software ArcGIS Desktop. Após a sobreposição, as rotas foram recortadas utilizando a ferramenta *Clip* e então interseccionadas às áreas utilizando a ferramenta *Intersect*.

**Figura 21 – Agregação das rotas a pé para validação das estratégias**



Fonte: Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano. Organizado pela autora (2019)

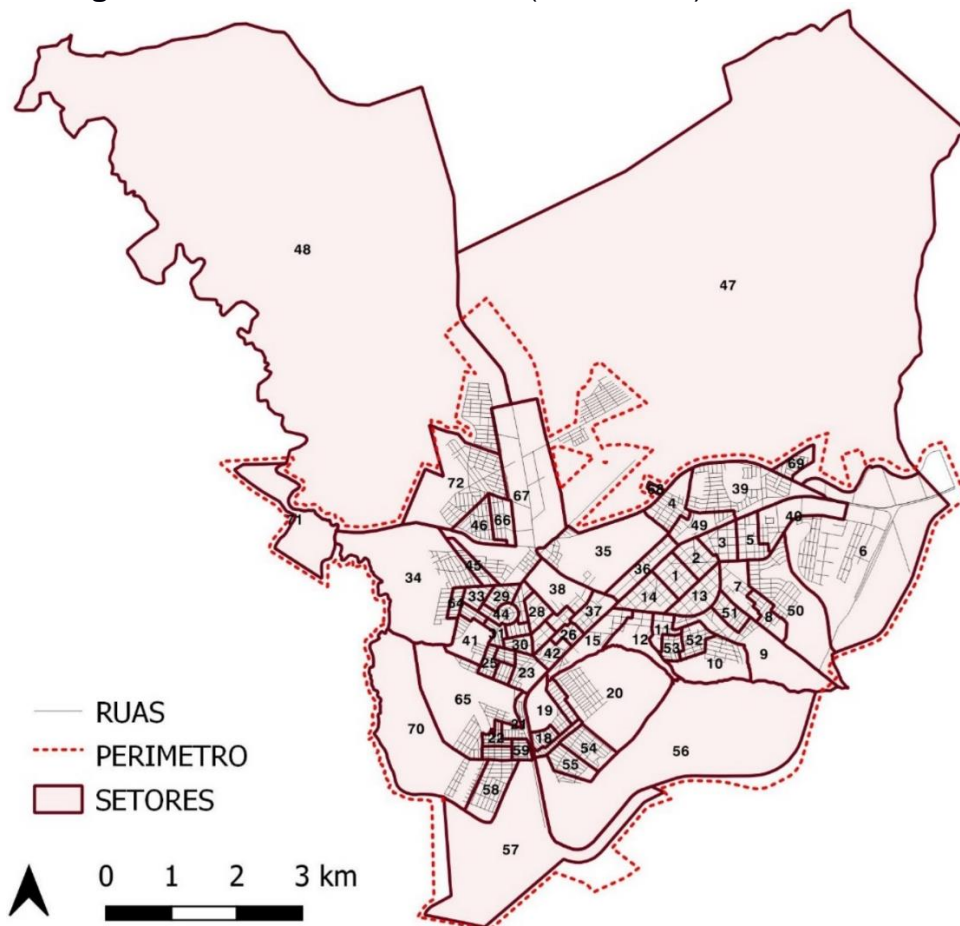
Posteriormente, por meio da ferramenta *Spatial join*, todas as áreas que possuíam intersecção com as rotas tiveram valores de metros caminhados agregados a elas. Após esse procedimento foi utilizado o recurso *Summarize* da tabela de atributos e os valores de metros caminhados por unidade espacial foram calculados utilizando a soma dos segmentos caminhados por área.

### 3.3 UNIDADES ESPACIAIS PARA ANÁLISE DA CAMINHABILIDADE

#### 3.3.1 Setores Censitários

Rolândia possui 70 setores censitários urbanos de acordo com o censo realizado pelo IBGE em 2010.

**Figura 22 – Setores Censitários (IBGE 2010) – Rolândia PR**



Fonte: IBGE (2010). Adaptado pela autora (2019).

Os setores 47 e 48 (

Figura 22) são considerados como setores da área rural porém, atualmente, eles contém loteamentos urbanos e parte deles está contida dentro do perímetro urbano da cidade. Enquanto o setor 71, que está contido no perímetro

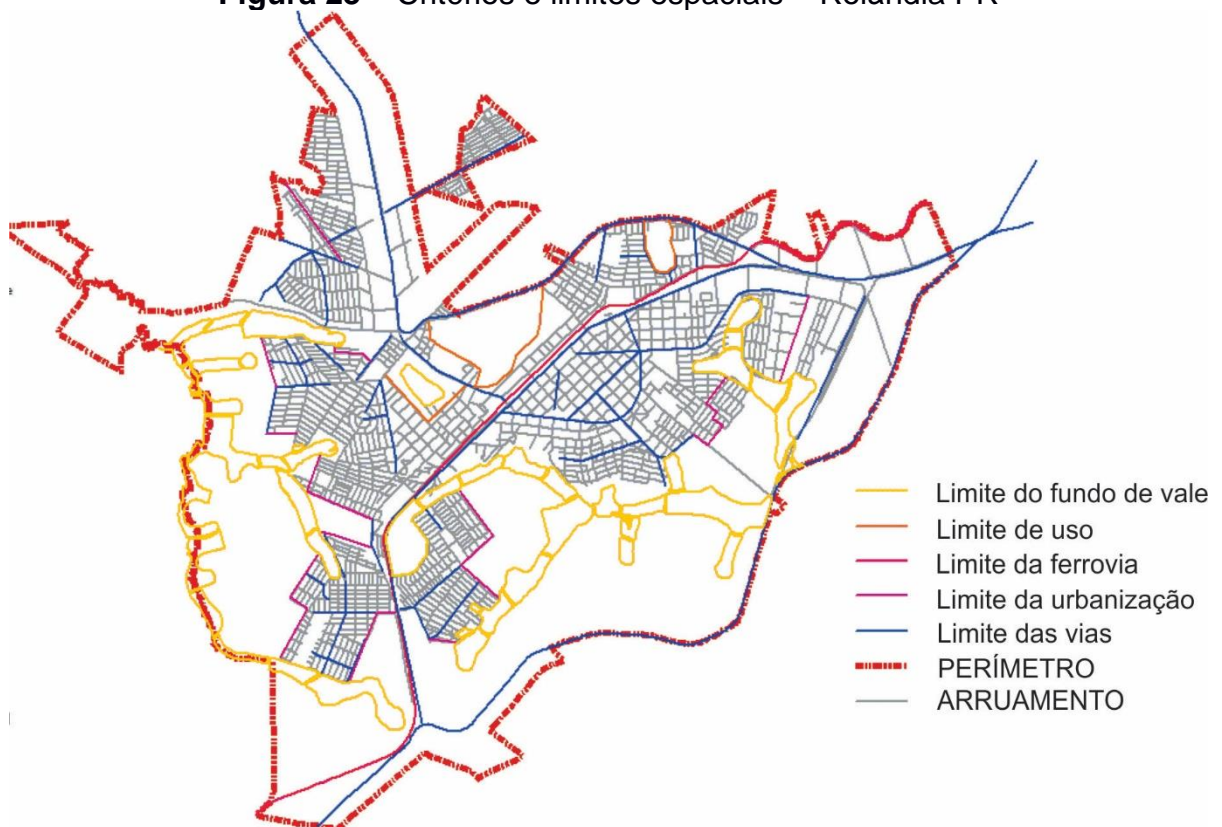
urbano, não possui nenhum tipo de urbanização. Assim, para a aplicação do índice de caminhabilidade, foram considerados todos setores, exceto o setor 71, totalizando 71 setores para aplicação.

### 3.3.2 Procedimentos e estratégias para delimitação de unidades espaciais

Para a delimitação de unidades espaciais para análise da caminhabilidade, a pesquisa utilizou um processo de agrupamento de áreas menores em regiões, ou “distritos” por meio da ferramenta semi-automatizada Districting ESRI para ArcGIS.

O procedimento tem como requisito inicial a definição de uma unidade de área como parcela mínima para realização do agrupamento. Para isso foi necessário definir critérios espaciais para a delimitação e definição da parcela mínima.

**Figura 23 – Critérios e limites espaciais – Rolândia PR**



Fonte: FRANCO et al. (2018). Editado pela autora (2019).

Assim, com base em Krafta (2014), em uma escala maior foram considerados como critérios os limites de território, limites de urbanização, grandes linhas rodoviárias, ferroviárias e linhas divisórias entre áreas temáticas (KRAFTA, 2014) (Figura 23) entendidas como barreiras físicas que limitam os deslocamento a pé.

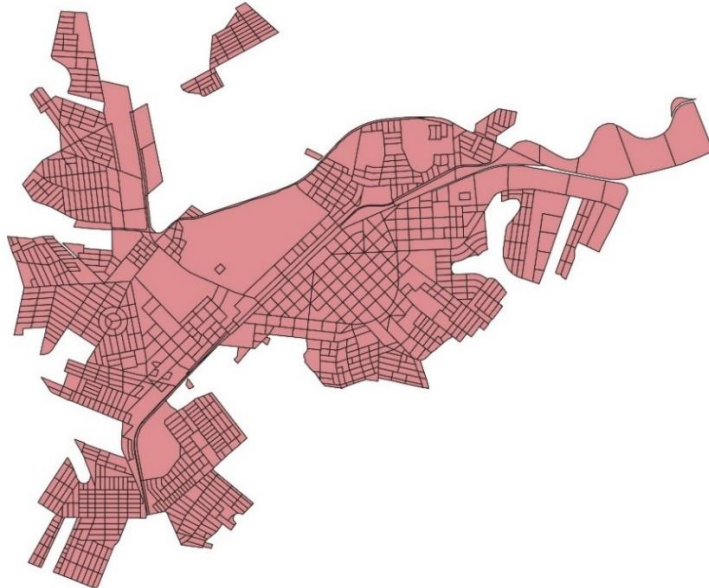
**Figura 24** – Parcela mínima utilizada para os procedimentos de agregação de áreas: quadras



Fonte: Prefeitura Municipal de Rolândia. Organizado pela autora (2019).

Posteriormente, dentro da área delimitada, considerando o objetivo desta pesquisa e a disponibilidade de dados desagregados por lote, a área utilizada como parcela mínima foram as quadras, mais especificamente a quadra e sua extensão até os eixos viários (Figura 24). Uma vez que os deslocamentos a pé são realizados, em sua maioria, nas vias e considerando que as ferramentas devem agregar as parcelas, a contiguidade entre as unidades espaciais é necessária para o funcionamento delas.

**Figura 25** – Divisão da cidade em quadras



Fonte: A autora (2019).

Desta forma, a cidade foi dividida em 1126 quadras contínuas de tamanhos distintos (Figura 25). Todos os dados disponíveis por lote foram agregados

a estas parcelas para a geração dos resultados e para a delimitação das unidades espaciais.

### **Teste - Districting ESRI**

A ferramenta adotada para realizar a delimitação de unidades espaciais para a análise da caminhabilidade foi a extensão Districting ESRI (2012) do ArcMap. A extensão é gratuita e pode ser utilizada para criar planos de divisão de áreas por meio de agrupamentos de dados contidos em parcelas geográficas e gerar relatórios de dados e estatísticas (ESRI, 2019).

Para seu funcionamento, é necessário, primeiramente, dispor uma base de dados com todas as variáveis que serão utilizadas para o agrupamento nas unidades definidas como parcelas mínimas, como por exemplo, setores censitários, blocos, municípios etc., ou quadras como nesta pesquisa.

Foi criada uma base de dados, com a finalidade de suprir todas as estratégias, contendo dados sobre: valor venal da terra e do imóvel; tamanho médio de lote por quadra; densidade residencial por quadra; população.

Em seguida, é necessário criar um plano de divisão por meio da definição de dados e atributos de origem como: população total, população por raça ou etnia, por exemplo (ESRI, 2019).

Então, pode-se estabelecer os agrupamentos, mediante as parcelas mínimas iterativamente, até que os valores desejados sejam atingidos. Estes valores são estabelecidos em cada uma das estratégias, de acordo com os critérios adotados. Tal processo permite o auxílio de valores estatísticos que são mostrados automaticamente a cada seleção. Após esse processo podem ser criados os planos com relatórios de dados e mapas de saída (ESRI, 2019).

Assim sendo, o primeiro passo, após a criação da base e das parcelas, foi estabelecer as diferentes estratégias a serem criadas. Buscando uma maneira de abstrair os critérios e os procedimentos da revisão de literatura, foram criadas sete estratégias para a delimitação de áreas para análise da caminhabilidade:

- a) Estratégia 1: Macrozonas definidas a partir dos limites físicos;**
- b) Estratégia 2: Áreas com dimensões semelhantes (400m);**
- c) Estratégia 3: Áreas com dimensões semelhantes (750m);**
- d) Estratégia 4: Áreas com valor venal similar;**
- e) Estratégia 5: Áreas com forma urbana semelhante;**

- f) **Estratégia 6: Áreas com valores de integração similares;**  
 g) **Estratégia 7: Áreas com valores de integração e escolha similares;**

Sabe-se que locais que possuem homogeneidade em suas características tendem a influenciar o ambiente de uma mesma forma. Assim, todas as estratégias foram criadas buscando homogeneidade interna das áreas e heterogeneidade entre as áreas (FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008).

**a) Estratégia 1: Macrozonas definidas a partir dos limites físicos**

Nesta primeira abordagem, o objetivo foi criar macrozonas a partir de limites físicos e naturais considerados barreiras como as rodovias, ferrovia, corpos d'água, fundos de vale e limites urbanizáveis, conformando macrozonas distintas a fim de servirem como base para a divisão das demais estratégias. Limites físicos e naturais como rodovias, ferrovias, fundos de vale e limites de urbanização estão vinculados tanto à divisão de áreas (STAFFORD; DUKE-WILLIAMS; SHELTON, 2008; KRAFTA, 2014), quanto à limitação do acesso a pedestres (FRANK et al., 2017).

Os critérios, variáveis e métodos utilizados para atingir a delimitação são expressados no Quadro 5.

**Quadro 5–** Critérios, variáveis e dados para criação de macrozonas a partir de limites físicos – Districting ESRI

<b>Critérios</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Métodos e dados</b>
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$
Homogeneidade interna	Macro parcelamento	Inspeção visual + camada parcelamento das quadras

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

**b) Estratégia 2: Áreas com dimensões semelhantes (400m)**

A segunda estratégia adotada foi a criação de áreas com tamanhos semelhantes. Por ser o primeiro experimento mais específico da ferramenta, a pesquisa buscou, ao decorrer dos testes, modificar as variáveis e critérios já consolidados para atingir o objetivo da delimitação das áreas para a análise da caminhabilidade.

Foi selecionada a variável tamanho. Os estudos da caminhabilidade utilizam os buffers e grids, baseada numa dimensão caminhável. A cidade é dividida

com o objetivo de delimitar quais seriam as áreas de influência do ambiente construído no comportamento da caminhada.

O tamanho adotado como alvo foi a área de uma circunferência de raio de 400m, cerca de 491.751 m<sup>2</sup>. Tal dimensão teve como base para sua definição, os estudos que indicaram que 400m, como uma escala favorável à criação de bairros caminháveis (MITRA; BULIUNG, 2012; GUNN et al., 2017).

Portanto, como critérios, variáveis e dados a pesquisa utilizou os parâmetros do Quadro 6. A equidade populacional também foi considerada, porém com um peso menor, com a finalidade de separar áreas contrastantes de alta densidade residencial dos vazios urbanos.

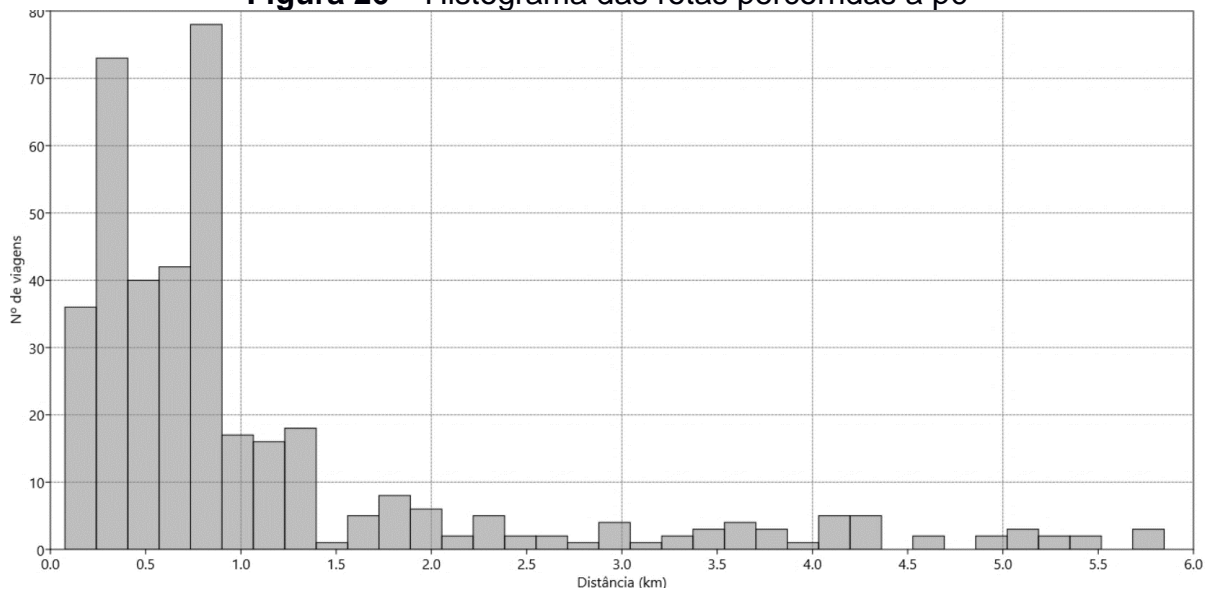
**Quadro 6**– Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com tamanhos semelhantes (400m) – Districting ESRI

<b>Critérios</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Métodos e dados</b>
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Homogeneidade interna	Tamanho das áreas	Inspeção visual + camada parcelamento das quadras
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade P <sup>2</sup> /A
Equidade populacional	Número de residências	Inspeção visual + camada de lotes residenciais

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

### c) Estratégia 3: Áreas com dimensões semelhantes (750m)

A terceira estratégia adotada também foi relativa ao tamanho semelhante, como na estratégia 2. No entanto, a escala adotada como alvo foi uma circunferência de raio de 750m, cerca de 1767144,38 m<sup>2</sup>. A definição desta dimensão veio da análise das rotas realizadas a pé pela população de Rolândia, obtidas por meio da pesquisa origem-destino da cidade. A mediana das distâncias percorridas a pé em Rolândia é de 700m, e o histograma das rotas pode ser observado na Figura 26.

**Figura 26 – Histograma das rotas percorridas a pé**

Fonte: A autora (2019).

Os critérios e variáveis utilizados para a criação das áreas foram os estabelecidos no Quadro 7.

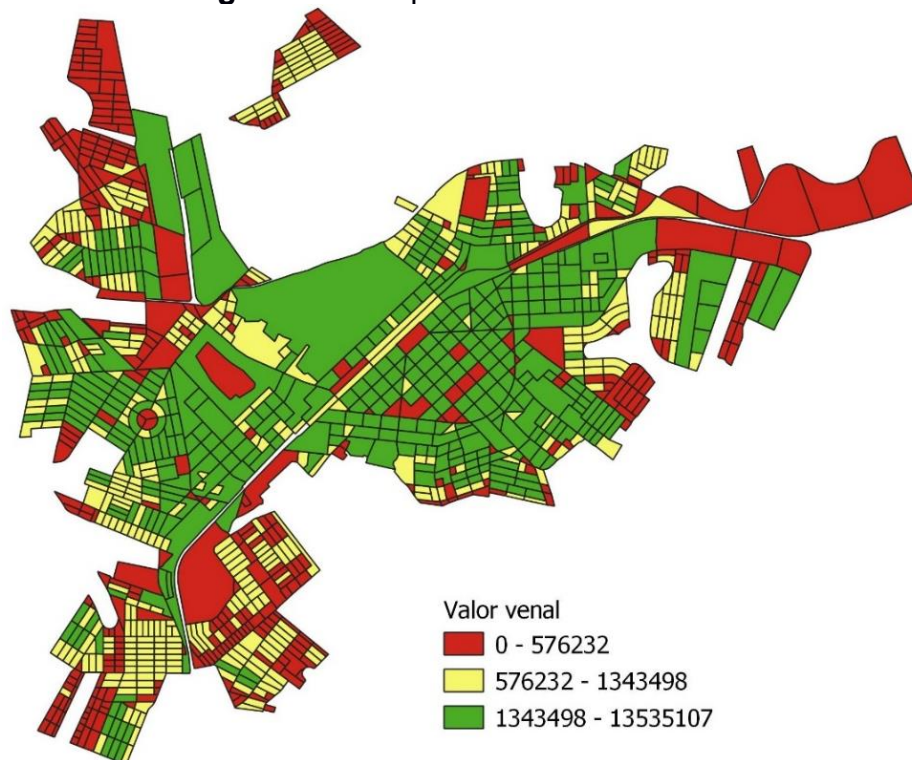
**Quadro 7– Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com tamanhos semelhantes (750m) – Districting ESRI**

Critérios	Variáveis	Métodos e dados
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Homogeneidade interna	Tamanho das áreas	Inspeção visual + camada parcelamento das quadras
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$
Equidade populacional	Número de residências	Inspeção visual + camada de lotes residenciais

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

#### d) Estratégia 4: Áreas com valor venal similar

Acredita-se que o valor do solo pode influenciar e ser influenciado pela caminhabilidade, fazendo com que locais que possuam preços mais altos de uso do solo sejam, provavelmente, mais dotados de amenidades e infraestrutura. E com base nos estudos populacionais (FLOWERDEW; MANLEY; SABEL, 2008; ZHAO; EXETER, 2016), nos quais os valores do terreno e imóvel foram considerados um critério de homogeneidade para a divisão de áreas, nesta pesquisa adotou-se o valor venal dos imóveis e dos terrenos (Figura 27), divididos em tercís, como um critério de homogeneização para criação das áreas, para a quarta estratégia.

