



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ANDRÉ SILVA OLAK

**AMBIENTE CONSTRUÍDO E CAMINHABILIDADE:  
INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO DESLOCAMENTO A PÉ**

---

Londrina  
2019

ANDRÉ SILVA OLAK

**AMBIENTE CONSTRUÍDO E CAMINHABILIDADE:  
INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO DESLOCAMENTO A PÉ**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de mestre em arquitetura e urbanismo, no Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá.

Orientadora: Profa. Dra. Milena Kanashiro  
Co-orientadora: Profa. Dra. Eloísa Ribeiro Rodrigues

Londrina  
2019

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

Olak, André Silva.

Ambiente, construído e caminhabilidade : influência do uso do solo no deslocamento a pé / André Silva Olak. - Londrina, 2019.  
150 f. : il.

Orientador: Milena Kanashiro.

Coorientador: Eloísa Ribeiro Rodrigues.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Caminhabilidade - Tese. 2. Uso misto do solo - Tese. 3. Centralidade - Tese. 4. Sintaxe Espacial - Tese. I. Kanashiro, Milena. II. Rodrigues, Eloísa Ribeiro. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

ANDRÉ SILVA OLAK

**AMBIENTE CONSTRUÍDO E CAMINHABILIDADE:  
INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO DESLOCAMENTO A PÉ**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de mestre em arquitetura e urbanismo, no Programa Associado de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Clarice Maraschin  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul -  
UFRGS

---

Prof. Dr. Renato Tibiriçá de Saboya  
Universidade Federal de Santa Catarina -  
UFSC

---

Profa. Dra. Mariana Ragassi Urbano  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dra. Eloísa Ribeiro Rodrigues  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 13 de março de 2019.

Dedico este trabalho ao meu avô  
Prof. Manuel Netto

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas e instituições tiveram papel fundamental em me apoiar para que pudesse desenvolver esta pesquisa. Gostaria aqui de agradecer de forma especial algumas delas.

Agradeço à Capes pela bolsa que possibilitou minha dedicação exclusiva ao mestrado. Também ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo pela dedicação e esforço conjunto dos professores.

Em especial, gostaria de agradecer à minha orientadora Profa. Dra. Milena Kanashiro e co-orientadora Profa. Dra. Eloisa Ribeiro Rodrigues pelo apoio essencial oferecido nos últimos dez anos da minha vida acadêmica.

Agradeço também aos Professores: Dra. Clarice Maraschin, Dr. Renato Tibiriçá de Saboya, Dr. Renato Leão Rego e Dra. Mariana Ragasi Urbano pela participação nas bancas e contribuição com a pesquisa.

A todos os professores e pesquisadores que me ajudaram a enfrentar os desafios multidisciplinares deste trabalho: na parte de Geografia Prof. Dr. Andrei Olak Alves e Prof. Dr. Marciel Lohmann e na parte estatística, novamente à Profa. Dra. Mariana Urbano e aos pesquisadores Dra. Ana Julia Righeto e Dr. Thiago Gentil Ramires.

À Prefeitura Municipal de Rolândia e ao ITEDES por proverem parte importante dos dados utilizados nesta pesquisa.

Ao esforço conjunto do Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano nos levantamentos de dados e produção científica. Em especial aos membros Me Mônica Motomura, Me. Geane Lopes, Letícia Cabrera, Danaê Fernandes, Vitoria Sanches e Ethiane Priscila Barbosa.

Ao apoio e ajuda técnica na sistematização de dados agradeço à Carina Mitsunaga Severino e Carol Akemi Morya, Valter, Michel, Michela, Jorge, Donaldo, Justino, Timóteo e D. Maria.

Por último, porém com maior importância, agradeço a Deus e à minha família pelo apoio durante todo o período desta pesquisa.

OLAK, André Silva. **Ambiente Construído e Caminhabilidade: Influência do uso do solo no deslocamento a pé**. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

Caminhabilidade é uma qualidade do ambiente construído por meio da qual a caminhada é incentivada como modo de deslocamento. Este tema tem se destacado em discussões atuais do planejamento urbano na busca por cidades mais sustentáveis e que estimulem hábitos de vida mais saudáveis para a população. Pesquisas sugerem a contribuição do uso do solo como motivador da caminhada. Por sua vez, as chamadas teorias locacionais e os estudos configuracionais do ambiente construído, como os modelos de centralidade, ajudam a elucidar a lógica de espacialização de categorias de uso do solo nas cidades. A partir dessa discussão, esta pesquisa objetivou estimar, por meio de uma estratégia metodológica correlacional em um estudo de caso na cidade de Rolândia-PR, o quanto o uso do solo influencia o deslocamento a pé. Para tal, foi calculada a correlação entre dados quantitativos deste tipo de deslocamento com o uso do solo. Entre os procedimentos, o uso do solo foi classificado em categorias e quantificado em medidas de riqueza e equilíbrio da mistura de usos, enquanto a configuração urbana foi quantificada a partir da aplicação de cinco modelos de centralidade: Integração e Escolha, da Sintaxe Espacial, e Alcance, Interposição e Eficiência, provenientes do MCA (*Multi Centrality Assessment*). O deslocamento a pé foi estimado, a partir dos resultados da pesquisa de origem e destino, e georreferenciados. A influência do uso do solo e da configuração urbana no deslocamento a pé foi verificada nos segmentos de rua e em seus respectivos *buffers* de 200, 400 e 600 metros, sendo estas as distâncias observadas para a maioria das viagens realizadas a pé. Os resultados estatísticos indicaram variação entre as escalas de agrupamento. Na menor escala analisada, dos segmentos de rua, o uso institucional mostrou maior correlação positiva com os deslocamentos a pé, entre as categorias consideradas. Nesta escala, medidas relativas à riqueza e ao equilíbrio do uso misto do solo tiveram também correlações positivas. Já na maior escala analisada, nos agrupamentos pelos *buffers* de 600 metros, o modelo de centralidade por integração foi a variável com a melhor capacidade preditiva para o deslocamento a pé. No geral, os modelos de regressão apontaram que o deslocamento a pé foi influenciado em cerca de 30% pelas variáveis consideradas. As evidências estatísticas e a sobreposição das variáveis mais influentes nas plataformas de geoprocessamento apontaram os segmentos de rua com maior valor de integração posicionados entre áreas predominantemente residenciais e áreas com maior valor de uso misto do solo, como sendo os mais caminhados. Assim, a pesquisa permitiu deduzir a relação entre o uso do solo e o deslocamento a pé e os resultados contribuíram para melhor compreensão do ambiente construído e para o desenvolvimento de cidades econômica, social e ambientalmente mais sustentáveis.

**Palavras-chave:** Caminhabilidade. Uso misto do solo. Centralidade. Sintaxe Espacial.

OLAK, André Silva. **Built Environment and Walkability: land use influence**. 2019. 150 pp. Dissertation (Master's Degree Dissertation) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## ABSTRACT

Walkability is a built environment quality through which walking is encouraged as mode of travel. The theme has been highlighted in current discussions of urban planning aiming more sustainable cities and that stimulate healthier living habits for the population. Researches suggests that land use contribute as a motivator for walking. Locational theories and the configurational studies of the built environment, with centrality models, help to elucidate the spatialization logic of land use categories in cities. Based on this discussion this research aimed to estimate, through a correlational study strategy in a case study in the city of Rolândia-PR, how much the use land use influences walking. For this, it correlated quantitative data of this type of displacement was correlated with land use measures. Among the procedures, land use was classified into categories and quantified in measures of richness and evenness while the urban configuration was quantified using five centrality models: Integration and Choice, by Spatial Syntax, and Reach, Betweenness and Straightness, from the MCA (Multi Centrality Assessment). By georeferencing results of a origin and destiny research made in the city, walking was estimated. The influence of land use and urban configuration on walking was verified in the street segments and their respective radiuses of 200, 400 and 600 meters, these being the observed distances for most journeys made walking. Statistical results showed a variation between the grouping scales. In the smaller scale analyzed, of the street segments, the institutional use showed a greater positive relation with the displacements on foot, among the categories considered. In this scale, measures related to the richness and the balance of the mixed use of the soil also had positive correlations. In the larger scale, by the buffers of 600 meters, integration centrality model was the variable with the best predictive capacity for walking. Overall, regression models showed that walking was influenced by about 30% within the variables considered. Statistical evidence and the overlapping of the most influential variables in the geoprocessing platforms pointed to the segments of the streets with higher integration value positioned between more residential areas and areas with higher value of land use mix, being those more walked. Thus, the research allowed to deduce the relation between land use and walking, while contributing to a better understanding of the constructed environment and the development of economically, socially and environmentally sustainable cities.

**Key words:** Walkability. Land use mix. Centrality. Space Syntax.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Complexidade do fenômeno.....	26
<b>Figura 2</b> - Esquema de hierarquia dos centros de cidades da Alemanha. ....	29
<b>Figura 3</b> - Modelo hexagonal proposto por Christaller.....	30
<b>Figura 4</b> - Sobreposição hexagonal proposta por Christaller.....	31
<b>Figura 5</b> - Exemplo gráfico de aplicação do modelo de Reilly. ....	32
<b>Figura 6</b> - Representação hipotética de usos do solo (residencial, comercial e serviço) em células de um recorte espacial.....	39
<b>Figura 7</b> - Níveis da entropia .....	40
<b>Figura 8</b> - Processos de abstração do espaço urbano da foto Aerofotogramétrica (a) até Grafos (d). ....	43
<b>Figura 9</b> - Exemplo de como a configuração das vias pode visivelmente influenciar o fluxo na via central .....	45
<b>Figura 10</b> - Esquema de influências entre C (Configuração), A (Atração) e M (Movimento) .....	45
<b>Figura 11</b> - Abstração do espaço urbano pelo método MCA.....	46
<b>Figura 12</b> – Exemplo do conceito da centralidade por Alcance (Reach). ....	49
<b>Figura 13</b> - Exemplo do conceito da centralidade Betweenness (Interposição). ....	50
<b>Figura 14</b> - Fluxograma Metodológico .....	53
<b>Figura 15</b> - Localização do município de Rolândia - PR.....	55
<b>Figura 16</b> - Posição da área urbana de Rolândia em relação às cidades vizinhas...56	
<b>Figura 17</b> – Localização dos Respondentes.....	58
<b>Figura 18</b> - Espacialização dos questionários de Origem-destino .....	59
<b>Figura 19</b> - Seleção das viagens pelo modal a pé.....	59
<b>Figura 20</b> - Mapa de Carregamento de Ruas pelo modal a pé.....	60
<b>Figura 21</b> - Uso do solo de Rolândia .....	63
<b>Figura 22</b> - Valores de Integração calculados por segmentos de via em 3 raios métricos diferentes .....	66
<b>Figura 23</b> - Setores Censitários Urbanos do Município de Rolândia-PR .....	68
<b>Figura 24</b> - Dois exemplos da diferença entre buffers euclidianos no raio de 600 metros e a mesma distância percorrida na malha urbana.....	69
<b>Figura 25</b> - Exemplo de lotes alocados a cada segmentos de rua. ....	70
<b>Figura 26</b> - Unidades espaciais de Análise .....	72

<b>Figura 27</b> - Escalas utilizadas na pesquisa para agrupamento dos dados .....	73
<b>Figura 28</b> – Delineamento Metodológico da Análise Estatística.....	78
<b>Figura 29</b> - Relação entre X e Y com tendência linear (verde) e não linear (vermelho) ajustada.....	82
<b>Figura 30</b> - Dendograma .....	107
<b>Figura 31</b> - Seleção dos segmentos mais caminhados .....	114
<b>Figura 32</b> - Sobreposição entre os segmentos mais carregados e medida de riqueza .....	115
<b>Figura 33</b> - Sobreposição entre segmentos mais caminhados e Equilíbrio de Shannon por unidades .....	115
<b>Figura 34</b> - Sobreposição entre os segmentos mais caminhados com o modelo de centralidade por Integração.....	116
<b>Figura 35</b> - Sobreposição entre os segmentos mais caminhados e área residencial. ....	117
<b>Figura 36</b> - Posição dos segmentos mais carregados entre as variáveis área residencial, equilíbrio por Shannon e unidades e modelo de centralidade por Integração por vias axiais e passos. ....	118
<b>Figura 37</b> - Sobreposição entre segmentos mais caminhados, modelo de centralidade por Integração e Quantidade de Instituições. ....	119
<b>Figura 38</b> - Sobreposição entre segmentos mais caminhados, modelo de centralidade por integração e equilíbrio do uso misto do solo por Simpson.....	120
<b>Figura 39</b> - Evolução urbana do Município de Rolândia. ....	121