**Figura 27 – Mapa valor venal Rolândia**

Fonte: PMR (2018). Organizado pela autora (2019)

Áreas que possuíam valores venais semelhantes, porém divididos por barreiras físicas não foram agregados, na continuidade da definição de alta prioridade para os elementos físicos e naturais do ambiente construído. Assim, os critérios parâmetros adotados nesta estratégia são apresentados no Quadro 8.

**Quadro 8–** Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com valor venal semelhante – Districting ESRI

Critérios	Variáveis	Métodos e dados
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Homogeneidade interna	Renda	Inspeção visual + camada valor venal por parcela
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$
Equidade populacional	Número de residências	Inspeção visual + camada de lotes residenciais

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

**e) Estratégia 5: Áreas com forma urbana semelhante;**

A quinta estratégia utilizada foi a divisão das áreas de acordo com aspectos morfológicos. Esta escolha baseou-se no objetivo da pesquisa e no

pressuposto de que áreas homogêneas em relação às variáveis de influência do ambiente construído na caminhabilidade podem mitigar os efeitos do MAUP. Acredita-se que a forma urbana, composta por limites e pelo macro e micro parcelamento da cidade também influenciam a caminhada (VARGAS, 2015) e podem ajudar a identificar áreas morfologicamente semelhantes (GEBAUER; SAMUELS, 1981).

Para a delimitação das áreas foram considerados os critérios encontrados pela revisão de literatura, em variáveis como similaridade nos tamanhos de quarteirões, lotes e cruzamentos, que buscaram ser seguidos de forma a conter áreas de homogeneidade espacial (Quadro 9).

**Quadro 9**– Critérios, variáveis e dados para criação áreas com forma urbana semelhantes– Districting ESRI

<b>Critérios</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Métodos e dados</b>
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Homogeneidade interna	Componentes morfológicos	Inspeção visual + camada parcelamento das quadras e lotes
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$
Equidade populacional	Número de residências	Inspeção visual + camada de lotes residenciais

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

#### **f) Estratégia 6: Áreas com valores de integração similares;**

A sexta estratégia utilizada foi a divisão das áreas a partir dos valores de integração. Áreas com valores de integração semelhantes foram agrupadas buscando torná-las homogêneas internamente em relação a essa variável, uma vez que, como visto na revisão de literatura, ruas com maior acessibilidade tendem a concentrar mais usos comerciais e mistos e incentivar mais os deslocamentos ativos. Toma-se como pressuposto que a integração local, de acordo com Zampieri (2006), de certa forma, define limites na malha urbana ao avaliar como a conectividade pode contribuir em uma escala local de vizinhança, além de estar correlacionada à presença de usos mistos (HILLIER et al., 1993; KOOHSARI et al., 2019).

Para isso o mapa de integração (r700m) foi dividido em tercis de baixa, média e alta integração e adicionado como uma camada onde a divisão foi feita por meio do agrupamento de quadras que possuíam valores e integração

semelhantes. Os critérios, dados e variáveis para esta estratégias são especificados no Quadro 10.

**Quadro 10**– Critérios, variáveis e dados para criação de áreas com valores de integração similares – Districting ESRI

<b>Critério/Parâmetros</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Métodos e dados</b>
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Homogeneidade interna	Integração	Inspeção visual + camada vias com valores de integração (r700m) em tercil
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

**g) Estratégia 7: Áreas com valores de integração e escolha similares;**

A sétima estratégia também utiliza a integração para alcançar a homogeneidade interna e além da integração local, a escolha, também pode representar limites urbanos (VAUGHAN, 2007) a partir de ruas de alto fluxo (KRAFTA, 2014). Assim, para estabelecer os limites das áreas, foi utilizado o mapa de escolha da cidade, onde as vias com maior escolha foram consideradas limites para que as áreas adjacentes possam ter uma mesma probabilidade de escolha ao caminhar.

Para ambos critérios, os mapas de integração e escolha foram adicionados como camadas no ArcMap e a partir da agregação das parcelas, seguindo os critérios abaixo, puderam ser criadas áreas com homogeneidade interna em relação à integração e à escolha (Quadro 11).

**Quadro 11**– Critérios, variáveis e dados para criação áreas com valores de integração e escolha similares semelhantes– Districting ESRI

<b>Critérios</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Métodos e dados</b>
Continuidade geográfica	Contiguidade das parcelas mínimas	Inspeção visual
Elementos físicos e sociais do ambiente construído	Barreiras físicas e naturais	Inspeção visual + camadas de dados de Rodovias, ferrovias, limites de urbanização, corpos d'água e vegetação (shp)
Limites	Escolha	Inspeção visual + camada vias com valores de escolha
Homogeneidade interna	Integração	Inspeção visual + camada vias com valores de integração (r700m) em tercil
Compacidade	Perímetro e área	Inspeção visual + medida de compacidade $P^2/A$

Fonte: Baseado em ZHAO, EXETER (2016). Adaptado pela autora (2019)

### 3.4 VALIDAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE DELIMITAÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS PARA ANÁLISE DA CAMINHABILIDADE

#### 3.4.1 Correlações

Para a validação das estratégias foram realizadas correlações entre todas as variáveis do índice de caminhabilidade e os níveis de caminhada. O índice de correlação mostra quanto a mudança em uma das variáveis pode acompanhar a mudança nos valores de outra variável (ZAR, 2014). Assim, buscou-se compreender a relação entre as variáveis do ambiente construído, o índice de caminhabilidade e a caminhada, verificando se os locais mais caminháveis também foram os locais mais caminhados. Para isso, todos os dados foram agrupados nas unidades espaciais de análise e correlacionados com os metros caminhados.

Primeiramente um teste de normalidade de dados foi conduzido. Os dados foram analisados separadamente, os níveis de caminhada, o índice de caminhabilidade e as variáveis, em separado, que compõe o índice foram agrupados por área e por estratégia e o teste de Shapiro-Willk foi utilizado. As hipóteses para o teste foram:

-H0= a distribuição dos dados é normal ( $p>0,05$ )

-H1= a distribuição dos dados não é normal ( $p<0,05$ )

Após a verificação da normalidade dos dados, onde o resultado indicou que os dados não seguiram distribuição normal, ou seja, o p valor for maior que 0,05, optou-se pelo teste de correlação não-paramétrico de postos de Spearman (rho). Para a visualização dos resultados escolheu-se uma matriz de correlação. Os procedimentos foram realizados no software R (2019).

**Figura 28** – Coeficiente de correlação de Spearman – valores de referência para classificação

Perfect	+1	-1
Strong	+0.9	-0.9
	+0.8	-0.8
	+0.7	-0.7
Moderate	+0.6	-0.6
	+0.5	-0.5
	+0.4	-0.4
Weak	+0.3	-0.3
	+0.2	-0.2
	+0.1	-0.1
Zero	0	

Fonte: DANCEY; REIDY ( 2017)

Para interpretação dos resultados utilizou-se como parâmetros os valores definidos por Dancey e Reidy (2017) (Figura 28), considerando que eles variam de +1 a -1, indicando uma perfeita correlação positiva (+1) ou negativa (-1) entre os valores.

### **3.4.2 Espacialização dos dados e análise**

A fim de visualizar a espacialização das variáveis na cidade de Rolândia, escolheu-se usar a estimativa de Kernel. Esta técnica, ao considerar os dados como pontos, cria uma área de influência em volta dos mesmos e, por meio de interpolação, mostra a aglomeração dos pontos e uma distribuição espacial dos dados em relação à área (MINISTÉRIO DA SAÚDE; FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2007).

Algumas das variáveis do índice de caminhabilidade (taxa de ocupação comercial, lotes residenciais e intersecções) foram transformadas em pontos e foi aplicada a estimativa de Kernel.

## 4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados, a partir do uso da ferramenta para a criação de áreas - Districting ESRI, a partir dos critérios de contiguidade espacial, compacidade, homogeneidade interna e equidade populacional.

Foram definidas sete estratégias de delimitação de áreas para avaliação da caminhabilidade. O método escolhido foi o agrupamento de áreas menores, parcelas mínimas, em regiões que atendessem aos critérios, de maneira semiautomática no uso da extensão Districting para o ArcGIS 10.6.

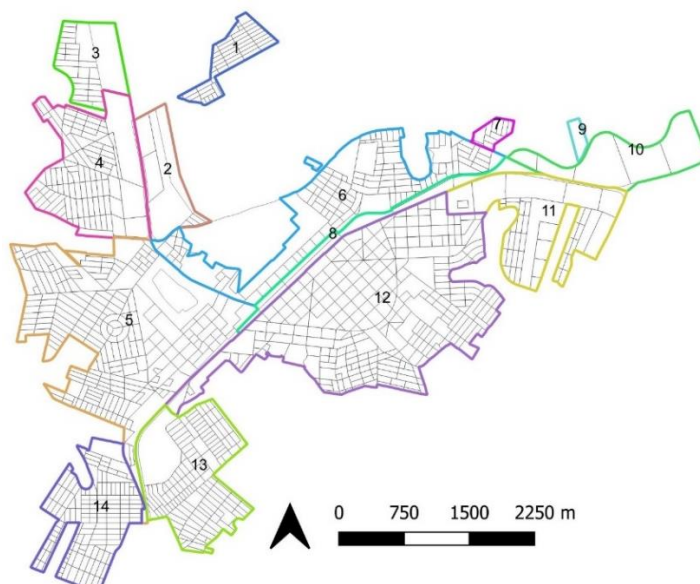
O índice de caminhabilidade foi aplicado em oito diferentes áreas de agregação:

- a) Estratégia 1: Macrozonas definidas a partir dos limites físicos;
- b) Estratégia 2: Áreas com dimensões semelhantes (400m);
- c) Estratégia 3: Áreas com dimensões semelhantes (750m);
- d) Estratégia 4: Áreas com valor venal similar;
- e) Estratégia 5: Áreas com forma urbana semelhante;
- f) Estratégia 6: Áreas com valores de integração similares;
- g) Estratégia 7: Áreas com valores de integração e escolha similares;
- h) Setores Censitários;

### 4.1 UNIDADES ESPACIAIS CRIADAS PARA AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE

#### a) Estratégia 1: Macrozonas definidas a partir dos limites físicos

**Figura 29 – Estratégia 1 - Macrozonas a partir dos elementos físicos**



Fonte: A autora (2019)

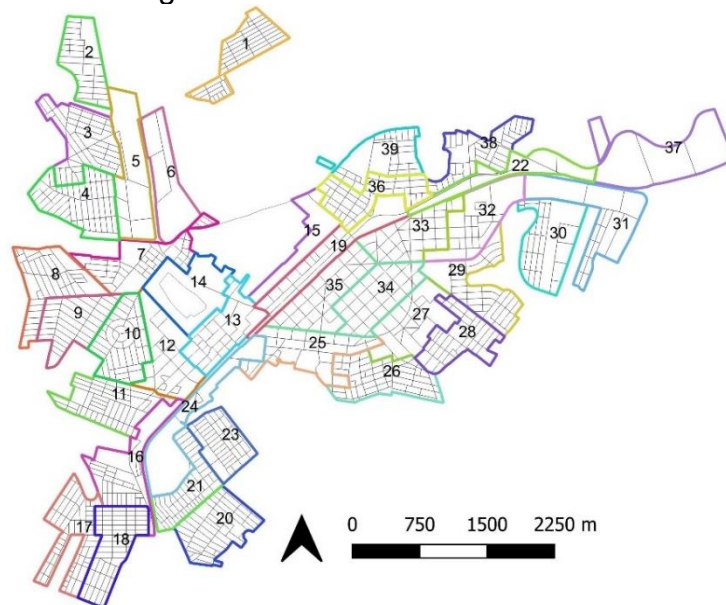
As primeiras unidades criadas foram as macrozonas a partir de limites físicos. As 1126 parcelas mínimas foram agrupadas em 14 áreas de tamanhos e população diferentes (Figura 29).

A cidade foi dividida considerando os locais isolados, separados por barreiras físicas como rodovias, ferrovia e fundos de vale. Estas macrozonas foram base para as demais divisões de área.

### **b) Estratégia 2: Áreas com dimensões semelhantes (400m)**

Para criação desta delimitação, 1126 parcelas mínimas foram agrupadas em 39 unidades espaciais (Figura 30). Como o critério estabelecido para delimitação das áreas foi o tamanho, o desvio padrão apresentado entre as dimensões das unidades espaciais foi de 0,3% (5.6963,04 m<sup>2</sup>). O tamanho médio das unidades foi de 469.288,57 m<sup>2</sup>, valor próximo ao estipulado de 491.751 m<sup>2</sup>.

**Figura 30** – Estratégia 2 - Áreas com dimensões semelhantes (400m)

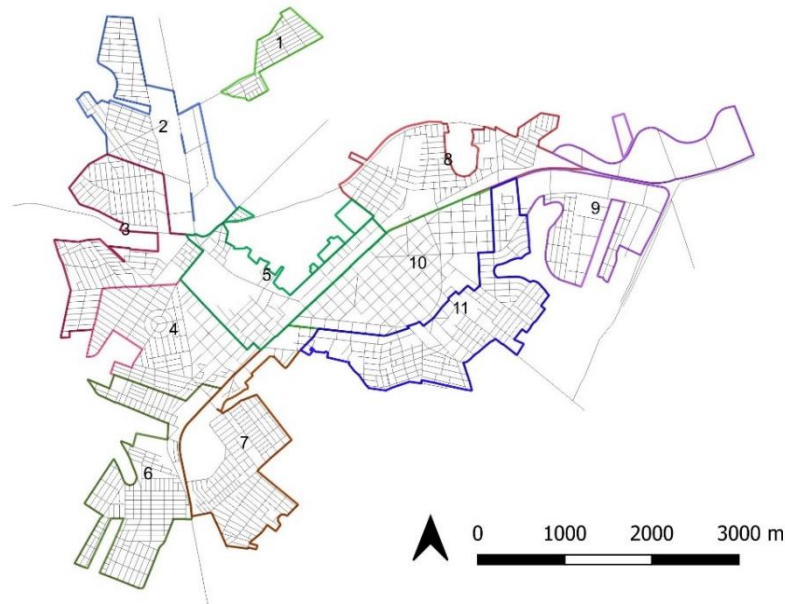


Fonte: A autora (2019)

### **c) Estratégia 3: Áreas com dimensões semelhantes (750m)**

Esta estratégia agrupou 1126 parcelas mínimas em 11 unidades espaciais (Figura 31). A homogeneidade das unidades em relação ao tamanho (m<sup>2</sup>) resultou em dimensões aproximadas, com valores de desvio padrão de 462.975,9 m<sup>2</sup>. Ao final, o tamanho médio das unidades foi de 1.652.029 m<sup>2</sup>, aproximando-se do tamanho alvo estabelecido de 1.767.144,38 m<sup>2</sup>.

**Figura 31 – Estratégia 3 - Áreas com dimensões semelhantes (750m)**

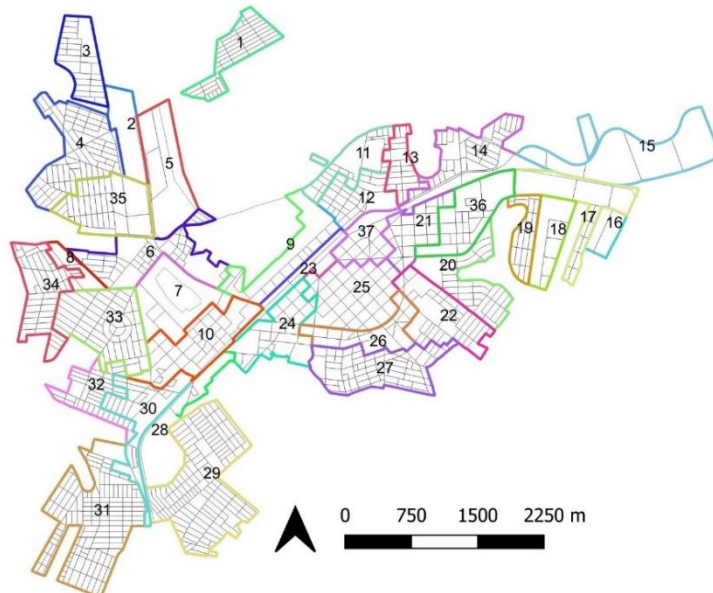


Fonte: A autora (2019)

**d) Estratégia 4: Áreas com valor venal similar**

Nesta solução, 1126 parcelas mínimas foram agrupadas em 37 unidades espaciais (Figura 32). As unidades contêm valores semelhantes em relação ao preço do solo e imóveis urbanos. O coeficiente de variação entre as médias de valor venal das 37 unidades espaciais foi de 49,9%, considerado um valor alto, mostrando uma heterogeneidade entre as áreas, indicado como positivo por Flowerdew et al. (2008).

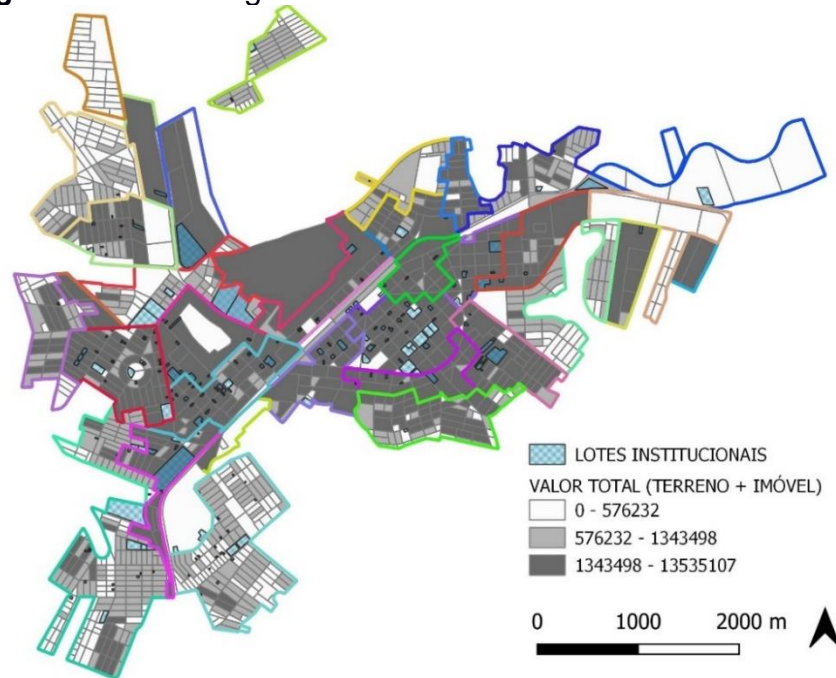
**Figura 32 – Estratégia 4 - Áreas com valor venal similar**



Fonte: A autora (2019)

Espaços públicos e institucionais, que não continham valor venal, foram identificados e agrupados nas áreas que possuíam valores e eram próximas a esses locais. Áreas não ocupadas também não possuíam valores venais, assim estas foram agrupadas junto às áreas adjacentes. Ambas situações estão representadas na imagem a seguir (Figura 33).

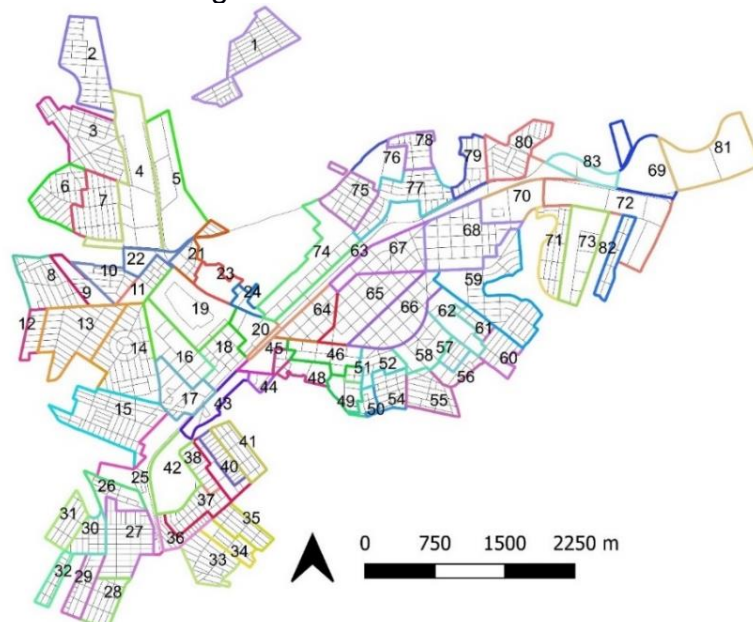
**Figura 33 – Estratégia 4 - lotes institucionais e valor venal**



Fonte: A autora (2020)

#### e) Estratégia 5: Áreas com forma urbana semelhante

**Figura 34 – Estratégia 5 – Áreas com forma urbana semelhante**



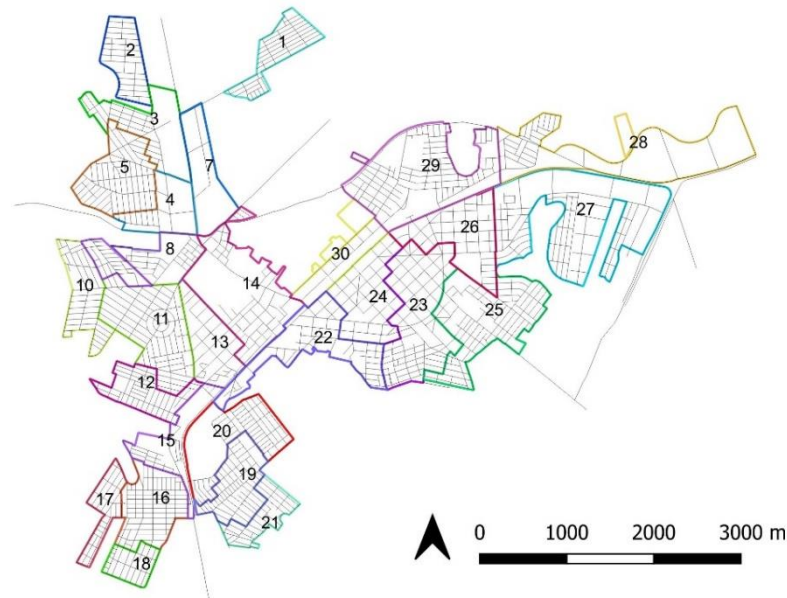
Fonte: A autora (2019)

As 1126 parcelas mínimas foram agrupadas em 83 unidades espaciais que são homogêneas internamente em relação à forma urbana. Estas unidades variam em relação a sua dimensão, uma vez que tem como critério englobar apenas características e padrões morfológicos semelhantes (Figura 34).

#### f) Estratégia 6: Áreas com valores de integração similares

O resultado desta estratégia foi a criação de 28 unidades espaciais que agregam valores de integração semelhantes (Figura 35).

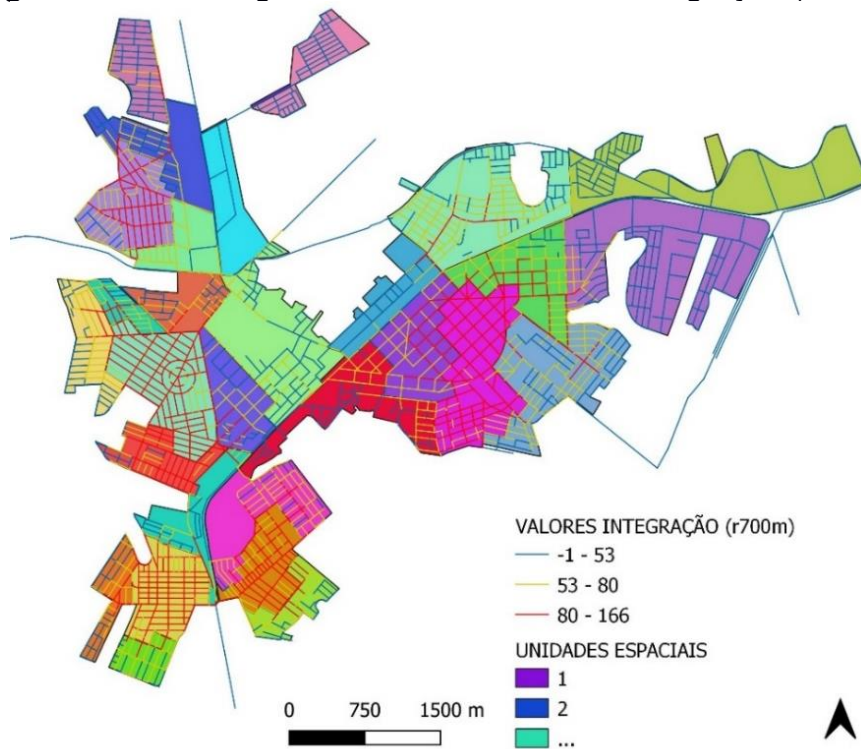
**Figura 35 – Estratégia 6 – Áreas com valores de integração similares**



Fonte: A autora (2019)

Os valores de integração, agrupados visualmente, possuem variação entre as unidades espaciais, com desvio padrão de 23,2. Internamente, ao calcular o desvio padrão entre os valores das parcelas mínimas agrupadas, possuem uma média de valores de dispersão encontrada é de 6,34, ou seja, pode-se afirmar que possuem homogeneidade interna e heterogeneidade entre as unidades. As áreas agruparam os valores de integração de forma mais semelhante possível, a fim de conter homogeneidade em relação à essa variável (Figura 36).

**Figura 36 – Estratégia 6 – Áreas e valores de integração (r700m)**



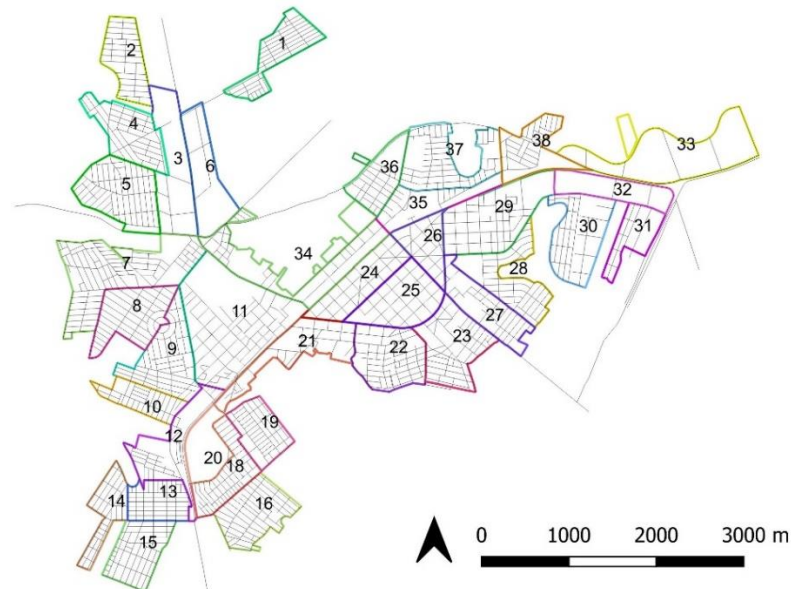
Fonte: A autora (2019)

**g) Estratégia 7: Áreas com valores de integração e escolha similares;**

As 1126 parcelas mínimas foram agrupadas em 37 unidades espaciais (

Figura 37) com tamanho médio das unidades de 649.011 m<sup>2</sup>.

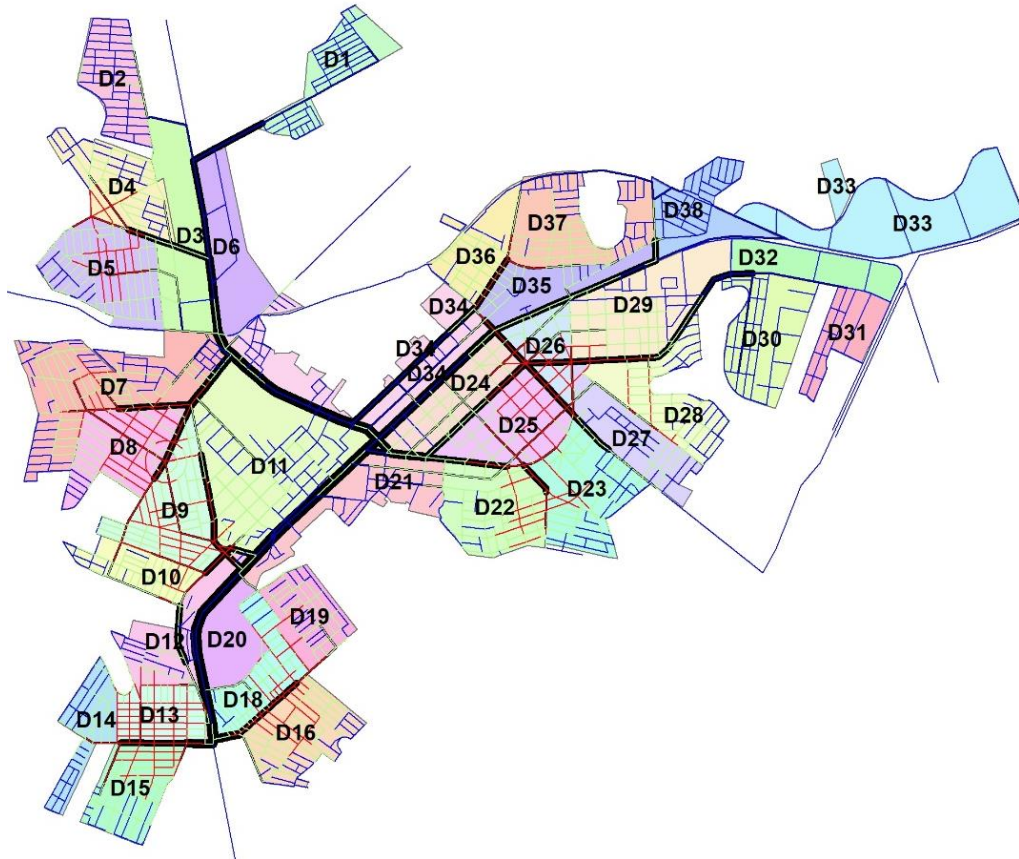
**Figura 37 – Estratégia 7 – Áreas com valores de integração e escolha similares**



Fonte: A autora (2019)

Esta estratégia agrupou áreas com valores de integração (r700m) semelhantes e utilizou como limites as vias com maior valor de escolha. Na Figura 38, é possível visualizar o processo de divisão das áreas. As unidades tiveram as vias de maior escolha como limites e internamente concentraram valores de integração (r700m) - dividida em tercil - semelhantes.

**Figura 38 – Estratégia – Áreas e valores de integração (r700m) e escolha**



Fonte: A autora (2019)

#### 4.1.1 Comparação entre as unidades de área criadas

Dentre as estratégias, houve maior variação de área em relação às dimensões das unidades das macrozonas a partir de limites físicos, visto que a presença de conjuntos habitacionais isolados da malha urbana; a existência de duas rodovias na cidade (PR-170 e PR-323), a definição de dois centros urbanos, e as áreas de preservação ambiental, fragmentam a área urbana na definição de 14 unidades espaciais distintas. Assim, se considerarmos o tamanho de delimitação das áreas, consequentemente a estratégia que possuiu menor variação (Tabela 1) foi aquela que definiu como critério a dimensão das unidades próxima a área de 400m, agrupando a cidade em 39 unidades espaciais.

**Tabela 1 – Estatísticas descritivas – Comparação entre as estratégias criadas e os setores censitários**

Estratégia:	Qtd	Área (m <sup>2</sup> )				Compacidade (P <sup>2</sup> /A)			
		Min	Máx	Média	Desvio Padrão	Min	Máx	Média	Desvio Padrão
<b>E1 - Macro</b>	14	61514,6	4.295.337,5	1.522.803	997.567,3	18,23	162,5	45,45	20,18
<b>E2 - 400m</b>	39	285054,2	790.615,3	469.288,5	56.963,0	17,29	97,4	36,31	11,9
<b>E3 - 750m</b>	11	360886,6	2.292.614	1.652.030,0	485.573,3	22,92	99,1	57,28	24,25
<b>E4 - Valor Venal</b>	37	132987,4	1.207.362,1	505.042,9	179.713,6	17,26	84,3	39,08	12,89
<b>E5 - Forma urbana</b>	83	31203,4	627.157,1	224.541,6	120.335,6	16,06	159,8	28,75	8,61
<b>E6 - Integração</b>	28	216337,1	1.616.262	649.011,6	340.825,7	18,83	90,4	37,41	17,26
<b>E7 - CH + Integração</b>	37	266129,5	1.238.874	491.143,9	205.536,3	15,08	130,2	31,5	19,66
<b>Setores Censitários</b>	72	24741,8	36.607.279,6	1.474.583	5.424.499,0	15,74	53,93	24,9	8,73

Fonte: A autora (2019)

Em relação a compacidade nas áreas criadas, a menor média de P<sup>2</sup>/A foi atingida pela estratégia E5 - de áreas morfologicamente semelhantes que também possuiu a menor variação entre os valores com desvio padrão de 8,61. No entanto, o valor de compacidade dos setores censitários ainda foi menor que qualquer uma das outras estratégias criadas. As unidades espaciais com tamanhos próximos à área 750m (E3), por sua vez, tiveram os piores valores de compacidade, indicando unidades de formatos não compactos e muitas vezes dispersos, e isso mostrou também a heterogeneidade entre as áreas com valores superiores de desvio padrão.

#### 4.2 APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CAMINHABILIDADE

A aplicação do índice de caminhabilidade foi realizada para as oito diferentes configurações de áreas: sete áreas criadas a partir das estratégias e nos setores censitários, como calculado originalmente por Frank (2010). Os resultados da avaliação foram apresentados em quintis de: baixa, média-baixa, média, média-alta e alta caminhabilidade.

##### 4.2.1 Aplicação do índice de caminhabilidade pelas estratégias de delimitação de áreas

###### a) Estratégia 1: Macrozonas definidas a partir dos limites físicos

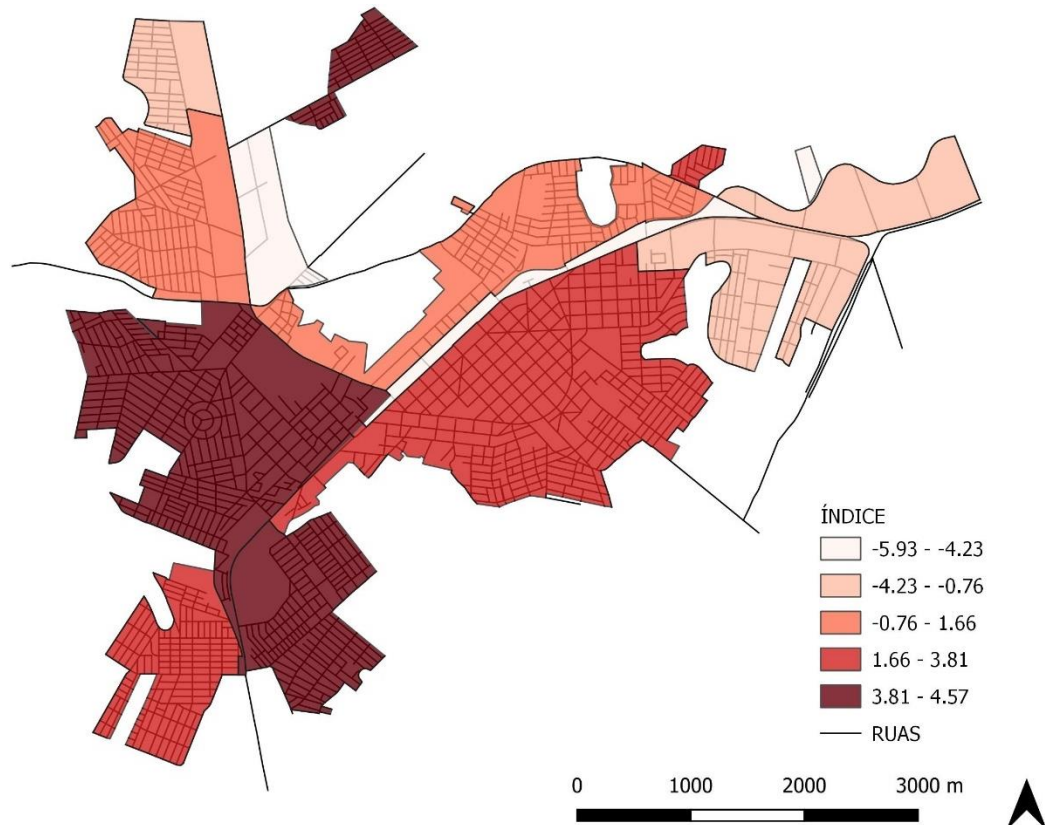
A delimitação das macrozonas foi subsídio para definição das novas unidades espaciais, considerando os limites físicos existentes na cidade. Foram extraídas do cálculo do índice de caminhabilidade as áreas não parceladas da cidade.

Deste modo, o índice de caminhabilidade aplicado às 14 macrozonas (Figura 39) apresentou a menor variação e amplitude (10,5) entre os quintis. O maior

valor apresentado para alta caminhabilidade foi de 4,57, enquanto o menor valor para baixa caminhabilidade foi de -5,93.

Os valores de alta caminhabilidade encontram-se no subcentro criado a partir da expansão da cidade e em conjuntos habitacionais com alta densidade habitacional e de intersecções, agregados à presença de uso misto do solo.

**Figura 39** – Índice de caminhabilidade – Estratégia 1 - macrozonas a partir de limites físicos



Fonte: A autora (2019)

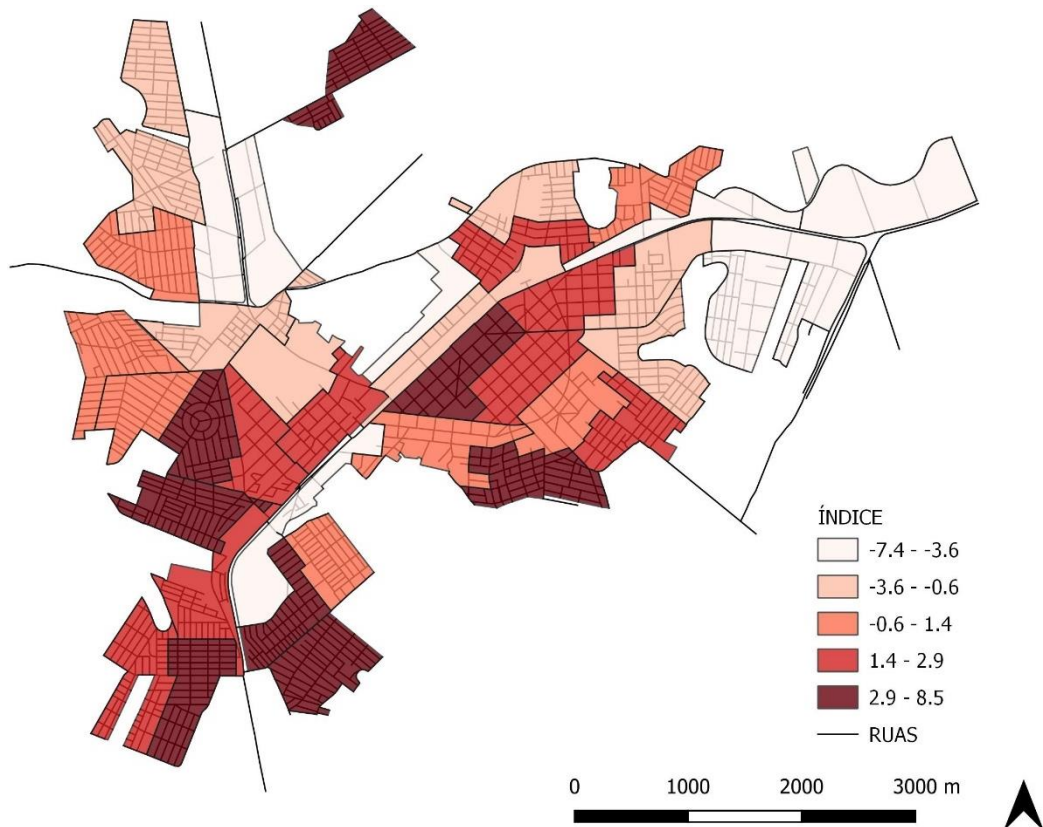
Na sequência, os valores de média-alta caminhabilidade (1,66 a 3,81) foram definidos em áreas completamente distintas: uma área de habitação de interesse social, localizada ao sul da cidade, e no centro histórico de Rolândia. Locais com média caminhabilidade possuem alta densidade residencial e de intersecções, no entanto são locais com pouca diversidade de uso do solo. As áreas com caminhabilidade média-baixa (-4,23 a -0,76) indicam locais adjacentes às rodovias com baixa densidade residencial e com uso do solo, em sua maioria, voltado à prestação de serviços, indicando pouca mistura de usos. Já os valores mais baixos (-5,93 a -4,23) foram identificados no eixo ao longo da ferrovia e em áreas, ainda em consolidação, com a presença de baixa densidade residencial.

## b) Estratégia 2: Áreas com dimensões semelhantes (400m)

Na estratégia 2 a partir de áreas de dimensões semelhantes, relacionadas a 400m, as áreas criadas apresentaram valores de maior variação e amplitude de 15,9 entre o menor e o maior valor apresentado (Figura 40).

Nos locais com valores de alta caminhabilidade, foram agrupados valores de 2,9 a 8,5. Estes valores correspondem a áreas como os principais eixos comerciais da cidade, indicando a atuação maior dos valores de taxa de ocupação comercial e uso misto do solo, associados à alta densidade residencial e de intersecções dessas áreas. Locais com alta densidade residencial e de intersecções também apresentaram valores altos, como os conjuntos habitacionais periféricos.

**Figura 40** – Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com tamanhos semelhantes 400m



Fonte: A autora (2019)

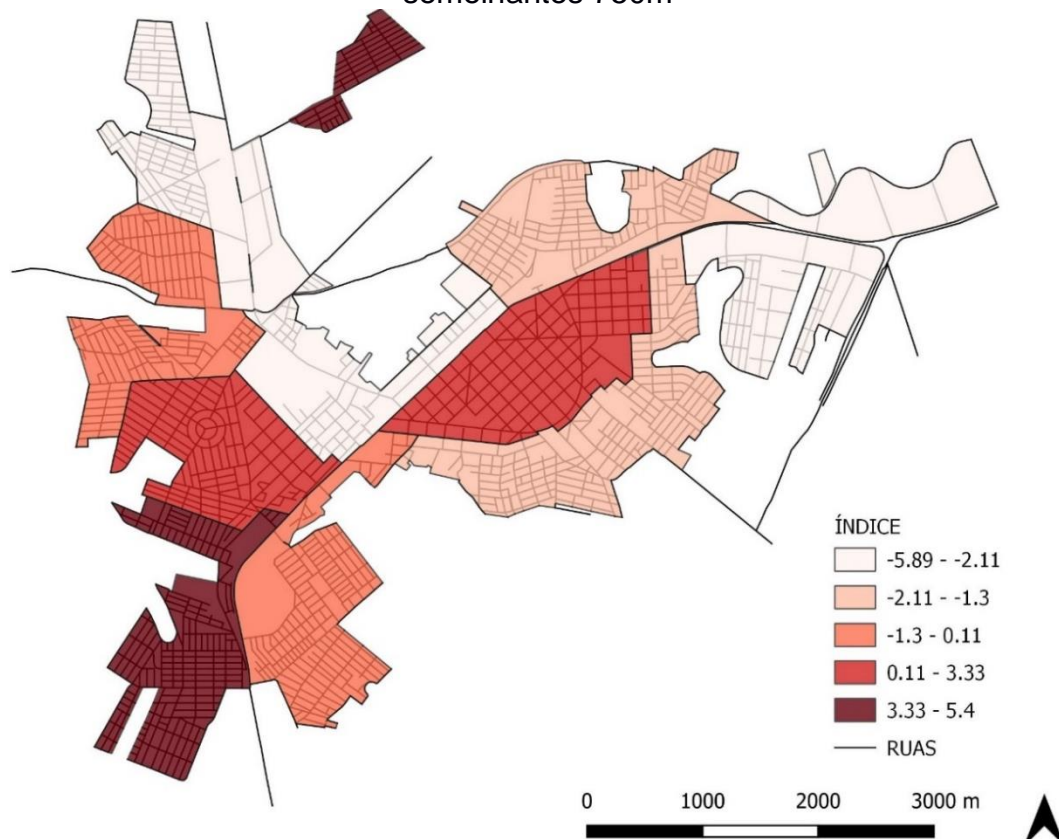
Na sucessão dos resultados, os valores de média-alta caminhabilidade (1,4 a -2,9), embora possuam locais de uso misto e com alta densidade residencial e de intersecções, apresentam uma menor quantidade de lotes de uso comercial. Os valores de média caminhabilidade, por sua vez, (-0,6 a 1,4) estão presentes em locais mais periféricos, com alta densidade residencial e de intersecções, mas com menor presença de uso misto e de lotes comerciais. Os locais

caracterizados com valores de baixa e média-baixa caminhabilidade apresentam áreas mono funcionais com baixa densidade residencial.