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Pesquisas sobre a caminhabilidade que consideram o uso do solo.....	15
<b>Quadro 2</b> - Tipos de produtos a partir do comportamento do consumidor. ....	23
<b>Quadro 3</b> - Relação entre consumidor e marcas. ....	24
<b>Quadro 4</b> - Relação entre consumidor e mercadorias. ....	25
<b>Quadro 5</b> - Relação entre Centros, Estabelecimentos e Produtos .....	27
<b>Quadro 6</b> - Classificações das Teorias Locacionais segundo HEALEY (1990). ....	33
<b>Quadro 7</b> - Pesquisas que quantificaram variáveis do uso do solo em relação ao comportamento de caminhada .....	35
<b>Quadro 8</b> - Formas de Análise da Sintaxe Espacial. ....	44
<b>Quadro 9</b> - Variáveis selecionadas com base na revisão teórica .....	52
<b>Quadro 10</b> - Fontes dos dados primários da pesquisa .....	57
<b>Quadro 11</b> - Definições das categorias de Uso do solo.....	62
<b>Quadro 12</b> - Exemplo tabela protocolo .....	62
<b>Quadro 13</b> - Critérios de divisão de áreas por usos .....	64
<b>Quadro 14</b> - Formas de agregar dados às unidades espaciais. ....	74
<b>Quadro 15</b> - Relação das variáveis analisadas na pesquisa .....	76
<b>Quadro 16</b> – Relação das abreviações das variáveis utilizadas nas análises estatísticas. ....	85
<b>Quadro 17</b> - Variáveis com melhor efeito positivo na média da variável dependente nas análises de regressão de dados selecionados .....	109
<b>Quadro 18</b> - Variáveis com melhor efeito positivo na média da variável dependente nas análises de regressão livre de dados .....	110

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados dos segmentos.....	93
<b>Tabela 2</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 200 metros .....	95
<b>Tabela 3</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 400 metros .....	97
<b>Tabela 4</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 600 metros .....	99
<b>Tabela 5</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo final de regressão com seleção livre de dados para os segmentos.....	101
<b>Tabela 6</b> - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo final de regressão com seleção livre de dados para os buffers de 600 metros.....	103

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Histograma das distâncias percorridas nas viagens a pé.....	71
<b>Gráfico 2</b> - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos segmentos.....	86
<b>Gráfico 3</b> - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos segmentos .....	87
<b>Gráfico 4</b> - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos buffers de 200 .....	88
<b>Gráfico 5</b> - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos buffers de 200. ....	89
<b>Gráfico 6</b> - Gráfico de correlação para a base de dados final SEG.....	90
<b>Gráfico 7</b> - Gráfico de correlação para a base de dados final 200 .....	91
<b>Gráfico 8:</b> Gráfico de correlação para a base de dados final 400.....	91
<b>Gráfico 9</b> - Gráfico de correlação para a base de dados final 600 .....	92
<b>Gráfico 10</b> - Efeito estimado de ARE_R na média $\mu$ . ....	94
<b>Gráfico 11</b> - Efeitos estimados de (esquerda) ARE_R e (direita) REA400 na média $\mu$ . ....	96
<b>Gráfico 12</b> - Efeitos estimados de (direita) ARE_R e (esquerda) REA400 na média $\mu$ . ....	98
<b>Gráfico 13</b> - Efeitos estimados de (esquerda) ARE_R e (direita) REA400 na média $\mu$ . ....	99
<b>Gráfico 14</b> - Efeitos estimados QNT_R na média $\mu$ .....	101
<b>Gráfico 15</b> - Efeitos estimados de (left) CHO4000 e (right) QNT_I na média $\mu$ . ....	104
<b>Gráfico 16</b> - Histograma dos segmentos com maior valor da variável “Metros caminhados”.....	104
<b>Gráfico 17</b> - Gráfico de correlações para a base de dados final.....	105
<b>Gráfico 18</b> - Quantidade de clusters selecionados por 30 métodos. ....	106
<b>Gráfico 19</b> - Método Silhouette considerando (a) 2 clusters e (b) 3 clusters. ....	106

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITEDES	Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social
PMR	Prefeitura Municipal de Rolândia
MCA	<i>Multiple Centrality Assessment</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	8
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA, OBJETIVOS E ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
2.1	CAMINHABILIDADE E AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	13
2.2	USO DO SOLO.....	17
2.2.1	Uso do Solo: considerações sobre o Setor Terciário.....	17
2.2.2	Teorias Locacionais.....	29
2.3	Uso Misto do Solo .....	34
2.2.3.1	Medidas de riqueza de usos do solo .....	37
2.2.3.2	Medidas de equilíbrio de usos do solo .....	39
2.2.4	Estudos Configuracionais do Ambiente Construído .....	42
2.2.4.1	Sintaxe espacial e MCA .....	43
2.2.4.2	Modelos configuracionais urbanos .....	46
2.2.4.2.1	<i>Acessibilidade</i> .....	47
2.2.4.2.2	<i>Alcance</i> .....	49
2.2.4.2.3	<i>Interposição</i> .....	50
<b>3</b>	<b>DADOS E MÉTODO .....</b>	<b>53</b>
3.1	ESTUDO DE CASO: ROLÂNDIA - PR.....	54
3.2	DADOS.....	56
3.2.1	Variável dependente: Percursos caminhados .....	57
3.2.2	Variáveis independentes .....	60
3.2.2.1	Uso do solo .....	60
3.2.2.1.1	Unidades .....	61
3.2.2.1.2	Definição de área por uso do lote.....	63
3.2.2.2	Medidas configuracionais .....	65
3.2.2.2.1	<i>Medidas da sintaxe espacial pelo software depthmap</i> .....	65
3.2.2.2.2	<i>Medidas de centralidades pela extensão urban network analysis</i> .....	66
3.3	MÉTODO .....	67
3.3.1	Unidades Espaciais de Análise .....	67

3.3.2	Dados agregados .....	73
3.3.3	Análise Estatística .....	77
3.3.3.1	Mineração de dados .....	78
3.3.3.2	Modelos de regressão .....	79
3.3.3.3.	Correlações .....	81
3.3.3.4	Análise de agrupamento.....	82
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>84</b>
4.1	CORRELAÇÕES .....	85
4.2	REGRESSÃO DE DADOS SELECIONADOS .....	90
4.2.1	Mineração de dados .....	90
4.2.2	Regressão de dados selecionados.....	92
4.3	REGRESSÃO COM SELEÇÃO LIVRE DE DADOS .....	100
4.4	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	104
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>112</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>123</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>126</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>134</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>149</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Uma das discussões emergentes no campo do planejamento urbano é a da mobilidade ativa nas cidades. A mobilidade urbana é a condição na qual o deslocamento de pessoas é desenvolvido, considerando os múltiplos modos existentes. Dessa forma, o deslocamento ativo é aquele realizado por meio do uso de bicicleta ou caminhada, e, pela sua natureza, se relaciona diretamente com saúde e qualidade de vida (SALLIS et al. 2009, CAMPOLI, 2012). A caminhada é a atividade física mais comum por ser acessível, de baixo custo e poder ser facilmente incorporada à rotina das pessoas (MOUDON 2006). O comportamento de caminhada já foi associado em pesquisas recentes com índices de melhoria da saúde da população e diminuição da probabilidade de doenças não transmissíveis como obesidade e diabetes (LI et al 2018, CHRISTIAN et al 2011), indicando avanços necessários.

Para além das questões de saúde, as pesquisas igualmente apontam que a caminhada está associada a fatores culturais ou de lazer que incidem de modo distinto sobre o padrão de deslocamento das populações. Aspectos do ambiente construído também podem estabelecer correlação com o comportamento de caminhada, em que as áreas que oferecem suporte a esta prática têm sido chamadas de “caminháveis” (GEHL, 2013; SEVTSUK, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Logo, tem-se por um lado a caminhabilidade como uma qualidade do ambiente construído que motiva o deslocamento a pé. Por outro lado, contudo, tem-se um modelo de expansão urbana consolidado ao longo do século XX que privilegiou o deslocamento automotivo em detrimento à escala humana, limitando a capacidade do ambiente construído de incentivar o comportamento de caminhada (GEHL, 2013).

Ainda que a caminhabilidade não seja uma qualidade intrínseca de muitas cidades, diversas pesquisas têm buscado investigar as características do ambiente construído das cidades que suportam o deslocamento a pé, muitas das quais apontam o uso do solo como um fator relevante. A correspondência entre os dois fatores, apesar de geralmente positiva, não é totalmente compreendida. Variáveis relacionadas ao uso do solo já se mostraram positivamente correlacionadas como deslocamento a pé (FRANK, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997), parcialmente

correlacionadas dependendo das variações de uso (BROWN, 2009; CHRISTIAN, 2011; LI et al., 2018), ou até não relevante na relação com o deslocamento a pé (LU et al., 2018; LU et al., 2016).

Nas abordagens analíticas-metodológicas, o uso do solo tem sido correlacionado com a configuração urbana em diversas pesquisas (PORTA et al., 2008; PORTA et al., 2010; PORTA et al., 2011; SEVTSUK, 2010; KOCKELMAN, 1997; NETTO et al., 2017). Muitas delas procuram compreender essa relação a partir do fenômeno das centralidades, utilizando modelos configuracionais para quantificar essa característica (HILLIER; HANSON 1984, HILLIER et al. 1993, HILLIER 1996, SEVTSUK 2010, PORTA et al 2006; 2008; 2010; 2011, LIMA 2015). A correspondência entre o uso do solo e a configuração urbana ainda é explorada pela literatura, mas há um consenso entre autores (MARTIN; MARCH, 1972; KRAFTA, 2014; PORTA et al., 2010; NORMANDO, 2006; MARASCHIN, 2009; GODOY, 2010) de que o “padrão de organização” do uso do solo nas cidades segue uma lógica.

De forma semelhante, o campo das teorias locacionais procura investigar a lógica espacial subjacente ao estabelecimento e distribuição de atividades comerciais nas cidades. Algumas pesquisas focam o espaço físico e procuram entendê-lo por meio do estabelecimento de modelos ideais, como as teorias locacionais neoclássicas (CHRISTALLER, 1933; REILLY, 1931; LOSH, 1954; BERRY, 1967; BECKMAN, 1968). Outras pesquisas, por sua vez, abordam a temática no viés das análises econômicas, procurando estabelecer classificações e características comuns entre os tipos de estabelecimentos e a sua localização (GILDA, 1972; VARGAS, 1981; VARGAS, 2013; LAS CASAS, 1992; KOTLER; ARMSTRONG, 2007; DAVIDSON; DOODY, 1966; GOSLING; MAITLAND, 1976).

A partir desta exposição de argumentos que evidenciam a discussão atual sobre caminhabilidade, e das possíveis correspondências com atributos do ambiente construído, questiona-se o quanto o uso do solo influencia o deslocamento a pé. Soma-se ao cenário exposto alguns outros pontos. A maioria das cidades brasileiras é classificada como médias e pequenas, e a maior parte das referências de pesquisas citadas são desenvolvidas a partir da complexidade de grandes metrópoles. No Paraná, considerados os 399 municípios, apenas 2 possuem mais de 500.000 habitantes: Curitiba e Londrina (IBGE, 2018). Cidades médias e pequenas, além de representarem a maioria, apresentam menos núcleos comerciais e residenciais e menores distâncias nas viagens em comparação com grandes

metrópoles. Essa menor complexidade pode evidenciar relações entre o ambiente construído e o deslocamento a pé. Ainda, muitos resultados dessas pesquisas estão ligados a estudos de caso realizados em países desenvolvidos como os Estados Unidos e Canadá, onde os modelos de cidades se diferenciam muito do contexto brasileiro.

Um melhor entendimento do espaço construído da cidade e sua influência em comportamentos sociais como o deslocamento a pé em municípios de pequeno e médio porte, como representativos da maioria, pode contribuir para políticas públicas de planejamento e instrumentos de regulação urbana. Argumenta-se que esta pesquisa contribuirá não somente para a melhor compreensão do espaço construído da cidade, mas também para o desenvolvimento de cidades econômica, social e ambientalmente mais sustentáveis.

## 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA, OBJETIVOS E ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A partir da temática e dos pressupostos apresentados, formula-se a questão principal da pesquisa: **O quanto o uso do solo influencia o deslocamento a pé?**

O objetivo geral foi **medir a influência do uso do solo sobre o deslocamento a pé**. Deste modo e, a título de contribuição, define-se como objetivo específico, por meio do qual se alcançará o objetivo geral:

- Analisar a influência da configuração urbana sobre o uso do solo e sobre o deslocamento a pé.

Para alcançar essa finalidade, adotou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa, uma vez que, de acordo com Yin (2001), é adequado quando se é investigado um fenômeno contemporâneo onde seu contexto real, dinâmico e complexo é indissociável da sua própria definição. Ainda, para desenvolvimento da estratégia, o método adotado foi o correlacional que, de acordo com Groat e Wang (2002), é adequado para identificar e entender padrões de comportamento socioespaciais que acontecem naturalmente e com diversas variáveis. É característica desse método a utilização de análises estatísticas para esclarecimento desses padrões.