### c) Estratégia 3: Áreas com dimensões semelhantes (750m)

Os resultados da aplicação do índice de caminhabilidade nas áreas criadas por esta estratégia (Figura 41) variaram de -5,89 para o valor mais baixo até 5,4 como o valor mais alto, resultando na amplitude de 11,29.

**Figura 41** – Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com tamanhos semelhantes 750m



Fonte: A autora (2019)

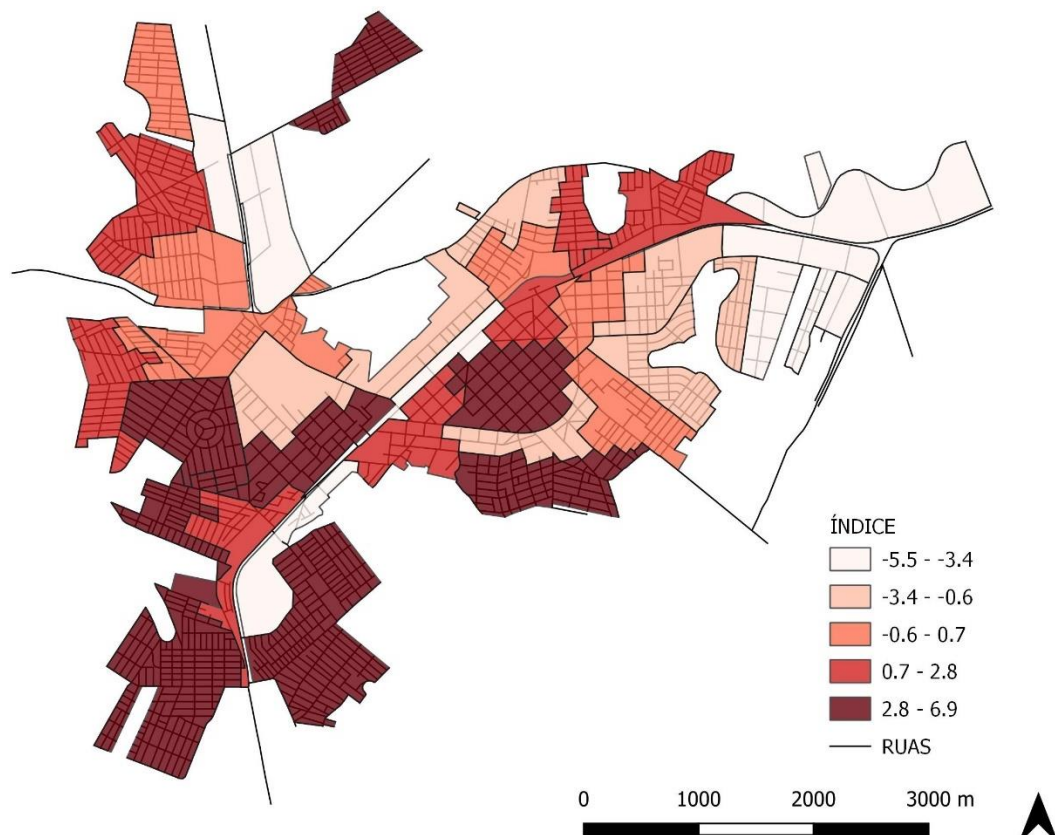
As áreas com valores de alta caminhabilidade são áreas de conjuntos habitacionais, distantes do centro da cidade. Os valores de média e média baixa caminhabilidade estão presentes em locais periféricos da cidade, basicamente áreas parceladas recentes para unidades residenciais. Portanto, por não estarem totalmente ocupadas, apresentam uma baixa densidade residencial e poucas unidades comerciais isoladas. Já os valores de baixa caminhabilidade encontram-se em locais com pouca densidade residencial, usos monofuncionais e quarteirões de grandes dimensões (Figura 41). Estão em áreas que possuem alta densidade residencial e de intersecções. Os valores de média alta caminhabilidade, por sua vez, encontram-se

nos centros: histórico e novo, locais com maior presença de edificações comerciais e uso misto.

#### d) Estratégia 4: Áreas com valor venal similar

Os valores do índice de caminhabilidade calculados por áreas com valor venal semelhante variaram de -5,5 a 6,9, com amplitude de 12,4 nos quintis. Áreas com alta caminhabilidade incluíram áreas de valores venais totalmente opostos como o centro principal (histórico) e o secundário (área de expansão) assim como áreas periféricas (Figura 42). Este resultado vai contra a premissa de que áreas com maior valor venal seriam mais caminháveis. Neste caso acredita-se que isso tenha ocorrido por conta da alta densidade de intersecções e densidade residencial encontradas nos locais não centrais.

**Figura 42** – Índice de caminhabilidade – unidades espaciais com valor venal semelhante



Fonte: A autora (2019)

Na sequência, áreas de média e média-baixa caminhabilidade, apesar de altos valores de densidade de intersecções, apresentaram áreas com baixa densidade residencial com pouca mistura de usos. Já os valores mais baixos foram

identificados nas extremidades da cidade e incluem locais com pouca densidade residencial e em processo de urbanização, geralmente destinados à indústria e prestação de serviços.

#### e) Estratégia 5: Áreas com forma urbana semelhante

O índice de caminhabilidade aplicado às áreas com forma urbana semelhantes obteve valor mínimo de baixa caminhabilidade de -6,4 e valor máximo de alta caminhabilidade de 7,8, totalizando uma amplitude de 14,2 entre os valores.

**Figura 43** – Índice de caminhabilidade – forma urbana semelhante



Fonte: A autora (2019)

A alta caminhabilidade encontra-se em locais que englobam os eixos comerciais da cidade, além de uma diversidade de usos do solo, alta densidade residencial e de intersecções os quais combinados atingem valores entre 2,6 e 7,8 no quintil. Também está contida em conjuntos habitacionais nos extremos da cidade, mostrando a influência dos valores da densidade de intersecções e de densidade residencial no cálculo (Figura 43).

Em relação aos valores de média-baixa caminhabilidade pode-se perceber a presença de usos do solo distribuídos em uma só categoria, e apesar de

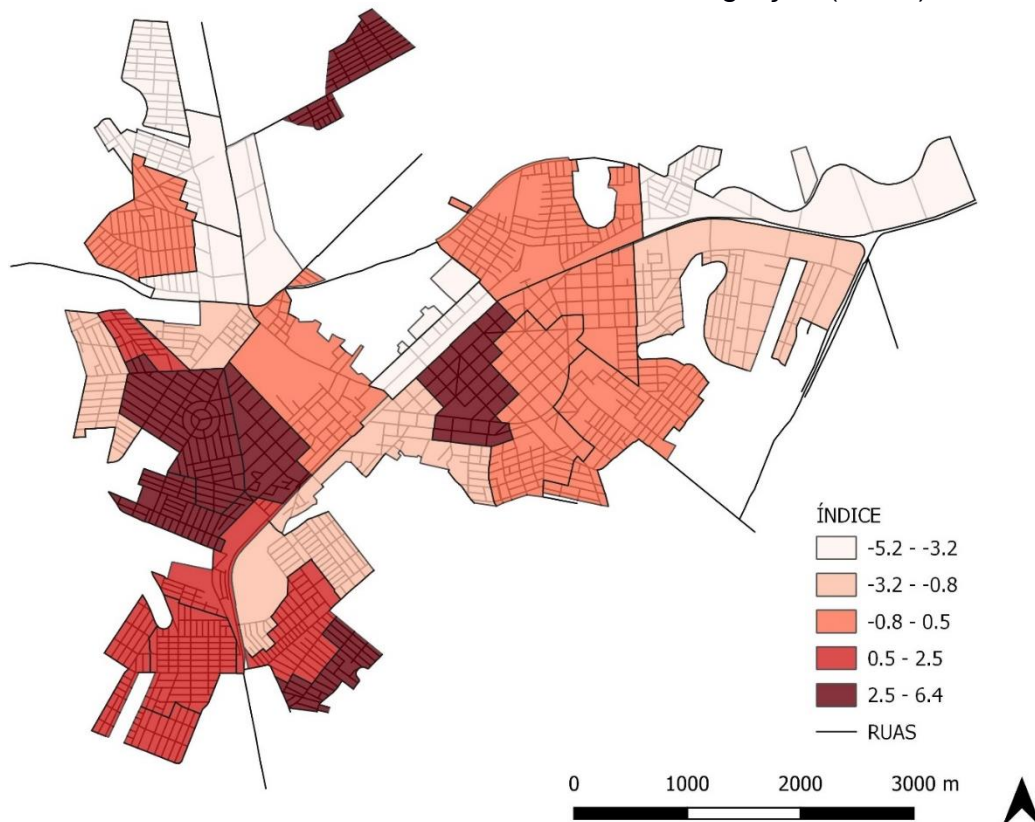
apresentarem alta densidade de intersecções são áreas de expansão e em processo de consolidação com baixa densidade residencial.

As áreas avaliadas como menos caminháveis são locais monofuncionais, ao longo das rodovias, que em algumas áreas englobam usos de prestação de serviço como indústrias, caracterizadas por seus grandes lotes, e outras delimitam conjuntos habitacionais exclusivamente residenciais. Em síntese, são áreas de expansão de pouca densidade residencial, de vazios urbanos e de grande concentração de serviços.

#### f) Estratégia 6: Áreas com valores de integração similares

Nas áreas com valores de integração semelhantes os valores do índice de caminhabilidade variaram de -3,2 a 6,4 totalizando uma amplitude nos valores de 11,6.

**Figura 44** – Índice de caminhabilidade – valores de integração (700m) semelhantes



Fonte: A autora (2019)

As áreas com maior valor de caminhabilidade (2,5 a 6,4) se localizam em ambos os centros – histórico e novo centro – e em duas áreas periféricas (Figura 44). Estes locais variam entre duas características distintas: a primeira com áreas de altos valores de uso misto e presença de comércio (áreas centrais) e, a segunda de

áreas monofuncionais com alta densidade residencial e de intersecções (áreas periféricas – empreendimentos de habitação de interesse social). Porém, são locais que variam de acordo com os valores de integração, sendo espaços com perfis totalmente distintos, onde as áreas centrais são locais integrados e áreas periféricas possuem valores baixos de integração.

Os valores de média-alta caminhabilidade encontram-se em áreas periféricas, com alta densidade residencial e de intersecções. Enquanto áreas com alta densidade de intersecções, mas com baixa densidade residencial, apresentam valores de média caminhabilidade.

Os valores de média-baixa e baixa caminhabilidade estão em locais com baixa densidade residencial, de pouca ocupação, usos monofuncionais e baixa densidade de intersecções. Sendo estas áreas periféricas, próximas às rodovias com parcelamento destinado, em sua maioria, a terrenos para prestação de serviços e indústrias, também sendo estes locais segregados na malha urbana e com baixos valores de integração.

#### **g) Estratégia 7: Áreas com valores de integração e escolha similares**

O índice de caminhabilidade calculado para as áreas da Estratégia 7 (Figura 45) mostrou valores que variaram de -6,1 a 7, com uma amplitude de 13,1 entre os valores.

Os valores mais altos (3 a 7) foram encontrados em áreas com alto valor de integração (r700m) e de escolha. Os locais apresentam alta densidade de intersecções, no entanto se diferem em relação à presença de comércio, aos valores de entropia e à densidade residencial. Áreas centrais, em relação à cidade ou a regiões, dispõem de usos variados, e maior presença de comércio enquanto áreas periféricas, monofuncionais, contêm quarteirões menores, levando à uma alta densidade de intersecções e possuem alta densidade residencial.

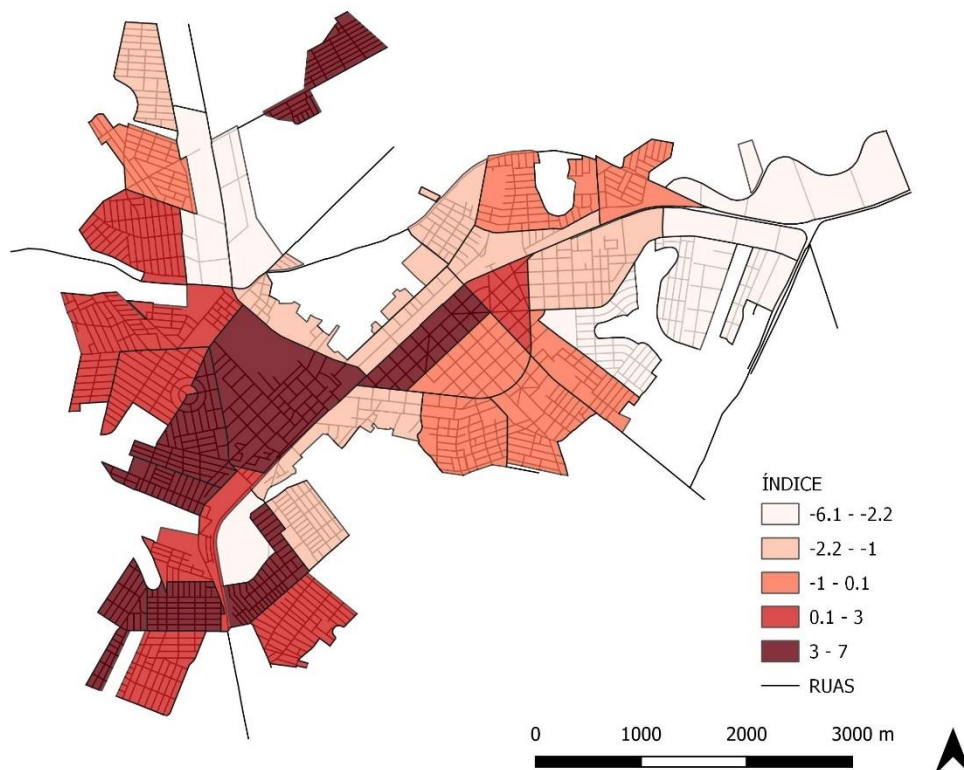
As áreas com valores de média alta caminhabilidade (0,1 a 3) se encontram próximas às áreas com alta caminhabilidade, mas estando menos próximas das áreas centrais. São áreas que possuem alta densidade de intersecções, presença de usos mistos, em menor escala e alta densidade residencial.

Locais de média caminhabilidade (-1 a 0,1) encontram-se em áreas distintas. Áreas predominantemente residenciais próximas à periferia com alta densidade de intersecções e em áreas próximas ao centro histórico da cidade.

Os valores de baixa-média caminhabilidade (-2,2 a -1) se encontram em locais periféricos de baixa densidade residencial e baixa densidade de intersecções, contando com valores de integração e escola também baixos.

E, por fim, os valores de baixa caminhabilidade estão em áreas com baixa densidade residencial, de pouca ocupação e de usos monofuncionais voltados à prestação de serviços (cemitério e áreas industriais), também possuindo um parcelamento de grandes lotes e grandes quarteirões, assim diminuindo os valores de densidade de intersecções.

**Figura 45** – Índice de caminhabilidade – valores de integração (700m) e escolha semelhantes



Fonte: A autora (2019)

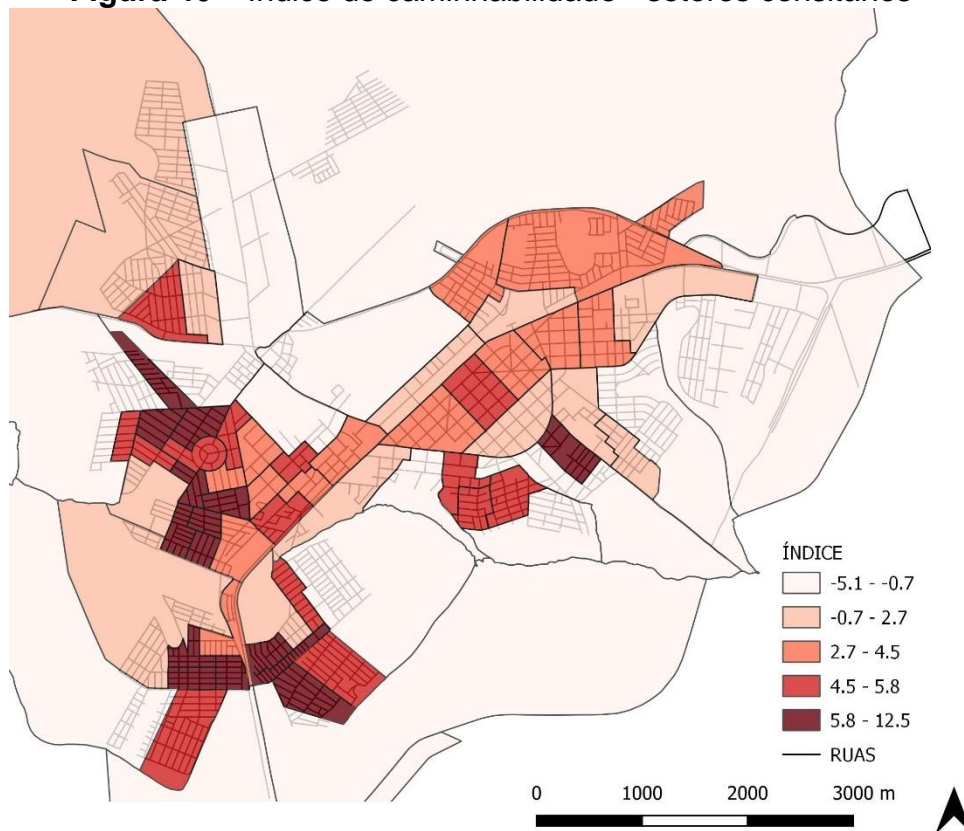
#### 4.2.2 Aplicação do índice de caminhabilidade nos setores censitários

Os valores do índice de caminhabilidade aplicado nos 71 setores censitários apresentaram uma variação de -5,1 a 12,5, mostrando uma amplitude de 17,6, sendo esta a maior variação encontrada entre os resultados.

Setores de alta caminhabilidade foram definidos em áreas mais periféricas da cidade como as áreas de habitação de interesse social de grande densidade residencial e alta densidade de intersecções (Figura 46). Setores que

englobam áreas centrais e que possuem maior variedade de usos tiveram valor de alta-média e média caminhabilidade, estes resultados diferentes das demais estratégias, que possuíam áreas centrais como mais caminháveis.

**Figura 46 – Índice de caminhabilidade - setores censitários**



Fonte: A autora (2019)

No outro extremo, os setores que englobam áreas rurais e/ou não urbanizadas apresentam valores menores, na observação de uma heterogeneidade espacial. Foi observado que a delimitação de alguns setores não respeitaram as barreiras físicas, na incorporação de ferrovia e rodovias. Tal fato, pode afetar o cálculo da caminhabilidade como elemento dificultador do deslocamento ativo assim como a sistematização da densidade de intersecções.

#### 4.2.3 Análise descritiva dos resultados pelas unidades de área

Para verificar os resultados da aplicação do índice de caminhabilidade nas oito unidades espaciais, foram realizadas primeiramente as análises estatísticas descritivas tanto do índice de caminhabilidade quanto de suas variáveis analisadas individualmente (Tabela 2).