A pesquisa encontra-se organizada em seis capítulos. O primeiro introduz a temática da caminhabilidade e da correspondente influência do uso do solo, bem como os objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo apresenta a revisão exploratória de literatura em que se estabelece o conceito e contexto da caminhabilidade, bem como sua correspondência com o ambiente construído. Como recorte do ambiente construído, o uso do solo foi analisado neste capítulo sob diferentes óticas. Primeiramente a partir de considerações sobre o setor terciário, como o setor que apresenta contato direto com o consumidor e portanto, com o deslocamento deste. Em seguida, as teorias locacionais e os estudos configuracionais do ambiente construído analisam, sob diferentes perspectivas, a espacialização do uso do solo nas cidades.

O terceiro capítulo demonstra o método, o processo de levantamento de variáveis relacionadas ao deslocamento a pé, o uso do solo e a configuração urbana relativos ao estudo de caso de Rolândia-PR. São apresentados também os procedimentos de sistematização dessas variáveis em plataformas de geoprocessamento bem como as estratégias de análise estatística por correlação, regressão e agrupamento de variáveis. O capítulo quatro apresenta os resultados das análises estatísticas e, por fim, no quinto e sexto capítulo encontram-se as discussões e conclusões da pesquisa.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Diversas pesquisas apontam o deslocamento a pé como uma característica desejável para as cidades (MOUDON, 2006; SALLIS et al., 2009; CAMPOLI, 2012; GEHL, 2013) e consideram o uso misto do solo como uma das principais variáveis incentivadoras desse comportamento (DUNCAN, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK; PIVO, 2004; FRANK et al., 2010). Sobre a localização das atividades de uso misto do solo, vários autores indicam que aqueles usos que envolvem trocas comerciais (diferentemente dos usos residenciais e institucionais, por exemplo) necessitam de um conjunto de características que deem suporte para o seu funcionamento (VARGAS, 2013; LAS CASAS, 1992; KOTLER; ARMSTRONG, 2007; DAVIDSON; DOODY, 1966; GOSLING; MAITLAND, 1976). Dessa forma, sua localização (e, portanto, a localização das áreas de uso misto, variável importante para o deslocamento a pé) seguem, no geral, uma lógica espacial.

A espacialização do uso do solo nas cidades tem sido amplamente estudada em diversas áreas do conhecimento. As abordagens de investigação são, no entanto, diferentes. Do ponto de vista da Economia e do Marketing, estuda-se o tema com foco no desempenho de mercado. Por outro lado, principalmente dos estudos advindos da área de conhecimento da Geografia, as denominadas teorias locacionais procuram entender a lógica espacial vinculada ao estabelecimento e distribuição do uso misto do solo nas cidades. Essa abordagem procura estabelecer modelos ideais, como as teorias locacionais neoclássicas (CHRISTALLER, 1933; REILLY, 1931; LOSH, 1954; BERRY, 1967; BECKMAN, 1968). Ainda, outras pesquisas abordam a temática por meio de análises econômicas, para classificar e caracterizar os tipos de estabelecimentos e a sua localização (GILDA, 1972; VARGAS, 1981; VARGAS, 2013; LAS CASAS, 1992; KOTLER; ARMSTRONG, 2007; DAVIDSON; DOODY, 1966; GOSLING; MAITLAND, 1976).

O campo dos estudos da configuração urbana e sua relação com efeitos sociais não é novo e tem crescido nas últimas décadas. Essa abordagem procura compreender e quantificar as características geométricas da configuração urbana por meio de modelos configuracionais urbanos (MARTIN; MARCH, 1972; KRAFTA, 2014; PORTA et al., 2006; NORMANDO, 2006; HILLIER; HANSON, 1984) para assim correlacioná-las com características sociais e comportamentais como: surgimento e espacialização de atividades comerciais (PORTA et al., 2008; PORTA

et al., 2010; PORTA et al., 2011; SEVTSUK, 2010), uso de transporte ativo e incentivo a atividades físicas (DUNCAN, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK; PIVO, 2004, FRANK et al., 2010; LOTFI E KOOHSARI, 2011) e coesão social (JACOBS, 1960; NETTO et al., 2017). Nesta pesquisa foram revisados modelos de centralidade provenientes da Sintaxe Espacial e MCA (*Multi Centrality Assessment*).

Portanto, mediante revisão exploratória, as frentes desta revisão de literatura foram direcionadas para a compreensão dos conceitos e variáveis relacionadas à caminhabilidade, ao uso do solo e à configuração urbana e também para subsidiar estratégias teórico-metodológicas para o desenvolvimento desta pesquisa. A primeira parte aborda as discussões sobre a importância do deslocamento a pé para o meio urbano contemporâneo bem como variáveis consideradas incentivadoras, onde o uso do solo foi recortado para ser analisado nesta pesquisa. A segunda parte, por sua vez, discorrerá sobre as principais abordagens para a compreensão da espacialização do uso do solo urbano em diferentes frentes. Na frente dos estudos da Sociologia Econômica e Marketing, foi analisado o setor terciário pela necessidade de uma lógica de espacialização na cidade para seu funcionamento. Posteriormente, as teorias locacionais e os estudos configuracionais, procuram discutir essa lógica de espacialização do uso misto do solo a partir das características correspondentes da configuração urbana.

## 2.1 CAMINHABILIDADE E AMBIENTE CONSTRUÍDO

O deslocamento a pé tem sido abordado em diversas pesquisas como uma característica desejável nas cidades considerando sua importância para as áreas da saúde, de cultura e de mobilidade urbana (MOUDON, 2006; SALLIS, et al. 2009; CAMPOLI, 2012; GEHL, 2013; SEVTSUK, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Apesar de ser incentivado por diversos fatores culturais e subjetivos (MOUDON 2007), algumas o têm associado com características objetivas do ambiente construído (MOUDON, 2006; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; SÁ, 2016; FRANK et al., 2006; SALLIS et al., 2009). O termo caminhabilidade, tradução livre de “*walkability*” pode ser entendido como uma qualidade do ambiente construído capaz de incentivar a caminhada (SOUTHWORTH, 2005). Ainda, segundo Duncan (2010), o ambiente construído compreende a configuração urbana, o uso do solo e o deslocamento das pessoas.

Cervero e Kockelman (1997) comparam modais de deslocamento com características do ambiente construído e encontram evidências na cidade de São Francisco (Estados Unidos) e concluíram que o *design*, a diversidade (de uso do solo) e densidade (de residências) são capazes de influenciar positivamente o deslocamento a pé. Campoli (2012) acrescenta à discussão mais duas características como incentivadoras: a facilidade de acesso ao destino e a distância ao transporte.