**Tabela 2 – Estatísticas descritivas - índice de caminhabilidade e suas variáveis**

		Densidade Residencial	Densidade de Intersecções	Taxa de ocupação comercial	Uso misto do solo	Índice de caminhabilidade
<b>Estratégia 1</b> <b>Macrozonas</b>	min	-0.9981	-1.5021	-0.5857	-1.7064	-5.9349
	max	2.6399	1.3143	2.3715	1.3026	4.5674
	média	-0.0003	-0.0005	-0.0000*	0.0000*	-0.0014
	Desv.padrão	10374	1.0408	1.03774	1.03774	3.8006
	coef,var*	-292155	-186606	-11716520000	62590340	-258710
<b>Estratégia 2</b> <b>400m</b>	min	-1.3695	-1.8548	-0.5998	-2.0430	-7.3943
	max	2.7063	2.3007	4.5194	1.9801	8.5061
	média	-0.0001	0.0099	0.0000	-0.0000*	0.0197
	Desv.padrão	1.0125	1.0092	1.0130	1.0130	3.8747
	coef,var	-541129	10099	41589290000	-270633500	19571
<b>Estratégia 3</b> <b>750m</b>	min	-1.4581	-1.2845	-0.8258	-1.2247	-5.8862
	max	2.4302	2.2458	2.3148	2.2187	5.4011
	média	-0.0003	-0.0000	-0.0000*	0.0000*	-0.0005
	Desv.padrão	1.0487	1.0353	1.0488	1.0488	3.4414
	coef,var	-299237	-1277030	-10488090000	486995300	-671614
<b>Estratégia 4</b> <b>Valor Venal</b>	min	-1.2698	-1.3617	-0.6726	-2.0946	-5.4994
	max	2.8628	2.0012	3.3825	2.6895	6.8744
	média	-0.0003	0.0051	-0.0000*	0.0000*	0.0100
	Desv.padrão	1.0136	1.0072	1.0137	1.0137	3.4125
	coef,var	-318159	19430	-8066746000	228861000	33957
<b>Estratégia 5</b> <b>Forma Urbana</b>	min	-1.4097	-1.3714	-0.4900	-1.8615	-6.3790
	max	2.5249	2.8735	5.6877	3.2860	7.8055
	média	0.0003	-0.0060	0.0000*	-0.0000*	-0.0117
	Desv.padrão	1.0055	1.0103	1	1.00600	3.0374
	coef,var	317732	-16745	2786994000	-76693950	-25847
<b>Estratégia 6</b> <b>Integração</b>	min	-1.5785	-1.3137	-0.7401	-2.4814	-5.2223
	max	2.7829	3.4089	3.4469	3.1402	6.3692
	média	0.0001	-0.0083	0.0000*	-0.0000*	-0.0166
	Desv.padrão	1.0178	1.0265	1.0183	1.0183	3.0989
	coef,var	664872	-12243	5260850000	-51400320	-18647
<b>Estratégia 7</b> <b>Integração + Escolha</b>	min	-1.3482	-1.4235	-0.5295	-2.1117	-6.0584
	max	2.5428	2.7222	3.9382	3.0382	6.9667
	média	-0.0000*	-0.0064	-0.0000*	-0.0000*	-0.0129
	Desv.padrão	1.0139	1.0135	1.0137	1.0137	3.2277
	coef,var	-1301424	-15700	-10083430000	-323839300	-24849
<b>Setores Censitários</b>	min	-1.4381	-1.6464	-2.0842	1.5719	-5.1464
	max	2.1952	3.0357	1.3983	6.7629	12.4639
	média	0.0000*	-0.0000*	-0.0000*	3.1439	3.1439
	Desv.padrão	1	1	1	1	4.1800
	coef,var	7000015000000	-7000003000000	-7000012000000	31.8069	132.9556

Foram utilizadas marcações para a visualização dos valores: **MENOR VALOR** | **MAIOR VALOR**. Fonte: A autora (2019)

Uma observação específica em relação aos valores do coeficiente de variação para as áreas em que a média dos dados é muito próxima a zero deve ser ressaltada. Os valores altos podem ser explicados pelo fato de que a divisão do desvio padrão (1), pela média (aproximadamente 0), multiplicada por 100 para expressar seus valores em porcentagem, torna os valores muito altos.

Os resultados da aplicação mostraram a variação dos dados em relação às aplicações em diferentes unidades espaciais denotando os efeitos de zoneamento e escala do MAUP. O índice de caminhabilidade teve diferentes resultados mínimos e máximos em cada aplicação.

O efeito de zoneamento ficou claro quando a comparação entre as áreas, de diferentes delimitações, mostrou resultados distintos. O efeito de escala também se tornou nítido à medida que o tamanho das unidades influenciou os resultados. Observou-se que estratégias com áreas de maior extensão, como a estratégia 1 de macrozonas e a estratégia 3 (750m), mostraram valores diferentes de estratégias que possuem áreas menores.

Os valores de baixa caminhabilidade, ou valores mínimos do índice, não tiveram tanta variação, ficaram próximos em um intervalo de -5 a -7. Já os valores de alta caminhabilidade tiveram grande variação, indo de 4,56 (estratégia 1) a 12,46 (setores censitários). A média dos valores do índice de caminhabilidade em todas as estratégias criadas foi próxima à 0, enquanto pelos Setores Censitários, a média de valores foi de 3,14, tais valores mostram certa divergência nos resultados.

Acrescenta-se ainda que o valor de alta caminhabilidade para algumas estratégias, 4,56 (estratégia 1 – macrozonas) e 5,40 (estratégia 3 – 750m), foram próximos ao valor de média caminhabilidade apresentado pelos setores censitários. Tal fato demonstra incoerência nos resultados, mas remete a afirmativa de que unidades espaciais de grande extensão tendem a mascarar os resultados e aproximar-se à média. Isso também dá base para discutir a grande variação dos dados e dos resultados quando a aplicação utilizou os setores censitários. Reafirma-se a premissa de que unidades espaciais administrativas e censitárias não possuem critérios de delimitação e composição que possam refletir áreas homogêneas em relação às variáveis do deslocamento a pé.

Para buscar compreender melhor a associação do índice e suas variáveis com o comportamento da caminhada, a validação das estratégias via correlação foi realizada.

#### 4.3 CORRELAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS PARA DEFINIÇÃO DE UNIDADES ESPACIAIS

Para a correlação e validação o índice de caminhabilidade e as variáveis do ambiente construído foram correlacionadas entre si e com os níveis de caminhada (metros) em cada uma das unidades espaciais criadas e nos setores censitários.

Como os dados dos metros caminhados não seguiram distribuição normal, optou-se por utilizar preliminarmente o teste de correlação não-paramétrico de Spearman. Os valores do coeficiente de correlação  $\rho$  serão mostrados na tabela a seguir para comparação entre as áreas e foram calculados para cada estratégia e de cada variável do ambiente construído.

**Tabela 3** – Correlação de *Spearman* – metros caminhados x índice de caminhabilidade

Estratégia / área	Correlação ( $\rho$ )
Estratégia 1 - Macrozonas	0,50
Estratégia 2 - 400m	0,44
Estratégia 3 - 750m	0,24
Estratégia 4 - Valor Venal	0,44
Estratégia 5 - Forma Urbana	0,23
Estratégia 6 - Integração	0,28
Estratégia 7 - Integração + Escolha	0,44
Setores Censitários	0,09

Fonte: A autora (2019)

Os valores mais altos de correlação entre os resultados do índice de caminhabilidade e os metros caminhados foram encontrados com a Estratégia 1 (0,50). No entanto, o valor de correlação das estratégias 2, 4 e 7 foi de 0,44 sendo este muito próximo ao valor do maior coeficiente encontrado.

As Estratégias 3, 5 e 6 possuíram coeficientes de correlação fracos e muito próximos, mostrando pouca associação entre o índice de caminhabilidade calculado por estas estratégias e os níveis de caminhada.

Já a correlação mais baixa encontrada foi de 0,09 quando o cálculo foi realizado via setores censitários, mostrando que não há associação entre os metros caminhados e o índice de caminhabilidade quando calculado por esta unidade de área.

A fim de compreender melhor qual variável do ambiente construído possuiu maior relevância no cálculo do índice de caminhabilidade além das associações com os níveis de caminhada, matrizes de correlação foram calculadas para cada uma das estratégias e as estratégias que tiveram maior correlação serão

apresentadas a seguir em conjunto aos setores censitários, as demais matrizes de correlação estão no APÊNDICE A, deste documento.

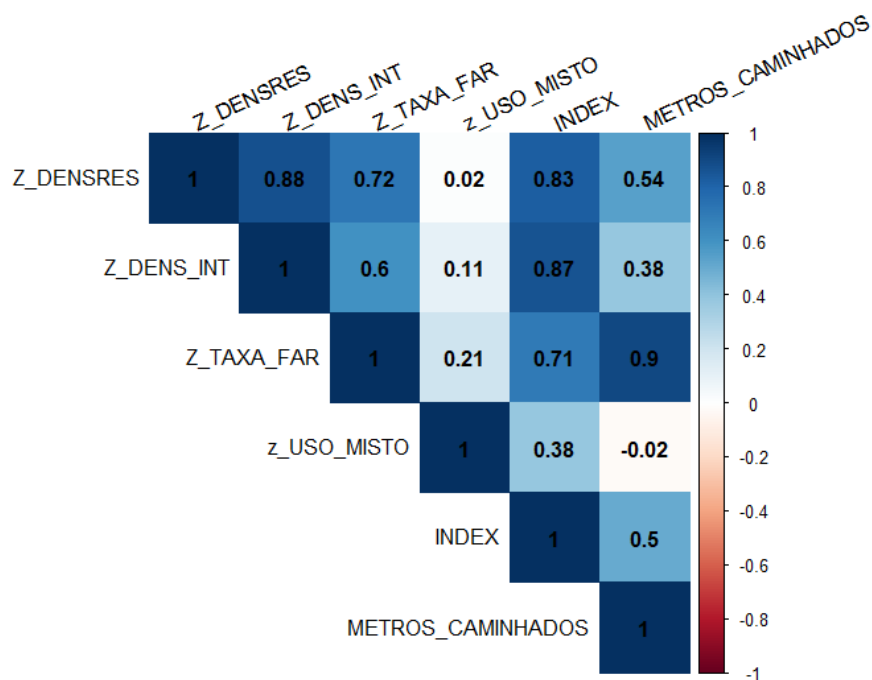
### Estratégia 1 - Macrozonas

No uso das áreas das macrozonas como unidade de agregação de dados, o valor de correlação entre os metros caminhados e o índice de caminhabilidade foi de 0,5 indicando uma correlação moderada.

No cotejamento das variáveis individuais com os metros caminhados notou-se que a taxa de proporção comercial (Z\_TAXA\_FAR) possui forte associação (0,9) com os metros caminhados (Figura 47). Infere-se que as extensões maiores das macrozonas incorporam as extremidades de dois parâmetros: menor e maior valores de metros caminhados assim como maior e menor concentração de lotes comerciais.

As variáveis de densidade de intersecções e densidade residencial tiveram valores de 0,54 e 0,38 em relação aos metros caminhados, respectivamente. Mostrando que há uma associação moderada em relação à quantidade de residências de cruzamentos com a quantidade de metros caminhados. A associação mostra que os níveis mais altos de caminhada podem estar em locais com alta densidade residencial e de intersecções, mas que isso não ocorre sempre. Existem áreas com altos valores dessas variáveis que não possuem rotas caminhadas.

**Figura 47** – Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 1 - Macrozonas



Fonte: A autora (2019)

Os valores de correlação entre uso misto do solo e os metros caminhados, no entanto, foram baixos, negativos e próximos a zero, o que indica que, nesta escala de delimitação de agregação, o uso misto do solo pouco influenciou os deslocamentos a pé. Assim como mostrado por Clark e Scott (2014) ao modelar a relação entre o transporte ativo, índice de caminhabilidade e índice de entropia em buffers de 200 a 1600 metros, os valores de entropia estiveram relacionados a um decréscimo na propensão das pessoas para utilização do transporte ativo proporcionalmente inverso ao aumento da dimensão das áreas.

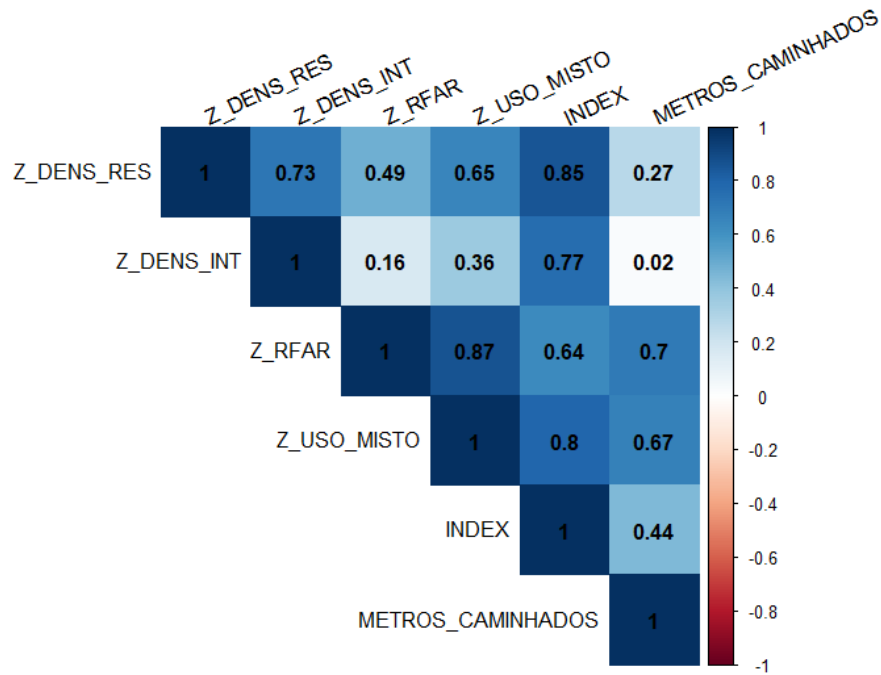
Em relação ao índice de caminhabilidade duas variáveis fortemente correlacionadas entre si (0,88) foram identificadas - densidade de intersecções e residencial. Ambas, isoladamente apresentam forte correlação de densidade de intersecções (0,87) e densidade residencial (0,83) com os valores do índice de caminhabilidade. A taxa de proporção comercial também indicou uma forte associação positiva para com os valores do índice. A partir disso, observou-se que os valores do índice de caminhabilidade tiveram grande influência dessas três variáveis em sua composição.

### **Estratégia 2 - 400m**

A correlação entre o índice de caminhabilidade e os metros caminhados apresentou o coeficiente de 0,44 nesta estratégia. Os valores entre o uso misto do solo e taxa de proporção comercial (Z\_RFAR) também apresentaram valores de correlação forte com os metros caminhados, sendo eles 0,67 e 0,7 respectivamente. Isso mostrou que, locais com maiores valores de uso misto e de taxa de ocupação comercial também eram locais com maiores níveis de caminhada e vice e versa (Figura 48).

A densidade residencial e a densidade de intersecções, identificadas como maiores valores na estratégia anterior, não apresentaram valores que permitam afirmar uma correlação entre essas variáveis e os metros caminhados. Preliminarmente infere-se que, no processo de delimitação de áreas de tamanhos semelhantes, locais como empreendimentos de habitação social recentes são monofuncionais, distantes da disponibilidade de serviços e comércios, fatores que possibilitaram uma redução na composição da densidade residencial e de intersecções que possivelmente não incentivaram o número de deslocamentos internos.

**Figura 48** – Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 2 – 400m



Fonte: A autora (2019)

Em relação ao índice de caminhabilidade, todas as variáveis tiveram influência no resultado do cálculo, uma vez que todas elas possuem valores moderados e/ou fortes quando associados ao índice.

Pode-se perceber que entre as variáveis, a relação entre a densidade de intersecções e a densidade residencial é alta, mostrando que, possivelmente, locais com mais cruzamentos possuem mais residências e vice e versa. A taxa de ocupação comercial por sua vez esteve altamente relacionada (0,87) com o uso misto do solo, mostrando que locais com maior incidência de comércio também são locais com a maior diversidade de usos.

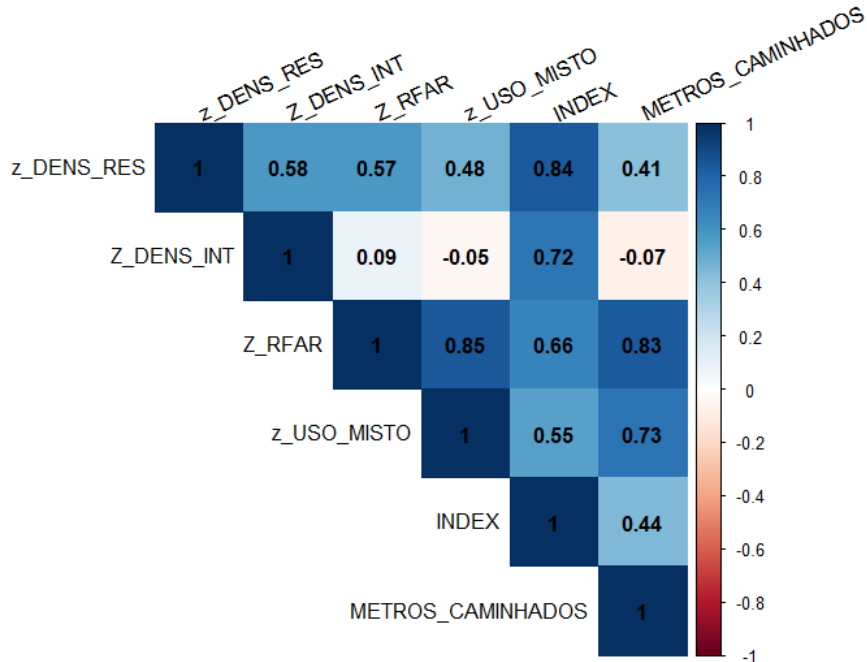
#### **Estratégia 4 - Valor Venal**

Os valores de correlação entre os metros caminhados e o índice de caminhabilidade, na área definida a partir de valor venal semelhante, obtiveram a segunda relação mais forte com valor de 0,44. Tem-se como inferência que as áreas delimitadas por esta estratégia possam ter interpretado com mais eficácia a composição das variáveis vinculadas a maior qualidade do espaço urbano para a caminhada.

Os valores de taxa de ocupação comercial (R\_FAR) (0,83) e o uso misto do solo (0,73), tiveram valores de correlação forte para com os níveis de

caminhada, mostrando que, como em outras áreas, locais com maior presença de comércio de uso misto do solo atraem mais caminhada (Figura 49).

**Figura 49** – Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Estratégia 4 – Valor Venal



Fonte: A autora (2019)

Com referência ao índice de caminhabilidade, as variáveis do ambiente construído de densidade residencial, densidade de intersecções e a taxa de proporção comercial (retail FAR) tiveram correlações fortes de 0,84; 0,72 e 0,66 respectivamente, demonstrando que as áreas de renda similares com essas características espaciais, foram significativas para o cálculo do índice de caminhabilidade. Entre si, as variáveis que tiveram alta correlação foram o uso misto do solo e a taxa de ocupação comercial (RFAR) com um valor de 0,85, mostrando que locais que possuem comércio tendem a estar associados à presença de uso misto do solo.

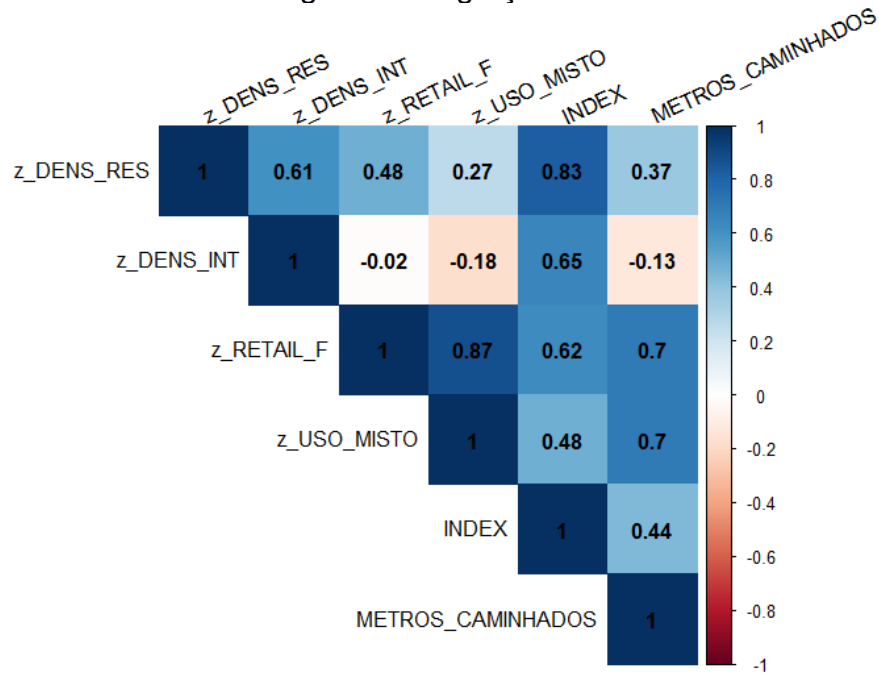
### **Estratégia 7 - Integração + Escolha**

A correlação entre os metros caminhados e o índice de caminhabilidade foi moderada, mostrando um valor de 0,44.

Ao analisar separadamente as variáveis (Figura 50), o uso misto do solo e a taxa de ocupação comercial tiveram valores de correlação fortes (0,7) em relação aos metros caminhados, mostrando, como em outras estratégias, que as áreas mais caminhadas estão associadas à presença de comércio e de uso misto. A densidade residencial teve uma associação moderada com os valores de caminhada

e a densidade de intersecções teve um valor fraco e negativo, mostrando que a quantidade de metros caminhados não está associada à densidade de intersecções.

**Figura 50** – Correlações índice de caminhabilidade e metros caminhados – Estratégia 7 – integração + escolha



Fonte: A autora (2019)

Em relação ao índice, a variável com maior correlação foi a densidade residencial (0,83), seguida por densidade de intersecções (0,65) e taxa de ocupação comercial (0,62), o uso misto do solo teve uma correlação moderada (0,48).

O uso misto do solo e a taxa de ocupação comercial estão fortemente associados (0,87), mostrando que as variáveis ocorrem juntas. Diferente do que pode ser visto em estratégias com áreas maiores, nesta estratégia a densidade de intersecções não esteve associada à taxa de ocupação comercial nem ao uso misto do solo, mostrando que áreas com mais cruzamentos nem sempre são aquelas que possuem maior incidência de comércios e serviços. Já a densidade residencial se mostrou associada (0,61), moderadamente, à densidade de intersecções.

### Setores Censitários

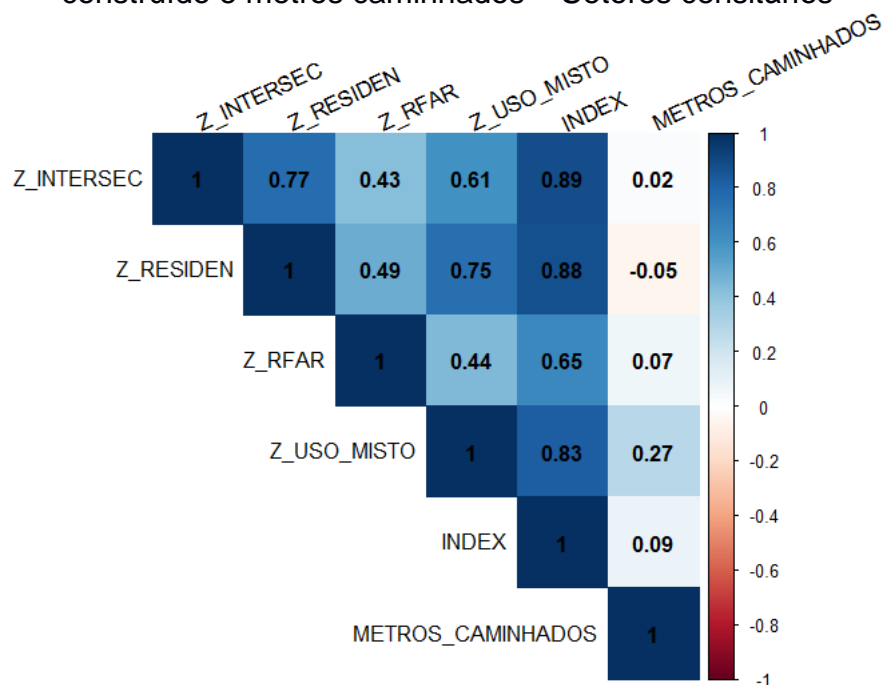
Os coeficientes de correlação das variáveis do ambiente construído e da caminhabilidade com os metros caminhados, na delimitação pelos setores censitários, obtiveram os valores mais fracos (0,09), aos quais não se pode relatar uma associação.