Além dessas investigações, diversas pesquisas também já procuraram quantificar o quanto o ambiente construído é capaz de incentivar o comportamento de caminhada por meio de índices de caminhabilidade (FRANK et al., 2010; SALLIS et al., 2009; LOTFI; KOOHSARI, 2011; KOOHSARI et al., 2016; REIS et al., 2013). O índice mais aplicado entre esses é o desenvolvido por Frank et al. (2010), no qual são consideradas as variáveis: densidade de intersecções, densidade residencial, taxa de ocupação comercial e uso misto do solo, calculado via entropia. Mais tarde, Reis et al. (2013) utilizam três dessas variáveis para avaliação da caminhabilidade no contexto nacional, excluindo a taxa de ocupação comercial e encontra correlações entre áreas com alto índice de caminhabilidade com o comportamento de caminhada para atividades físicas e deslocamento. Ainda, Koohsari (2016) substitui todas essas variáveis, com exceção da densidade residencial, por medidas de integração da Sintaxe Espacial devido à capacidade preditiva desta na localização do uso misto do solo nas cidades. Este novo índice, chamado de SSW (*Space Syntax Walkability*), obteve índices de caminhabilidade altamente correlacionados com o desenvolvido por Frank et al (2010) e também capacidade preditiva do deslocamento a pé. Todos estes índices consideram basicamente variações de duas características principais: o uso misto do solo e a configuração urbana como variáveis que influenciam o deslocamento a pé.

Na investigação dos fatores do ambiente construído em relação com a caminhabilidade, a maioria das pesquisas consideram características do uso do solo. A correspondência entre os dois fatores, apesar de geralmente positiva, não é totalmente compreendida. Variáveis relacionadas ao uso do solo já se mostraram positivamente correlacionadas com o deslocamento a pé (FRANK, 2010; CERVERO; KOCKELMAN, 1997), parcialmente correlacionadas dependendo das variações de uso (BROWN, 2009, CHRISTIAN, 2011, LI et al., 2018), ou até não relevante na relação com o deslocamento a pé (LU et al., 2018, LU et al., 2016) (Quadro 1).

**Quadro 1 – Pesquisas sobre a caminhabilidade que consideram o uso do solo.**

REFERÊNCIA	PESQUISA	OBJETIVO	CONCLUSÕES A RESPEITO DO USO DO SOLO
FRANK (1994)	<i>Impacts of Mixed use and Density on utilization of three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, Walking.</i>	Investigar a correlação entre o uso misto do solo e densidades de habitantes e empregos com três modos de transporte.	Correlações positivas, porém, fracas entre deslocamento a pé e uso misto do solo.
CERVERO, KOCKELMAN (1997)	<i>Travel Behavior is a function of Accessibility, Land use Mixing and Land use balance: Evidence from the San Francisco Bay Area</i>	Investigar a relevância de variáveis da forma urbana em relação à comportamento de deslocamento.	Correlação positiva entre deslocamento a pé e Uso misto do Solo. Essa correspondência é mais forte quando associada a outros fatores urbanos como densidade populacional.
LEE; MOUDON (2006)	<i>The 3D's+R: Quantifying land use and urban form correlates of walking</i>	Verificar a associação entre características da forma urbana e uso do solo com o deslocamento a pé.	Escalas de análise menores tiveram melhor correlação com o deslocamento a pé. Nem todos os tipos de uso do solo tiveram correlação positiva com o deslocamento a pé.
MOUDON et al. (2007)	<i>Attributes of Environments Supporting Walking</i>	Selecionar variáveis que deem suporte ao deslocamento a pé.	Uma das variáveis selecionadas foram os destinos. Destinos como atividades varejistas tiveram grande correlação com o deslocamento a pé.
BROWN et al. (2009)	<i>Mixed Land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight and obesity.</i>	Correlacionar medições de uso misto do solo com indicadores de saúde da população.	Resultados apontaram que o incentivo à caminhada estiveram associados com certos usos do solo mais do que o valor do uso misto medido pela entropia em si.
DUNCAN et al (2010)	<i>Relationships of Land Use Mix with Walking for Transport : Do Land Uses and Geographical Scale Matter?</i>	Investigar a correlação entre o uso misto do solo com transporte ativo e atividades físicas.	A variação de medida de uso misto do solo que considerou apenas os usos residencial, comercial e industrial / institucional tiveram melhor correlação com o deslocamento a pé do que aquelas que consideraram outros usos não importantes para o deslocamento a pé (como entretenimento e “outos”).

CHRISTIAN (2011)	<i>How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study</i>	Verificar a correlação entre o deslocamento a pé e diferentes combinações de entropia.	Viagens relacionadas a recreação e ao deslocamento estão associadas a valores de entropia que utilizam categorias de uso do solo diferentes.
FRANK (2010)	<i>The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study.</i>	Investigar a relação entre variáveis do ambiente construído com caminhabilidade e atividade física.	O uso misto do solo calculado pelo index de entropia foi elencado como uma das variáveis relevantes na identificação de áreas caminháveis.
GEHRKE; CLIFTON (2014)	<i>Operationalizing Land Use Diversity at Varying Geographic Scales and Its Connection to Mode Choice</i>	Verificar qual medida de uso do solo prediz melhor o deslocamento a pé.	O índice proposto por Hill operacionalizado na escala de buffers de 2 milhas teve o melhor desempenho
DOESCHER et al. (2014)	<i>The built environment and utilitarian walking in small US towns</i>	Caracterizar o papel do ambiente construído no deslocamento a pé em cidades pequenas dos EUA.	O uso do solo obteve relação positiva com o deslocamento a pé, porém inferior a outras características ambientais como presença de faixa de pedestres e semáforos.
TSIOMPRAS; PHOTIS (2016)	<i>What Matters when it comes to "Walk and the city"? Defining a weighted GIS-based walkability index</i>	Definição de um index de caminhabilidade utilizando uma base SIG.	O uso misto do solo calculado pelo index de entropia foi elencado como uma das variáveis relevantes na identificação de áreas caminháveis.
LU et al. (2016)	<i>Urban density, diversity and design: Is more always better for walking? A study from Hong Kong</i>	Verificar o quanto características apontadas por Cervero e Kockelman estão correlacionadas com o deslocamento a pé no estudo de caso.	Apenas a densidade populacional foi correlacionada ao deslocamento a pé, a diversidade de uso do solo não foi significativa.
LI et al. (2018)	<i>Investigating the association between streetscapes and human walking activities using Google Street View and human trajectory data</i>	Verificar o grau de correlação entre características do ambiente e uso do solo com a presença de pessoas se deslocando a pé.	As associações encontradas variaram entre os usos do solo. A maior correlação positiva foi com o uso comercial.

LU et al. (2018)	<i>Commuting Mode Choice in a High-Density City: Do Land-Use Density and Diversity Matter in Hong Kong?</i>	Em ambientes aparentemente ideais para o deslocamento a pé, verificar o quanto características de uso do solo e acessibilidade estavam correlacionadas com o deslocamento de pedestres.	No estudo de caso, ruas com maior valor de acessibilidade tiveram melhor correlação com o deslocamento a pé do que características do uso do solo.
------------------	---	---	--

**Fonte:** Autor.

Observa-se nos estudos uma evolução na discussão do assunto. As primeiras abordagens do uso do solo consideravam apenas o uso misto como variável enquanto as mais recentes procuram responder melhor como se dá a influência no caminhar analisando os usos separadamente. A maioria dos resultados apontam correlações positivas entre o uso misto do solo e o deslocamento a pé.

## 2.2 USO DO SOLO

Considerando o uso do solo como parte integrante do ambiente construído (DUNCAN et al., 2010) e sua importância no comportamento de caminhada, esta parte da revisão de literatura irá explorar este componente em três abordagens diferentes.

Primeiramente foram exploradas características de localização de atividades do uso do solo, na macro escala, a partir das abordagens clássicas das teorias locacionais. Em seguida, o setor terciário foi revisado como categoria de uso do solo importante para a definição do fluxo de pessoas e dependente de um conjunto de fatores que possam estabelecer seu pleno funcionamento. Por último, foram exploradas formas de quantificação do uso misto do solo como estratégia analítico-metodológica da pesquisa.

### 2.2.1 Uso do Solo: considerações sobre o Setor Terciário

A classificação das atividades de uso do solo varia conforme os objetivos de cada pesquisa. No entanto, é um consenso entre autores que aquelas que envolvem trocas comerciais necessitam de um conjunto de características que

deem suporte para o seu funcionamento (MARTIN; MARCH, 1972; NORMANDO, 2006; FUJITA, 1989). Neste sentido, tais atividades estão inseridas no chamado setor terciário, definido, segundo Vargas (2001, p. 52) como “aquele que incorpora atividades que não produzem nem modificam objetos físicos e que terminam no momento em que são realizados”. Ainda segundo a autora, as atividades do setor terciário abrangem não só a varejista e atacadista, mas também a prestação de serviços e outras como cultura, lazer e turismo.

Alguns autores estabelecem, por outro lado, uma definição mais abrangente, na vinculação como a modalidade de varejo, como aquela que engloba várias outras (venda atacadista, lazer, prestação de serviços), não importando a maneira ou onde os bens ou serviços são vendidos (KOTLER; ARMSTRONG, 2007). Davidson e Doody (1966), Las Casas (1992), Richert (1954) e Spohn e Allen (1973) entendem que as atividades varejistas são apenas aquelas que têm contato com o consumidor final.

Las Casas (1992) aborda essa motivação do uso do varejo pelo consumidor pela ótica histórica. Segundo o autor, a história de troca de mercadorias começa após a autossuficiência, ou seja, quando a produção de bens básicos produzidos individualmente pelas famílias tornou-se grande o suficiente para que fosse possível criar especializações. Assim era possível trocar mercadorias especializadas não sendo mais necessária a autossuficiência. Além dessa vantagem, a participação do intermediário varejista no processo de troca reduz o número de transações realizadas que proporcionam proveito de posse, de tempo e de lugar ao consumidor.

Em todas essas vantagens das especialidades, a não necessidade da autossuficiência, a economia no tempo e no transporte possibilitaram, historicamente, que o varejo fosse se desenvolvendo nos lugares onde as pessoas se encontravam nas cidades. Segundo Vargas (1981), a Revolução Industrial aumentou a especialização de produtos e a importância dos centros. Surgiram então as feiras periódicas e, segundo a mesma autora, o principal elemento que influenciava essa periodicidade era a densidade populacional e a cultura de cada lugar. A localização desses mercados era o ponto de passagem de camponeses (VARGAS, 1981) e a facilidade de acesso e de crescimento da densidade populacional, transformou as feiras de temporárias a permanentes (LAS CASAS, 1992). Vargas (2013) reafirma o fluxo de pessoas como definidor da localização dessas atividades comerciais iniciais:

É este encontro de fluxos de pessoas e mercadorias, local de facilitação das relações humanas, espaço para o abastecimento das populações não autossuficientes, principalmente as urbanas, o embrião do lugar do mercado, marcando assim a relação entre a atividade econômica do comércio e serviços e o espaço que lhe dá suporte. (VARGAS, 2013, p. 2).

Trazendo a discussão para o contexto nacional, Las Casas (1992) acrescenta que a história do varejo brasileiro está diretamente relacionada à infraestrutura das cidades e foi determinante para ele o próprio crescimento delas. Somente no Segundo Império, com o desenvolvimento da indústria e a construção de estradas de ferro definitivas foi que os estabelecimentos de varejo puderam efetivamente se estabelecer de modo mais organizado nas cidades.

Reafirmando a importância dos fluxos para efetivação da atividade comercial, Las Casas (1992) diz que à medida que bondes e carros se popularizavam nos meios urbanos, a localização dos estabelecimentos passou a acontecer nas bordas dessas vias e não mais somente nos centros, dando origem aos primeiros comércios de bairro. Sobre a discussão dessas transformações, Bruna (1972) classifica a evolução dos centros comerciais em três etapas:

- 1ª: Centro concentrado em vias principais de compras;
- 2ª: Crescimento do Centro que passa a ser cortado por vias de tráfego;
- 3ª: Não é mais cortado por vias para fluxo de carros e possui áreas exclusivas para pedestres.

Ainda segundo a autora, a partir da década de 60, houve uma gradual mudança dos centros comerciais e das vias de circulação principais para os grandes empreendimentos afastados dos centros. Davidson e Doody (1966) chamam esses novos empreendimentos de Distritos Comerciais planejados, enquanto os não planejados são aqueles de surgimento espontâneo, resultado de ações individuais ao longo do tempo.