Todas as correlações (Figura 51), em relação aos metros caminhados, apresentaram coeficientes próximos a zero, na indicação de pouca associação dos setores censitários como áreas de agregação de dados das características do ambiente construído com o comportamento da caminhada.

Em relação ao índice de caminhabilidade, todas variáveis possuíram correlação moderada e/ou forte. No entanto, na comparação dessas variáveis com os metros caminhados foram identificadas correlações baixas e negativas, indicando pouca relação ou uma relação inversamente proporcional.

O uso misto e a taxa de ocupação comercial, quando agrupados pelos setores censitários, mostram a segunda menor associação encontrada nos cálculos (0,44). O uso misto por sua vez, possui uma associação forte com a densidade residencial (0,61), mostrando um fenômeno diferente da maioria das estratégias criadas: maiores valores de uso misto podem estar associados à uma maior densidade residencial.

**Figura 51** – Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – Setores censitários



Fonte: A autora (2019)

A densidade de intersecções e a densidade residencial, como na maioria das outras unidades de área, possuem uma forte associação de 0,77, mostrando que locais com um maior número de cruzamentos por quadra pode conter mais residências.

## 5. DISCUSSÃO

A revisão de literatura, permitiu identificar variáveis do ambiente construído que dão suporte à caminhada, além de estratégias, métodos e ferramentas para a delimitação de áreas para o cálculo da caminhabilidade.

As variáveis encontradas e testadas pelos métodos foram: limites físicos, tamanhos semelhantes, valor venal e valor do imóvel urbano, variáveis referentes a forma urbana como dimensões de quarteirões, lotes e cruzamentos e valores de integração e escolha.

Os critérios selecionados foram contiguidade espacial, compacidade, homogeneidade interna e equidade populacional. O método escolhido foi o agrupamento de áreas menores, parcelas mínimas, em regiões que atendessem aos critérios, de maneira semiautomática. Por fim, a ferramenta escolhida para a delimitação das unidades espaciais foi a extensão Districting para o ArcGIS.

Após a sistematização dos dados, sete estratégias para a delimitação de áreas foram estabelecidas. A partir delas, áreas puderam ser criadas e delimitadas. Assim, a aplicação do índice de caminhabilidade de Frank et al. (2010) foi conduzida nas sete diferentes estratégias e nos setores censitários, como na metodologia original, para que as áreas pudessem então ser comparadas.

Como é sabido, as áreas selecionadas para a aplicação do índice de caminhabilidade influenciam nos resultados (KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013), e este estudo mostrou que as associações entre a caminhada e o índice de caminhabilidade são dependentes da escala e das unidades em que são agregados os dados, como indicado por Learniham et al. (2011), Zhang e Kukadia (2005) e Boone Heinonen (2011).

Viu-se que os resultados do índice de caminhabilidade mostraram amplitudes diferentes para as oito aplicações. A variação entre os mínimos e máximos mostrou que, utilizando o mesmo banco de dados, mas agrupando as variáveis em diferentes unidades, os resultados de alta e baixa caminhabilidade variaram. No entanto, o valor da média caminhabilidade nas estratégias criadas ficou próximo a zero. Este valor mudou apenas quando a caminhabilidade foi calculada nos setores censitários que reportaram um valor de média caminhabilidade entre 2,7 e 4,5.

A validação e a escolha das estratégias com melhor performance foram realizadas por meio de correlações entre a aplicação do índice de caminhabilidade e os metros caminhados em cada uma das áreas de cada estratégia.

Como esperado, os setores censitários não mostraram associação entre o índice de caminhabilidade e os níveis de caminhada, mostrando que, como visto em pesquisas anteriores, tais áreas podem não ser adequadas para a avaliação do ambiente construído como suporte à caminhada (KOOHSARI; BADLAND; GILES-CORTI, 2013).

No estudo de caso desta pesquisa, os setores censitários possuem em sua delimitação áreas urbanizadas e áreas não urbanizadas. Seus limites seguem a expansão da cidade, fator em constante transformação, diferentemente da delimitação destas áreas (setores) que ocorre apenas a cada 10 anos, intervalo de tempo de recenseamento. Esse fato faz com que locais da cidade possam apresentar valores minorados de densidade residencial e de intersecções.

Além disso, os setores censitários são utilizados mundialmente por diversos motivos, mas o principal deles é a disponibilidade de dados. No entanto, no Brasil, dados para o cálculo da caminhabilidade precisam ser levantados pelos pesquisadores e avaliadores e não estão disponíveis ao público, o que faz com que a facilidade de acesso e essa conveniência não exista.

As estratégias que apresentaram os maiores valores de correlação entre o índice de caminhabilidade e os níveis de caminhada foram: Estratégia 1 – Macrozonas (0,5), Estratégia 2 – 400m, Estratégia 4 – Valor Venal e Estratégia 7 – Integração + Escolha (0,44). A correlação nas demais estratégias criadas obteve valores fracos, que não demonstram associação entre o índice e os metros caminhados.

Ao comparar as estratégias o efeito de zoneamento do MAUP que pode ser notado (YANG; HU; WANG, 2018). Assim, no cotejamento das áreas, pode-se afirmar a premissa de que os resultados diferem dependendo da unidade espacial na qual as variáveis são agregadas.

Os resultados mostraram que áreas maiores como as Macrozonas, tendem a conter um agrupamento maior das variáveis e dos níveis de caminhada, fazendo com que ambos os dados sejam correlacionados. Indo de encontro a pesquisas já realizadas como Yang, Hu e Wang (2018), que encontraram resultados que mostram que o efeito de zoneamento do MAUP influencia mais a relação entre o ambiente construído e os deslocamentos quando as variáveis do ambiente construído são medidas em unidades espaciais maiores.

No entanto sabe-se que em contrapartida seus resultados podem ser mascarados pela escala em que são realizados, fazendo com que áreas muito grandes possam não avaliar com maior precisão resultados que uma escala menor poderia apresentar. Nestes casos, áreas altamente caminháveis são agrupadas a áreas com baixa caminhabilidade e então o resultado acaba por ser a média dos valores. Assim, não se pode diferenciar na cidade locais que mereçam maior atenção para uma avaliação mais precisa ou mesmo para intervenções.

A análise mostrou também que áreas com tamanhos semelhantes, como na Estratégia 2, para medidas de densidade como intersecções, residências ou entropia por área, podem fazer com que as variáveis sejam divididas por uma mesma proporção em todas as áreas. Infere-se que isso pode ter ajudado a identificar onde realmente há a concentração das variáveis e assim mensurá-las.

Considerando o pressuposto traçado pela compacidade das áreas, as unidades, baseadas numa área circular de 400m, mostraram resultados similares à utilização de buffers ou grids com a mesma medida em outros estudos, em que o uso de buffers mostrou uma associação positiva entre uso misto e o acesso a destinos de caminhada.

Áreas criadas com a Estratégia 4- valor venal semelhante, mostraram que o índice de caminhabilidade aplicado por estas áreas tem correlação com a caminhada. Resultados de outros estudos mostraram que maiores valores de caminhabilidade estão positivamente associados a um maior valor da terra (GILDERBLOOM; RIGGS; MEARES, 2015; YANG et al., 2018). Assim, a partir da divisão das áreas que tornou a variável de valor venal homogênea internamente, valores de caminhabilidade puderam estar mais associados aos níveis de caminhada.

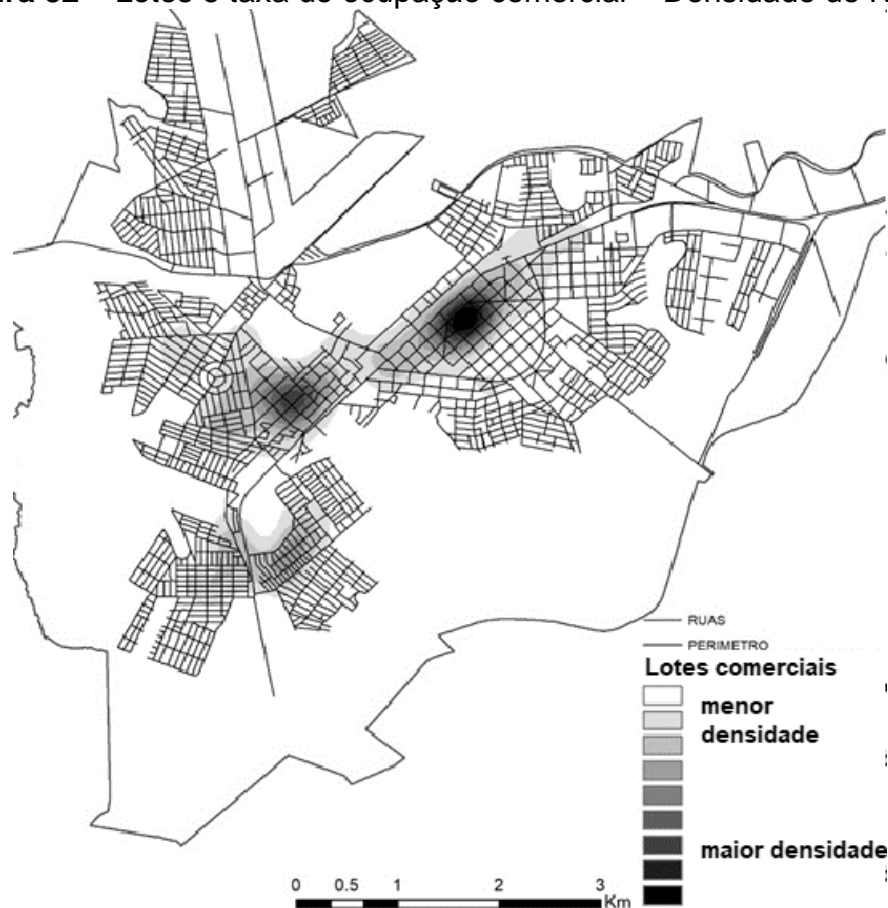
Na Estratégia 7 – Integração + Escolha, pressupôs-se que se as áreas tivessem valores de integração semelhantes e tivessem a mesma acessibilidade, em que as ruas com maior escolha fossem seus limites, seria possível prever a ocupação comercial e regular a densidade de intersecções nas áreas. Assim, observou-se que, de acordo com as correlações apresentadas para essas variáveis, a estratégia obteve sucesso em sua composição. A correlação entre o uso misto do solo e a taxa de ocupação comercial em relação aos metros caminhados foi de 0,7, mostrando uma forte associação entre tais variáveis e os níveis de caminhada.

Buscando compreender a influência individual de cada variável no índice para com os metros caminhados, foram analisadas separadamente as variáveis

que possuíram alta correlação. Foi possível identificar quais possuíram maior associação com os níveis de caminhada nas estratégias e isso pode dar base para futuros estudos que busquem compreender essa associação.

Verificou-se então que as variáveis que mais se correlacionaram à caminhada ao longo das estratégias foram a taxa de ocupação comercial e o uso misto do solo, aparecendo como os maiores valores em sete e seis vezes, respectivamente, nas oito aplicações.

**Figura 52 – Lotes e taxa de ocupação comercial – Densidade de Kernel**



Fonte: A autora (2020)

A Figura 52 mostra a distribuição dos lotes comerciais, e da taxa de ocupação comercial, na cidade de Rolândia. Observa-se que a aglomeração do comércio ocorre no centro histórico da cidade e na primeira área de expansão. No entanto, alguns conjuntos habitacionais situados na zona sul também mostram certa incidência de comércios próximos à rodovia. Tais áreas são aquelas que demonstraram, na maior parte das aplicações, altos valores de caminhabilidade e foram mais utilizados para caminhada, de acordo com a pesquisa OD.

As descobertas desta pesquisa vão ao encontro de resultados de outros estudos. Como visto por Clark e Scott (2014) a taxa de ocupação comercial foi consistentemente relacionada a um aumento da atividade física. Sabe-se também que associações entre o uso misto, variedade de destinos e os níveis de caminhada sugerem que tais variáveis podem aumentar as viagens a pé (GUNN et al., 2017) e em outras aplicações do índice de caminhabilidade, em diversas escalas e áreas, viu-se que o uso misto do solo foi a característica que mais influenciou a caminhada para transporte (LEARNIHAN et al., 2011).

Sabe-se que a taxa de ocupação comercial foi pensada para que lotes comerciais com grandes áreas de estacionamento, que não encorajam o deslocamento a pé, fossem consideradas e, lotes comerciais com alta taxa de ocupação de edificações comerciais tivessem mais influência neste deslocamento. No entanto, em cidades médias brasileiras como Rolândia, essa tipologia de edificações com grandes áreas destinadas a estacionamento é rara. Isso faz com que esta medida acabe por evidenciar a presença ou não de edificações comerciais.

Observou-se, ao longo das aplicações, que a alta correlação da taxa de ocupação comercial com os níveis de caminhada mostrou que a presença de comércio de bens pode influenciar diretamente o uso misto do solo e os percursos realizados a pé.

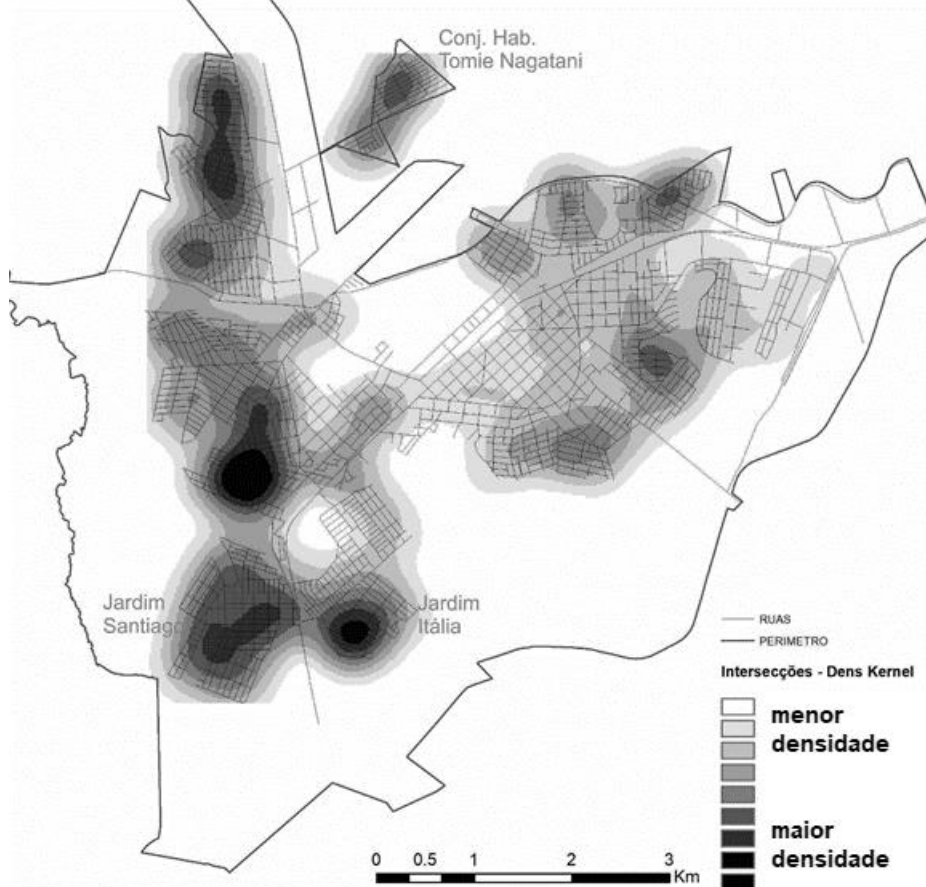
Assim, faz-se necessária uma futura investigação e questionamento sobre a presença da variável taxa de ocupação comercial nos índices que calculam a caminhabilidade em cidades médias brasileiras. Viu-se que a proporção em si não traz novas descobertas, mas a presença do comércio como local de destino - final ou intermediário, ou como edificações que trazem mais segurança e denotam os “olhos nas ruas” já discutidos por Jacobs (1960), precisa ser melhor investigada.

A Figura 53 mostra a distribuição espacial dos cruzamentos em relação à cidade, por meio da estimativa da Densidade de Kernel. A maior concentração de pontos encontra-se junto a conjuntos habitacionais da cidade, no Jardim Monte Carlo, próximo ao centro secundário da cidade, ao sul no Jardim Itália e a norte no Conjunto Habitacional Tomie Nagatani.

A densidade de intersecções foi uma das variáveis com uma das maiores correlações, em todas as estratégias, em relação ao índice. Isso pode ser explicado pelo fato de que a fórmula, proposta por Frank et al. (2010), propõe que essa variável tenha o dobro do peso das demais. No entanto, para as cidades onde o

índice foi sistematizado a presença de cul-de-sacs, considerado um fator dificultador da conectividade, era alta. Mas, para cidades brasileiras, tal peso não é condizente, uma vez que a malha regular e quadras pequenas é predominante.

**Figura 53 – Intersecções – Densidade de Kernel**

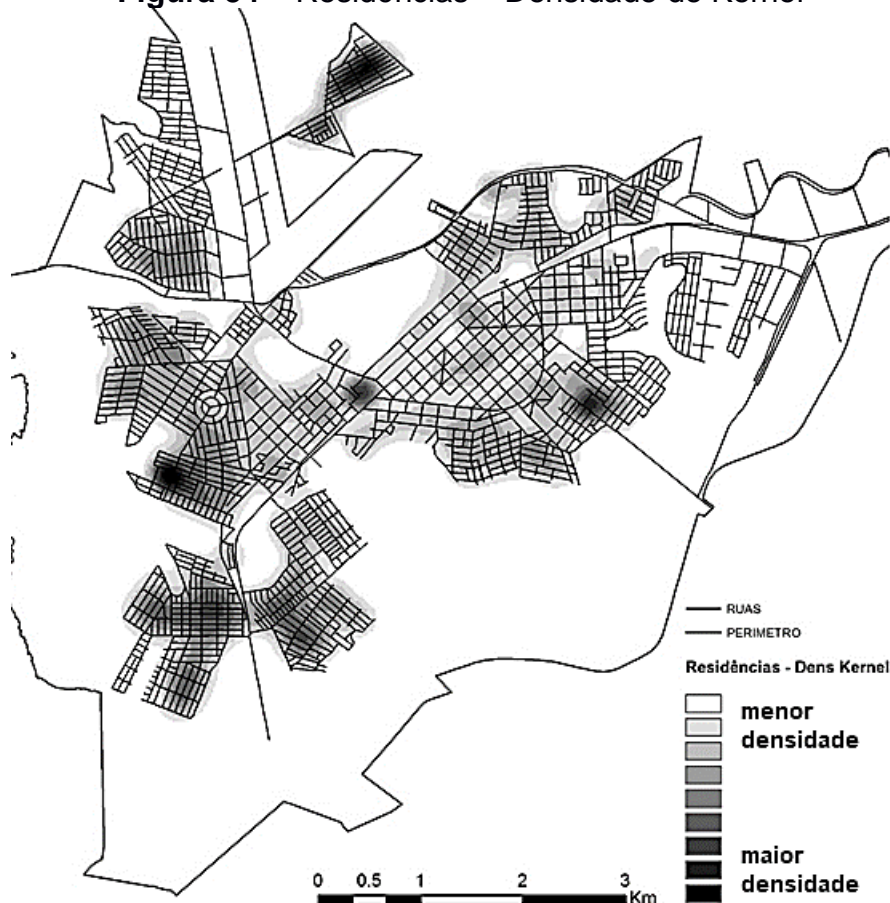


Fonte: A autora (2020)

Os lotes residenciais, considerados como pontos, também foram interpolados pela estimativa de Kernel e sua distribuição espacial é mostrada na Figura 54. A maior concentração de residências ocorre também nos conjuntos habitacionais periféricos e decresce à medida que fica próxima aos centros da cidade. Com o mapa também é possível notar locais ainda desocupados ou que possuem usos não residenciais.

Somada à densidade de intersecções, a densidade residencial foi outra variável altamente correlacionada ao índice de caminhabilidade nas aplicações, mas ao mesmo tempo foi pouco associada aos níveis de caminhada. Percebe-se que a combinação dessas duas variáveis pode ter feito com que locais periféricos e monofuncionais, que não possuem atrativos para o deslocamento a pé tenham sido considerados como altamente caminháveis.

**Figura 54 – Residências – Densidade de Kernel**



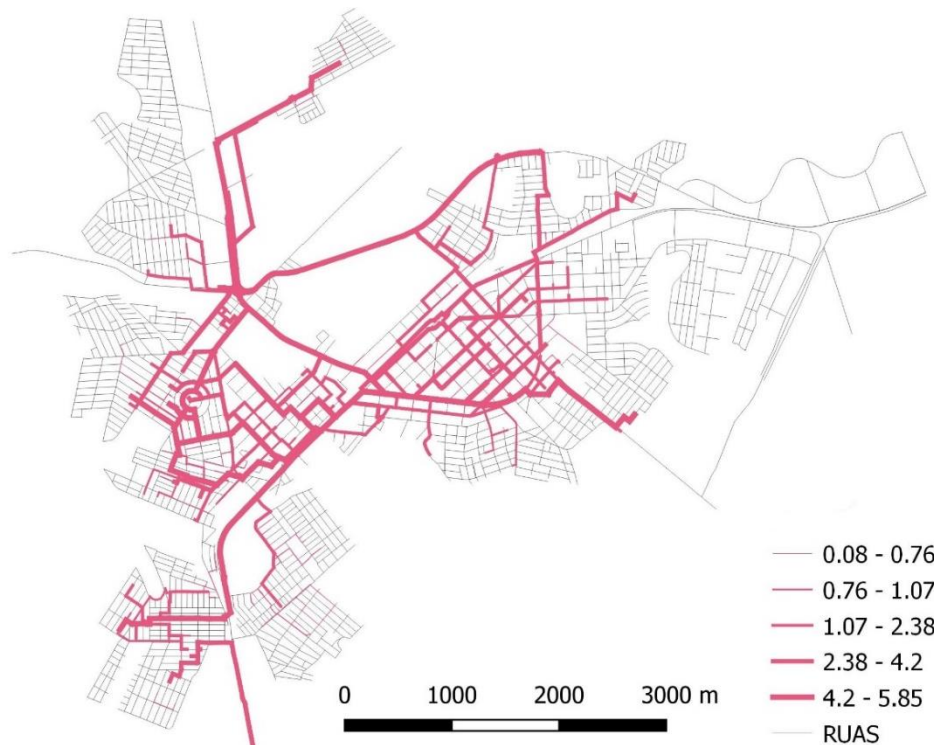
Fonte: A autora (2020)

A distribuição do carregamento das viagens a pé em Rolândia (Figura 55) também pode ser utilizada para mostrar a relação entre áreas mais centrais e com maior incidência de comércio, vista na Figura 52, com um maior número de rotas caminhadas. O inverso também pode ser notado, ou seja, áreas com densidade residencial e de intersecções nem sempre são as áreas mais caminhadas.

No entanto, existem áreas que não possuem atrativo ou amenidades que incentivem a caminhada, mas que possuem muitas rotas de pedestres. Conclui-se que, considerando a realidade brasileira, o porte da cidade de Rolândia e a escassez por transporte público, tais rotas provavelmente são realizadas por necessidade e não por conveniência.

Portanto, deve-se procurar compreender como as cidades brasileiras podem dar suporte à caminhada, considerando seus aspectos econômicos e populacionais de cidades médias e em desenvolvimento.

**Figura 55 – Carregamento das viagens a pé em Rolândia - PR**



Fonte: Dados ITEDES (2018). Sistematização Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano (2019).  
Editado pela autora (2020)

Esta pesquisa mostrou, assim como outras pesquisas realizadas, que locais que possuem rotas feitas a pé não necessariamente são locais caminháveis. Algumas pessoas utilizam o modal por necessidade e não por escolha. A diferença entre locais caminháveis e a presença de pedestres também já foi apontada anteriormente por Vargas e Netto (2017), onde os autores discutem que, para que locais caminháveis façam sentido, devemos ter a presença de pessoas caminhando. Tal assunto já era discutido por Gehl (2013), ao comparar as atividades necessárias e opcionais realizadas no espaço urbano. Faz-se necessário que as cidades tenham qualidades espaciais para que as pessoas que precisam se deslocar a pé possam fazê-lo confortavelmente e para que, aquelas que não o fazem, possam ser incentivadas a começar.

Viu-se também durante a pesquisa que o comportamento da caminhada é complexo e influenciado por inúmeras variáveis ambientais e interpessoais. Sabe-se ainda que o índice de caminhabilidade aplicado trata-se de uma ferramenta para uma avaliação rápida e inicial do ambiente construído como suporte a caminhada. Para buscar associações mais assertivas, outros métodos para avaliação do ambiente construído podem ser utilizados como complemento ao índice,

como avaliações na micro-escala e aspectos subjetivos. Outros métodos estatísticos, que busquem controlar variáveis interpessoais, também devem ser aplicados.

Em suma, os resultados obtidos foram:

- A reafirmação da inadequação da utilização dos setores censitários para a análise da caminhabilidade.
- Um maior desempenho em estratégias que levem em conta critérios de homogeneidade interna e compacidade; de tamanhos de áreas passíveis de deslocamento a pé (400m); levem em conta a disponibilidade de infraestrutura, feita nesta pesquisa por meio do valor venal; que utilizem como condicionantes para a delimitação valores de conectividade e proximidade da malha viária, utilizados aqui por meio da sintaxe espacial.
- A delimitação de áreas de grande extensão, como as macrozonas, pouco auxilia na avaliação uma vez que seus resultados tendem a se dispersar em relação às áreas. No entanto, a estratégia pode ser considerada como um pontapé inicial para a formulação das demais estratégias.
- O índice de caminhabilidade não é adequado para cidades de médio e pequeno porte no Brasil. Suas variáveis de densidade de intersecções e taxa de proporção comercial devem ser revistas.
- Viu-se que as variáveis de uso misto do solo, principalmente de usos não residenciais, têm maior influência no deslocamento a pé e devem ser investigadas.

## 6. CONCLUSÃO

A caminhabilidade, qualidade espacial do ambiente construído, pode desempenhar um papel importante para apoiar comportamentos sociais e saudáveis. Sabe-se que a qualidade de espaço urbano influi no percurso dos pedestres e no prazer de caminhar. Tal ato traz benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública.

Com este foco, diversas estratégias de avaliação desta qualidade espacial foram desenvolvidas a fim de atingir o objetivo geral de estabelecer estratégias de delimitação de unidades espaciais para análise do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé.

Esta pesquisa demonstrou que as associações entre os níveis de caminhada e o índice de caminhabilidade são dependentes da escala e da delimitação das áreas utilizadas para agregação dos dados para a análise.

Como contribuições, reafirmou a inadequação dos setores censitários brasileiros para a avaliação do ambiente construído como suporte à caminhada. Estas unidades possuem grande heterogeneidade em seus formatos e na maneira como definem suas dimensões e limites. Assim, a conveniência por dados não justifica sua utilização, visto que tais áreas não possuem critérios para avaliação da caminhabilidade e nem são unidades criadas para tal finalidade.

Portanto, ao traçar novas unidades para a avaliação da caminhabilidade, concluiu que estratégias que possuam áreas homogêneas em relação às variáveis que influenciam o deslocamento a pé e que sejam mais compactas podem definir melhor a relação ambiente-comportamento ativo.

A estratégia de macrozonas obteve maior correlação em relação aos níveis de caminhada, mas não é capaz de identificar possíveis áreas para uma avaliação mais detalhada ou mesmo para intervenções pontuais.

Já as estratégias de tamanhos semelhantes (400m), valor venal semelhante e integração + escolha foram capazes de, de certa forma, controlar e se relacionar com as outras variáveis, não presentes nos índices, que condicionam o deslocamento a pé como bairros mais compactos, a renda, as condições de infraestrutura no bairro, o uso misto do solo e a acessibilidade e escolha por percursos.

Este trabalho levanta um questionamento sobre o índice de caminhabilidade, não só em relação às áreas nas quais ele é aplicado, mas sobre a sua composição. Viu-se que variáveis como a taxa de ocupação comercial obtiveram

fortes correlações com os níveis de caminhada, mas esta medida, quando trazida para o contexto nacional e, principalmente, para cidades médias, torna-se questionável uma vez que as tipologias para as quais a variável foi pensada são raras em cidades deste porte no Brasil. Contudo, pode se observar a importância e influência da presença de edificações comerciais no deslocamento a pé. Assim, questiona-se a maneira como o uso misto do solo, neste caso por entropia, é calculado. Sua classificação, peso e proporções precisam ser revisadas.

A variável densidade de intersecções também se mostrou distinta àquela pensada por Frank et al (2010) para a aplicação em cidades americanas, canadenses e australianas. No Brasil, o duplo peso que o índice estabelece para esta variável faz com que tal medida seja majorada em relação às demais, quando, na verdade, as pesquisas mostram que a densidade de intersecções não é a variável com a maior influência no deslocamento a pé, visto que a malha viária no Brasil, por questões econômicas e, de certa forma culturais, é regular e possui um grande número de intersecções, mesmo em bairros periféricos.

O objetivo desta pesquisa foi propor estratégias de mensuração da caminhabilidade em cidades brasileiras, e contribuir para o debate da caminhabilidade no Brasil. Trazendo descobertas sobre as unidades espaciais para a avaliação do ambiente construído como suporte ao deslocamento a pé e sobre as variáveis do índice de maior influência no deslocamento, o modo como são calculadas e sua presença em um futuro índice de caminhabilidade brasileiro.

No entanto, deve-se apontar algumas limitações encontradas. As rotas, utilizadas para a correlação e validação das estratégias, foram traçadas a partir de dados secundários de origem e destino. A estratégia para definir o percurso, via ArcGIS, estima o caminho mais curto a ser realizado entre os pontos, mas não se sabe ao certo se o percurso tomado pelo caminhante foi realmente o percurso mais curto. Destinos intermediários também devem ser considerados, ou o mapeamento das rotas deve ser realizado em outras pesquisas.

Para a correlação as amostras utilizadas foram pequenas e os dados não apresentaram normalidade, além de não ter sido considerado o motivo dos deslocamentos, todas as rotas feitas a pé foram espacializadas, partiu-se do princípio de que a pesquisa OD foi realizada em dias de semana pois buscou-se analisar o deslocamento diário realizado, subtendendo que rotas feitas para lazer e outros motivos são realizadas com mais frequência nos finais de semana. Porém, sabe-se

que a escala e a delimitação das unidades pode variar de acordo com o propósito de caminhada (YANG; HU; WANG, 2018). Neste sentido entende-se que as áreas devem ser específicas e apropriadas para medir o objetivo que está sendo investigado, assim como apontado por Clark e Scott (2014).

Futuras pesquisas devem identificar os espaços de atividade que realmente compreendam o objetivo que se investiga. Existem diferentes áreas de influência para diferentes perfis populacionais, socioeconômicos e culturais. Assim, deve-se primeiramente compreender qual o tamanho das áreas de influência de um determinado tipo de caminhada e de população para então compreender quais áreas realmente influenciam o deslocamento ativo.

Os padrões e distâncias que a literatura traz são definidas para cidades localizadas em países desenvolvidos ou, quando nacionais, provém de grandes cidades e capitais. Assim, é necessário que a investigação da caminhabilidade e do deslocamento ativo seja mais difundida em cidades cujo porte contemplam a maioria das cidades brasileiras.

Apesar das limitações, a pesquisa pode mostrar que a definição de unidades espaciais para a avaliação do ambiente construído deve ser contextual e responder aos objetivos da pesquisa, pois a simples mudança da unidade que agrega os dados pode fazer com que os resultados sejam mascarados. O que, posteriormente, pode vir a causar desperdício de tempo e investimentos públicos.

Com o avanço dos procedimentos de geoprocessamento, a avaliação do ambiente construído pode ser realizada em tempo real e em diversas escalas e unidades espaciais, se houver a disponibilidade de dados em níveis de parcela. Assim, acredita-se que o planejamento urbano deve utilizar dados atualizados e tê-los de forma desagregada, visando tornar as avaliações do ambiente sensíveis a escala em que são realizadas para torná-las mais próximas da realidade.

## REFERÊNCIAS

- ARCAYA, M. C. et al. Research on neighborhood effects on health in the United States: A systematic review of study characteristics. **Social Science and Medicine**, v. 168, p. 16–29, 2016.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2011**. Disponível em: <[http://www.antp.org.br/\\_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/04/11/050FC84C-74EA-4A33-A919-6D2E380FA2C1.pdf](http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/04/11/050FC84C-74EA-4A33-A919-6D2E380FA2C1.pdf)>. Acesso em: 16 maio. 2018.
- BARROS FILHO, M. N. M., **Escalas da diversidade intraurbana**. Recife, 2009
- BECERRA, J. et al. Transport and health: a look at three Latin American cities. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 4, p. 654, 2013.
- BERKE, E. M. et al. Protective association between neighborhood walkability and depression in older men. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 4, p. 526–533, 2007.
- BOEING, G. Spatial Information and the Legibility of Urban Form: Big Data in Urban Morphology. **International Journal of Information Management**, p. 1–20, 2019.
- BOONE-HEINONEN, J. et al. What neighborhood area captures built environment features related to adolescent physical activity? **Health and Place**, v. 16, n. 6, p. 1280–1286, 2010.
- BORUFF, B. J. et al. Using GPS technology to (re)-examine operational definitions of “neighbourhood” in place-based health research. **International journal of health geographics**, v. 11, p. 22, 2012.
- BROWNSON, R. C. et al. Measuring the Built Environment for Physical Activity. State of the Science. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 36, n. 4 SUPPL., p. S99- S123.e12, 2009.
- BURDEN, S.; STEEL, D. Empirical Zoning Distributions for Small Area Data. **GEOGRAPHICAL ANALYSIS**, v. 48, n. 4, p. 373–390, 2016.

CARVALHO, C. H. R. de. **DESAFIOS DA MOBILIDADE URBANA NO BRASIL.**

Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2016.

CAUWENBERG, J. V, et al. (2016). Neighborhood walkability and health outcomes among older adults: The mediating role of physical activity. *Health & Place*, 37, 16–25.

CERIN, E. et al. Applying GIS in Physical Activity Research: Community ‘Walkability’ and Walking Behaviors. In: Lai P.C., Mak A.S.H. (eds) S. **GIS for Health and the Environment. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography.**, p. Edited by: Lai PC, Mark AS., 2007.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.

CHEN, P. et al. Promoting active student travel: A longitudinal study. **Journal of Transport Geography**, v. 70, n. July, p. 265–274, 2018.

CLARK, A.; SCOTT, D. Understanding the Impact of the Modifiable Areal Unit Problem on the Relationship between Active Travel and the Built Environment. **Urban Studies**, v. 51, n. 2, p. 284–299, 2014.

COCKINGS, S.; MARTIN, D. Zone design for environment and health studies using pre-aggregated data. **SOCIAL SCIENCE & MEDICINE**, v. 60, n. 12, p. 2729–2742, jun. 2005.

COMMITTEE ON PHYSICAL ACTIVITY, HEALTH, TRANSPORTATION, and L. U. **Does the Built Environment Influence Physical Activity: Examining the Evidence.** [s.l: s.n.]v. 282

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Retratos da Sociedade Brasileira: Mobilidade urbana Indicadores CNI.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni\\_estatistica\\_2/2014/01/02/62/RetratoDaSociedadeBrasileira\\_14\\_Educacaoprofissional.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni_estatistica_2/2014/01/02/62/RetratoDaSociedadeBrasileira_14_Educacaoprofissional.pdf)>.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Statistics Without Maths for Psychology.** 7th. ed. [s.l:

s.n.]

DAY, K. et al. The Irvine – Minnesota Inventory to Measure. v. 30, n. 2, 2006.

DIEZ ROUX, A. V. Investigating Neighborhood and Area Effects on Health. **American journal of public health**, v. 91, n. 11, p. 1783–1789, nov. 2001.

Districting (ESRI 2012). Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/districting-for-arcgis/overview>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

ELLIS, G. et al. Connectivity and physical activity: using footpath networks to measure the walkability of built environments. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 43, n. 1, p. 130–151, 2016.

ESRI, A. Ferramenta Conectar Origens aos Destinos. Disponível em: <<http://doc.arcgis.com/pt-br/arcgis-online/analyze/connect-origins-to-destinations.htm>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

EWING, R. et al. Varying influences of the built environment on household travel in 15 diverse regions of the United States. **Urban Studies**, v. 52, n. 13, p. 2330–2348, 2015.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010.

EWING, R.; HANDY, S. Measuring the Unmeasurable : Urban Design Qualities Related to Walkability. v. 14, n. 1, p. 65–84, 2009.

FLOWERDEW, R.; FENG, Z.; MANLEY, D. Constructing data zones for Scottish Neighbourhood Statistics. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 31, n. 1, p. 76–90, 2007.

FLOWERDEW, R.; MANLEY, D. J.; SABEL, C. E. Neighbourhood effects on health: Does it matter where you draw the boundaries? **Social Science and Medicine**, v. 66, n. 6, p. 1241–1255, 2008.

FORSYTH, A. et al. Creating a replicable, valid cross-platform buffering technique:

The sausage network buffer for measuring food and physical activity built environments. **International Journal of Health Geographics**, v. 11, p. 1–9, 2012.

FOTHERINGHAM, A. S.; WONG, D. W. S. The Modifiable Areal Unit Problem in Multivariate Statistical Analysis. **Environment and Planning A**, v. 23, n. 7, p. 1025–1044, 1991. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a231025>>.

FRANCO, V. D. et al. Estratégias de Delimitação de Áreas para Avaliação da Caminhabilidade. In: Anais da 14 Jornada Urbanere e 2ª Jornada Cires, Vila Velha. **Anais...** Vila Velha: 2018.

FRANK, L. D. et al. Many pathways from land use to health: Associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. **Journal of the American Planning Association**, v. 72, n. 1, p. 75–87, 2006.

FRANK, L. D. et al. The development of a walkability index: Application to the neighborhood quality of life study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 13, p. 924–933, 2010.

FRANK, L. D. et al. The unmet demand for walkability: Disparities between preferences and actual choices for residential environments in Toronto and Vancouver. **Canadian Journal of Public Health**, v. 106, n. 1, p. eS12–eS20, 2015.

FRANK, L. D. et al. International comparison of observation-specific spatial buffers: maximizing the ability to estimate physical activity. **International Journal of Health Geographics**, v. 16, jan. 2017.

GEBAUER, M. A.; SAMUELS, I. **Urban Morphology: An Introduction**. [s.l.] Oxford Polytechnic Joint Centre for Urban Design, 1981.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GEHL, J., SVARRE, B. B. A dimensão humana: Uma abordagem sustentável do planejamento urbano. 2017. In: Cidades de pedestres: A caminhabilidade no Brasil e no mundo / Victor Andrade & Clarisse Cunha Linke (organizadores). – Rio de Janeiro: Babilonia Cultura Editorial, 2017

GILDERBLOOM, J. I.; RIGGS, W. W.; MEARES, W. L. Does walkability matter? An

examination of walkability's impact on housing values, foreclosures and crime. **Cities**, v. 42, n. PA, p. 13–24, 2015.

GILES-CORTI, B. et al. The co-benefits for health of investing in active transportation. **New South Wales Public Health Bulletin**, v. 21, n. 5–6, p. 122–127, 2010.

GLAZIER, R. H. et al. Density, destinations or both? A comparison of measures of walkability in relation to transportation behaviors, obesity and diabetes in Toronto, Canada. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, p. 1–9, 2014.

GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. John Wiley ed. New Jersey, MA: John Wiley & Sons, Incorporated, 2013.

GUNN, L. D. et al. Identifying destination distances that support walking trips in local neighborhoods. **JOURNAL OF TRANSPORT & HEALTH**, v. 5, n. SI, p. 133–141, jun. 2017.

GUO, D.; JIN, H. IRedistrict: Geovisual analytics for redistricting optimization. **Journal of Visual Languages and Computing**, v. 22, n. 4, p. 279–289, ago. 2011.

GUO, D.; WANG, H. Automatic Region Building for Spatial Analysis. **Transactions in GIS**, v. 15, n. SUPPL. 1, p. 29–45, 2011.

GUO, J. Y.; BHAT, C. R. Modifiable Areal Units: Problem or Perception in Modeling of Residential Location Choice? **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1898, n. 1, p. 138–147, 2007.

HASANZADEH, K.; BROBERG, A.; KYTTÄ, M. Where is my neighborhood? A dynamic individual-based definition of home ranges and implementation of multiple evaluation criteria. **Applied Geography**, v. 84, p. 1–10, 2017.

HAYES, R. et al. Modifiable Neighbourhood Units, Zone Design and Resident's Perceptions. **Health & Place**, v. 13, n. 4, p. 812–825, dez. 2007.

HILLIER, B. et al. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. v. 20, n. September 1989, p. 29–66, 1993.

HILLIER, B.; YANG, T.; TURNER, A. Normalising Least Angle Choice in Depthmap, and How It Opens Up New Perspectives On The Global and Local Analysis of City Space. **Journal of Space Syntax**, v.3, n.2, p. 155-193, 2012.

HINO, A. A. F. et al. Projeto ESPAÇOS de Curitiba, Brasil: Aplicabilidade de métodos mistos de pesquisa e informações georreferenciadas em estudos sobre atividade física e ambiente construído. **Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health**, v. 32, n. 3, p. 226–233, 2012.

HINO, A. A. F. Medidas Objetivas E Percebidas Do Ambiente Do Bairro E Sua Associação Com a Atividade Física De Lazer Em Adultos De Curitiba. **Universidade Federal do Paraná**, p. 110, 2014.

HINO, A. A. F. et al. Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. **Journal of Urban Health**, v. 91, n. 3, p. 446–462, 2014.

HINO, A. A. F.; REIS, R. S.; FLORINDO, A. A. Ambiente construído e atividade física: Uma breve revisão dos métodos de avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, n. 5, p. 387–394, 2010.

HOUSTON, D. Implications of the modifiable areal unit problem for assessing built environment correlates of moderate and vigorous physical activity. **APPLIED GEOGRAPHY**, v. 50, p. 40–47, jun. 2014.

HURVITZ, P. M.; MOUDON, A. V. Home Versus Nonhome Neighborhood Quantifying Differences in Exposure to the Built Environment. **AMERICAN JOURNAL OF PREVENTIVE MEDICINE**, v. 42, n. 4, p. 411–417, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673&t=destaques>. Acesso em: 09 de março de 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/operacao-censitaria.html>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. **Geographical**

**Indicators of the Built Environment and Services Environment Influencing Physical Activity, Diet and Body Weight.** 2009.

IPARDES. **CADERNO ESTATÍSTICO MUNICÍPIO DE ROLÂNDIA.** 2019

ITEDES. PlanMob: Plano Municipal de Mobilidade Urbana de Rolândia-PR. Rolândia, 2018.a

ITEDES. Revisão do Plano Diretor Municipal de Rolândia-PR. Rolândia, 2018.b

JACOBS, J. **Morte e Vida de Grandes Cidades.** São Paulo: Martin Fontes, 1960.

JAMES, P. et al. Effects of Buffer Size and Shape on Associations between the Built Environment and Energy Balance. **Health and Place**, v. 27, p. 162–170, maio 2014.

JÁUREGUI, A. et al. Perceived neighborhood environmental attributes associated with leisure-time and transport physical activity in Mexican adults. **Preventive Medicine**, v. 103, p. S21–S26, 2017.

JUNIOR GUANIS DE BARROS, V. **ESTATÍSTICA : Teste Z (ou Escore Padronizado) O que é o Score Z ?**, [s.d.].

KHANAL, A.; MATEO-BABIANO, I. What kind of built environment favours walking? A systematic review of the walkability indices. n. November, p. 13p, 2016.

KIM, S.; PARK, S.; LEE, J. S. Meso- or micro-scale? Environmental factors influencing pedestrian satisfaction. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 30, p. 10–20, 2014.

KING, A. C. et al. Associations with Physical Activity and Obesity in Older Adults. v. 73, n. 10, p. 1525–1533, 2011.

KOOHSARI, M. J. et al. Street connectivity and walking for transport: Role of neighborhood destinations. **Preventive Medicine**, v. 66, p. 118–122, set. 2014.

KOOHSARI, M. J. et al. Walkability and walking for transport: Characterizing the built environment using space syntax. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 13, n. 1, p. 1–9, 2016.

KOOHSARI, M. J. et al. Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport. **Health and Place**, v. 58, n. January, p. 102072, 2019.

KOOHSARI, M. J.; BADLAND, H.; GILES-CORTI, B. (Re)Designing the built environment to support physical activity: Bringing public health back into urban design and planning. **Cities**, v. 35, n. 1, p. 294–298, dez. 2013.

KRAFTA, R. **Notas de aula de morfologia urbana**. 2014. Porto Alegre. 2014. v. 91

LARRANAGA, A. M. et al. Influência da estrutura urbana na decisão de realizar viagens a pé em Porto Alegre. n. i, p. 89–97, 2015.

LEÃO, A. L. F. **Objective Walkability Measures for Brazilian Towns : a Case Study in Rolândia – Paraná**. 2019. Universidade Estadual de Londrina, 2019.

LEÃO, A. L. F.; OLAK, A. S.; KANASHIRO, M. Estratégias de mensuração da caminhabilidade : análise comparativa entre walkability index e o space syntax walkability index walkability. In: Anais do V ENANPARQ, 2018, Salvador. **Anais...** Salvador: 2018.

LEARNIHAN, V. et al. Effect of Scale on the Links between Walking and Urban Design. **Geographical Research**, v. 49, n. 2, p. 183–191, 2011.

LEBEL, A.; PAMPALON, R.; VILLENEUVE, P. Y. A Multi-Perspective Approach for Defining Neighbourhood Units in the Context of a Study on Health Inequalities in the Quebec City Region. **International Journal of Health Geographics**, v. 6, p. 27, 2007.

LECHNER, A.; BSC, L. **Scale in remote sensing and its impact on landscape ecology**. 2019.

LEE, C.; MOUDON, A. V.; COURBOIS, J. Y. P. Built Environment and Behavior: Spatial Sampling Using Parcel Data. **Annals of Epidemiology**, v. 16, n. 5, p. 387–394, 2006.

LEFEBVRE-ROPARS, G.; MORENCY, C. Walkability: Which Measure to Choose, Where to Measure It, and How? **Transportation Research Record**, v. 2672, n. 35,

p. 139–150, 2018.

LESLIE, E. et al. Objectively assessing 'walkability' of local communities: Using GIS to identify the relevant environmental attributes. **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, n. 199039, p. 90–104, 2007.

LIN, L.; MOUDON, A. V. Objective versus subjective measures of the built environment , which are most effective in capturing associations with walking ? **Health & Place**, v. 16, n. 2, p. 339–348, 2010.

LITMAN, T. A. Economic Value of Walkability. **Transportation Research Record**, v. 10, n. 1828, p. 3–11, 2003.

LOTFI, Sedigheh; KOOHSARI, Mohammad. Neighborhood Walkability in a City within a Developing Country. **Journal of urban planning and development**, [S. l.], v. 137, n. December, p. 402–408, dec. 2011.

MARTIN, D. Extending the automated zoning procedure to reconcile incompatible zoning systems. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 17, n. 2, p. 181–196, 2003.

MAYNE, D. J. et al. An objective index of walkability for research and planning in the Sydney Metropolitan Region of New South Wales, Australia: An ecological study. **International Journal of Health Geographics**, v. 12, n. 1, p. 8–10, 2013.

MAYNE, D. J. et al. The Contribution of Area-Level Walkability to Geographic Variation in Physical Activity: A Spatial Analysis of 95,837 Participants from the 45 and Up Study Living in Sydney, Australia. **Population Health Metrics**, v. 15, 2017.

MITRA, R.; BULIUNG, R. N. Built environment correlates of active school transportation: Neighborhood and the modifiable areal unit problem. **Journal of Transport Geography**, v. 20, n. 1, p. 51–61, 2012.

MOTOMURA, M. C. N. **Walkable spaces: correlation between built environment, social capital and self-rated health in Cambé – Paraná – Brazil**. 2017. 2017.

MOTOMURA, M. C. N.; FONTOURA, L. C. da; KANASHIRO, M. Understanding walkable areas: applicability and analysis of a walkability index in a Brazilian city.

**Ambiente Construído**, v. 18, p. 413–425, 2018.

MOUDON, A. V. et al. Operational Definitions of Walkable Neighborhood: Theoretical and Empirical Insights. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 3, n. s1, p. S99–S117, 2006.

MOUDON, A. V.; LEE, C. Walking and Biking: An Evaluation of Environmental Audit Instruments. **Americal Journal of Health Promotion**, v. 18, n. No. 1, p. 21–37, 2003.

NAKAMURA, P. et al. Associação da caminhada no lazer e no transporte com ambiente construído em adultos do município de Rio Claro-SP. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 18, n. 4, 2013.

NEATT, K.; MILLWARD, H.; SPINNEY, J. Neighborhood walking densities: A multivariate analysis in Halifax, Canada. **Journal of Transport Geography**, v. 61, n. April, p. 9–16, maio 2017.

NELSON, J. K.; BREWER, C. A. Evaluating data stability in aggregation structures across spatial scales: revisiting the modifiable areal unit problem. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 44, n. 1, p. 35–50, jan. 2017.

NEVES, M. C. **PROCEDIMENTOS EFICIENTES PARA REGIONALIZAÇÃO DE UNIDADES SOCIECONÔMICAS EM BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS**. 2003. INPE, 2003.

NTHIWA, A. N. Modeling scale and effects of the modifiable areal unit problem on multiple deprivations in Istanbul, Turkey. p. 80, 2011.

OLAK, A. S. **Ambiente Construído e Caminhabilidade: Influência do uso do solo no deslocamento a pé**. 2019. Universidade Estadual de Londrina, 2019.

OLIVER, L. N.; HAYES, M. V. Does choice of spatial unit matter for estimating small-area disparities in health and place effects in the Vancouver Census Metropolitan Area? **Canadian Journal of Public Health**, v. 98, n. SUPPL. 1, p. S27–S34, 2007.

OLIVER, L. N.; SCHUURMAN, N.; HALL, A. W. Comparing Circular and Network Buffers to Examine the Influence of Land Use on Walking for Leisure and Errands.

**International Journal of Health Geographics**, v. 6, 2007.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

OPENSHAW, S. The Modifiable Areal Unit Problem. **Journal of the American Statistical Association**, v. 29, n. 185, p. 169, 1984.

OPENSHAW, S.; RAO, L. Algorithms for Reengineering 1991 Census Geography. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 27, n. 3, p. 425–446, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1068/a270425>>.

OWEN, N. et al. Neighborhood Walkability and the Walking Behavior of Australian Adults. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 33, n. 5, p. 387–395, 2007.

PERCHOUX, C. et al. Residential buffer, perceived neighborhood, and individual activity space: New refinements in the definition of exposure areas - The RECORD Cohort Study. **Health and Place**, v. 40, p. 116–122, 2016.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL:<https://www.R-project.org/>.

RAFIEMANZELAT, R.; EMADI, M. I.; KAMALI, A. J. City sustainability: the influence of walkability on built environments. **Transportation Research Procedia**, v. 24, p. 97–104, 2017.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. A forma urbana das cidades de médio porte e dos patrimônios fundados pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 28, n. 1, p. 93–103, 2006.

REIS, R. S. et al. Walkability and Physical Activity. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 45, n. 3, p. 269–275, set. 2013.

REZAEIAN, M. et al. Geographical Epidemiology, Spatial Analysis and Geographical Information Systems: A Multidisciplinary Glossary. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 61, n. 2, p. 98–102, fev. 2007.

RIVA, M. et al. Disentangling the Relative Influence of Built and Socioeconomic Environments on Walking: The Contribution of Areas Homogenous along Exposures of Interest. **Social science & medicine (1982)**, v. 69, n. 9, p. 1296–1305, nov. 2009.

RIVA, M. M. et al. Establishing the Soundness of Administrative Spatial Units for Operationalising the Active Living Potential of Residential Environments: An Exemplar for Designing Optimal Zones. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH GEOGRAPHICS**, v. 7, p. 43, jul. 2008.

ROLÂNDIA, Prefeitura Municipal de. (2018)

SABEL, C. E. et al. Creation of synthetic homogeneous neighbourhoods using zone design algorithms to explore relationships between asthma and deprivation in Strasbourg, France. **Social Science and Medicine**, v. 91, p. 110–121, 2013.

SAELENS, B. E. et al. Neighborhood-Based Differences in Physical Activity : An Environment Scale Evaluation. v. 93, n. 9, p. 1552–1558, 2003.

SAELENS, B. E.; HANDY, S. L. Built Environment Correlates of Walking. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. Supplement, p. S550–S566, jul. 2008.

SAELENS, B. E.; HANDY, S. L. Built Environment Correlates of Walking: A Review. **Med Sci Sports Exerc .**, v. 40, n. 206, 2010.

SAELENS, B. E.; SALLIS, J. F.; FRANK, L. D. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 25, n. 2, p. 80–91, 2003.

SALLIS, J. F. et al. an Ecological Approach To Creating Active Living Communities. **Annual Review of Public Health**, v. 27, n. 1, p. 297–322, 2006.

SALLIS, J. F.; BAUMAN, A.; PRATT, M. Environmental and Policy Interventions to Promote Physical Activity. v. 15, n. 4, 1998.

SALLIS, J. et al. Neighborhood built environment and income: Examining multiple health outcomes. **Social Science and Medicine**, [S. I.], v. 68, n. 7, p. 1285–1293, 2009.

SAÚDE, M. da; CRUZ, F. O. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. 2011.

SCHÜLE, S. A.; BOLTE, G. Interactive and Independent Associations between the Socioeconomic and Objective Built Environment on the Neighbourhood Level and Individual Health: A Systematic Review of Multilevel Studies. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, n. 3, p. 379–423, 1948.

SHASHANK, A.; SCHUURMAN, N. Unpacking walkability indices and their inherent assumptions. **Health and Place**, v. 55, n. December 2018, p. 145–154, 2019.

SIEGEL, P. Z.; BRACKBILL, R. M.; HEATH, G. W. The epidemiology of walking for exercise: Implications for promoting activity among sedentary groups. **American Journal of Public Health**, v. 85, n. 5, p. 706–710, 1995.

SOUTHWORTH, M. Designing the Walkable City. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 131, n. 4, p. 246–257, 2005.

SPECK, J. **Cidade caminhável**. São Paulo: Perspectiva, 2016. 278p.

SPIELMAN, S. E.; YOO, E.-H.; LINKLETTER, C. Neighborhood contexts, health, and behavior: Understanding the role of scale and residential sorting. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 40, n. 3, p. 489–506, 2013.

STAFFORD, M.; DUKE-WILLIAMS, O.; SHELTON, N. Small area inequalities in health: Are we underestimating them? **Social Science and Medicine**, v. 67, n. 6, p. 891–899, 2008.

TALEN, E.; KOSCHINSKY, J. The Walkable Neighborhood: A Literature Review. **International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning**, v. 1, n. 1, p. 42–63, 2013.

TRIBBY, C. P. et al. Assessing Built Environment Walkability Using Activity-Space Summary Measures. **Journal of Transport and Land Use**, v. 9, n. 1, p. 187–207, 2 jun. 2015.

VARGAS, J. C. B. Forma urbana e rotas de pedestres. p. 126, 2015.

VARGAS, J. C., NETTO, V. M. Condições urbanas da caminhabilidade. 2017. In: Cidades de pedestres: A caminhabilidade no Brasil e no mundo / Victor Andrade & Clarisse Cunha Linke (organizadores). – Rio de Janeiro: Babilonia Cultura Editorial, 2017

VASCONCELLOS, E. A. Andar nas cidades do Brasil. 2017. In: Cidades de pedestres: A caminhabilidade no Brasil e no mundo / Victor Andrade & Clarisse Cunha Linke (organizadores). – Rio de Janeiro: Babilonia Cultura Editorial, 2017

VAUGHAN, L. The spatial syntax of urban segregation. **Progress in Planning**, v. 67, n. 3, p. 205–294, 2007.

VERAS M., DOMENICO M .D., MARQUES, K. V. O transporte dentro da perspectiva ambiental da saúde. 2017. In: Cidades de pedestres: A caminhabilidade no Brasil e no mundo / Victor Andrade & Clarisse Cunha Linke (organizadores). – Rio de Janeiro: Babilonia Cultura Editorial, 2017

VIEGAS, J. M.; MARTÍNEZ, L. M.; SILVA, E. A. Effects of the modifiable areal unit problem on the delineation of traffic analysis zones. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 36, n. 4, p. 625–643, 2009.

WONG, B. Y.-M.; FAULKNER, G.; BULIUNG, R. GIS measured environmental correlates of active school transport: A systematic review of 14 studies. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 8, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION 2018. **Noncommunicable diseases country profiles 2018**.

YAMADA, I. et al. Mixed Land Use and Obesity: An Empirical Comparison of Alternative Land Use Measures and Geographic Scales. **The Professional geographer : the journal of the Association of American Geographers**, v. 64, n. 2, p. 157–177, 2012.

YAMAKI, H. T. **Iconografia Londrinense**.2003.

YANG, L. et al. Walking accessibility and property prices. **Transportation Research**

**Part D: Transport and Environment**, v. 62, p. 551–562, 2018.

YANG, L.; HU, L.; WANG, Z. The built environment and trip chaining behaviour revisited: The joint effects of the modifiable areal unit problem and tour purpose.

**Urban Studies**, v. 56, n. 4, p. 795–817, 8 mar. 2018.

YANG, T. The Fuzzy Boundary : The Spatial Definition of Urban Areas. n. December, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 2º ed. São Paulo: BOOKMAN COMPANHIA EDITORA, 2001.

ZAMPIERI, F. L. L. **MODELO ESTIMATIVO DE MOVIMENTO DE PEDESTRES BASEADO EM SINTAXE ESPACIAL, MEDIDAS DE DESEMPENHO E REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS**. 2006. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2006.

ZAR, J. H. Spearman Rank Correlation: Overview. **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**, p. 1–9, 2014.

ZHANG, L. et al. How built environment affects travel behavior: A comparative analysis of the connections between land use and vehicle miles traveled in US cities. **Journal of Transport and Land Use**, v. 5, n. 3, p. 40–52, 2012.

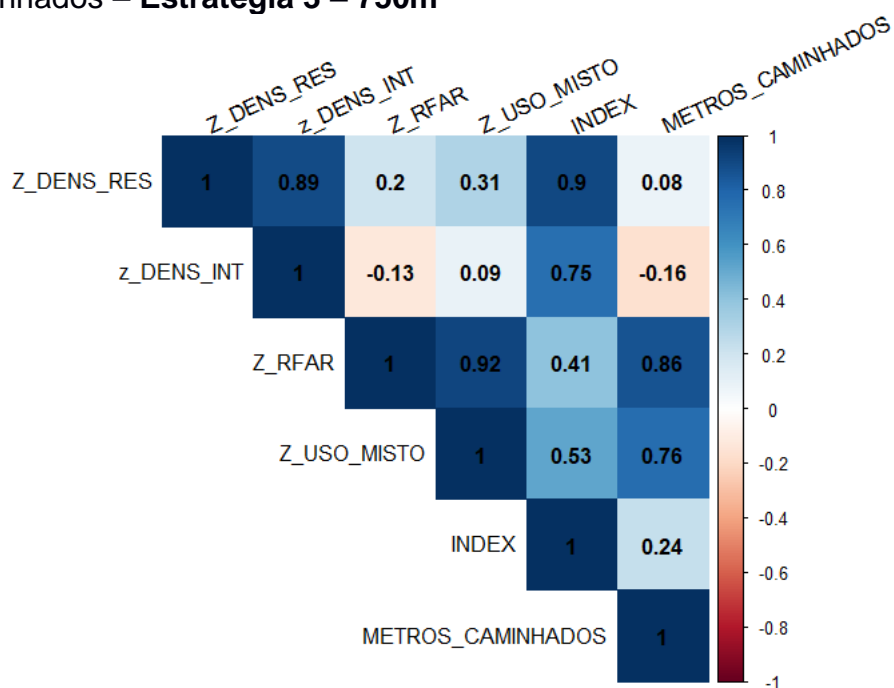
ZHANG, M.; KUKADIA, N. Metrics of Urban Form and the Modifiable Areal Unit Problem. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1902, n. 1, p. 71–79, 2005.

ZHAO, J.; EXETER, D. J. Developing intermediate zones for analysing the social geography of Auckland, New Zealand. **New Zealand Geographer**, v. 72, n. 1, p. 14–27, 2016.

## APÊNDICE

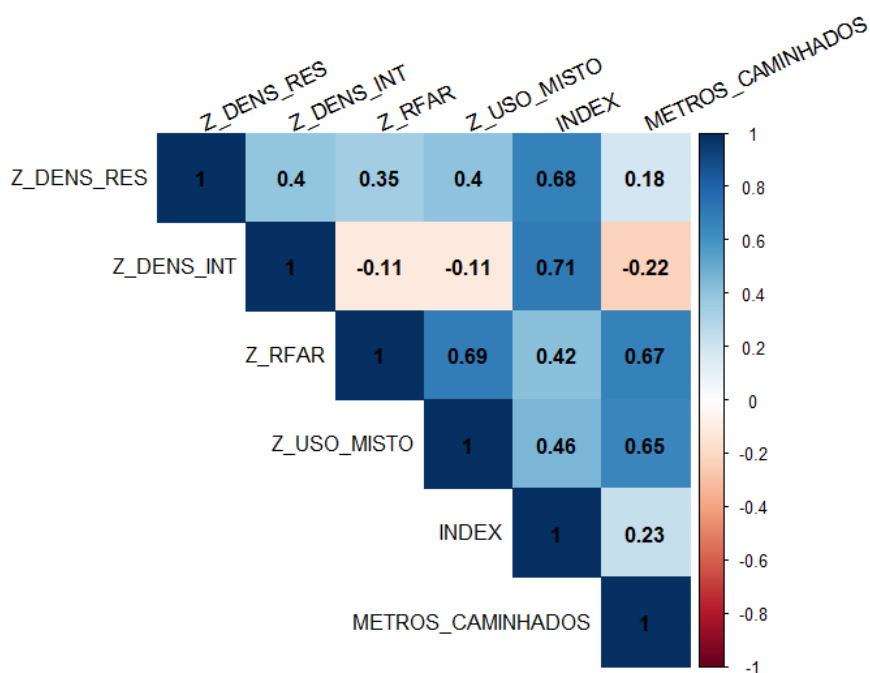
### APÊNDICE A – Gráficos de correlação das estratégias que possuíram menor associação com os níveis de caminhada.

Correlações entre o índice de caminhabilidade, variáveis do ambiente construído e metros caminhados – **Estratégia 3 – 750m**



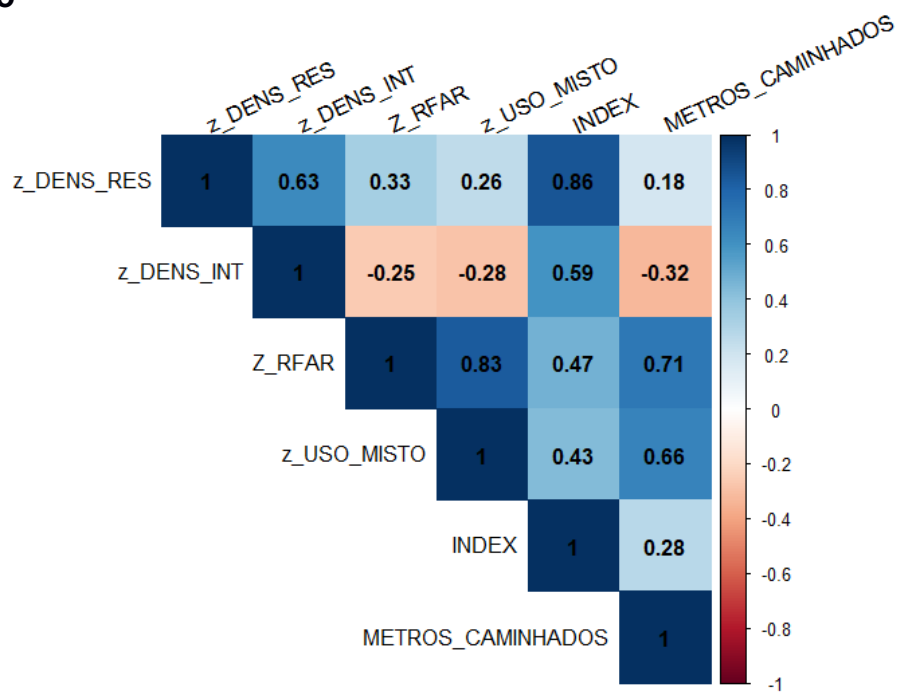
Fonte: A autora (2019)

Correlações índice de caminhabilidade e metros caminhados – **Estratégia 5 - forma urbana semelhante**



Fonte: A autora (2019)

### Correlações índice de caminhabilidade e metros caminhados – **Estratégia 6 - integração**



Fonte: A autora (2019)