Novamente sobre a espacialização do setor terciário, além dos fatores já expostos, muitos autores concordam com a existência de um conjunto de variáveis que favorecem seu desenvolvimento. A maior parte das características apontadas

pelos autores (LAS CASAS, 1992; DAVIDSON; DOODY, 1966; BRUNA, 1972) são fatores direta ou indiretamente relacionados com a localização do estabelecimento como rede viária do entorno, capacidade de estacionamento, densidade residente próxima e circulação de pessoas, facilidade de acesso e transporte público disponível. Segundo Lazer et al. (1961 apud HEALEY, 1990, p. 97) “O sucesso das operações varejistas não depende da seleção apropriada de cada elemento e subcomposto mas da interação entre eles”. Las Casas (1992) aponta também que apesar dessas características serem, de certa forma, controláveis, existem também aquelas que não estão sob o controle dos responsáveis pelo estabelecimento como econômicas, políticas, legais, sociais e culturais.

A partir da reflexão dos autores citados, entende-se que as localizações comerciais surgem a partir do fluxo de pessoas e, portanto, da existência de mercado consumidor. Estas localidades detêm o privilégio de possuir a maioria das características controláveis que contribuem para o suporte de atividades comerciais. Sobre o tema, Villaça (2001) aborda:

A essência do valor de uso da localização está associada à otimização dos deslocamentos de toda a comunidade, é neste ponto que está cristalizada a maior quantidade de trabalho socialmente necessário despendido na produção da aglomeração e pela aglomeração. (VILLAÇA, 2001, p. 239).

Da mesma forma, Healey (1990) argumenta que o padrão de conexões nas cidades está muito associado com o padrão de aglomerações comerciais. As características dessas aglomerações comerciais são abordadas em alguns estudos (PROUDFOOT, 1937; GOSLING; MAITLAND, 1976; BRUNA, 1972; VARGAS; MENDES, 1999).

Proudfoot (1937) classificou as aglomerações comerciais dos Estados Unidos, no início do século XX, em cinco categorias, em ordem crescente de tamanho e importância:

1. *The isolated store cluster* (grupo isolado de comércios);
2. *The neighborhood business street*; (rua de comércio de bairro);
3. *The principal business thoroughfare*; (via comercial principal);
4. *The outlying business center*; (áreas periféricas comerciais);
5. *Central business district*; (CDB) (área central comercial).

Segundo Sevtsuk (2010), essa estrutura básica permanece até hoje. Gosling e Maitland (1976) também classificam essas aglomerações, porém de uma maneira simplificada a partir da abrangência média de cada uma em quantidade de pessoas:

1. Centro de bairro (aprox. 10.000 pessoas/distância caminhável do bairro);
2. Centro regional (aprox. 40.000 pessoas);
3. Centro principal (aprox. 100.000 pessoas).

No contexto brasileiro, Vargas (1999) assim como Gosling e Maitland (1976), classifica as aglomerações a partir da hierarquia de centralidades:

1. Centro Local: Áreas para atender às necessidades básicas dos moradores;
2. Centro Regional: Produtos não exclusivos para o uso residencial;
3. Centro Principal: Áreas centrais;
4. Centros Especializados: Centros com atividades similares que se formam nos corredores de grande movimento.

A autora ainda relaciona as centralidades com tipos de atividades comerciais predominantes em cada uma. Como conclusão, afirma que algumas classificações de estabelecimentos comerciais são mais presentes em certos tipos de centros. Vargas (2000) acrescenta a classificação de agentes varejistas na discussão da inserção e importância desses para o espaço urbano:

1. *E-commerce*;
2. Ambulantes;
3. Pequeno lojista (independente);
4. Grandes lojas (de departamentos, franquias);
5. Empreendimentos imobiliários.

Dunne e Lush (1999) e Sevtsuk (2010), por outro lado, utilizam uma classificação de estabelecimentos comerciais menos abrangente. Em suas pesquisas foram utilizadas classificações governamentais oficiais, como o SIC (*Standart*

*Industrial Classification*) nos Estados Unidos e o Cadastro Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) no Brasil.

Davidson e Doody (1966) acrescentaram que o varejo é a parte final de um processo maior que é o Marketing. Segundo o autor, Marketing é uma ciência de mercados, ou seja, um processo no qual as demandas de consumidores são previstas e satisfeitas através de concepção, solicitação, troca e distribuição física de produtos e serviços. O varejo é a parte final na qual o estabelecimento vende o produto ao consumidor. Segundo o mesmo autor, sendo o consumidor o foco de todo o processo, o marketing no nível do varejo procura entender a sua natureza individual e motivação, ou seja, tem também a função de otimizar o serviço prestado.

Kotler e Armstrong (2007) e Las Casas (1992) não classificam centros comerciais, mas discutem o assunto relacionando tipos de produtos com comportamento do consumidor (Quadro 2).

Quadro 2 - Tipos de produtos a partir do comportamento do consumidor.

Tipo de produto de consumo				
Considerações de marketing	Conveniência	Compra comparada	Especialidade	Não procurado
<b>Comportamento de compra do cliente</b>	Compra frequente, pouco planejamento, pouca comparação ou esforço na compra, baixo envolvimento do cliente.	Compra menos frequente, muito planejamento e esforço na compra, comparação de marcas quanto a preço, qualidade, estilo.	Forte preferência e fidelidade de marca, esforço especial na compra, pouca comparação de marcas, baixa sensibilidade ao preço.	Pouca conscientização e conhecimento do produto (ou, quando há conscientização, pouco interesse ou até interesse negativo)
<b>Preço</b>	Preço baixo	Preço mais alto	Preço alto	Varia
<b>Distribuição</b>	Distribuição ampla, localizações convenientes	Distribuição seletiva em menos pontos de venda.	Distribuição exclusiva em um único ou poucos pontos de venda por áreas de mercado	Varia
<b>Promoção</b>	Promoção em massa pelo fabricante	Propaganda e venda pessoal feitas tanto pelo fabricante quanto pelos revendedores	Promoção mais cuidadosamente dirigida feita tanto pelo fabricante quanto pelos revendedores	Propaganda agressiva e venda pessoal pelo fabricante e pelos fornecedores
<b>Exemplos</b>	Creme dental, revistas, sabão em pó.	Eletrodomésticos de grande porte, aparelhos de televisão, móveis, vestuário.	Bens de luxo, como relógios Rolex ou cristais finos.	Seguros de vida, doação de sangue.

Fonte: Kotler e Armstrong (2007, p. 202).

Segundo Kotler e Armstrong (2007), a frequência com a qual o consumidor adquire certos produtos define seu nível de envolvimento com a compra (Quadro 3). Produtos comprados com maior frequência (diária, semanal ou mensalmente) não exigem um grau de envolvimento muito grande na decisão de compra, são mais baratos e podem ser encontrados mais amplamente distribuídos na cidade, por isso são chamados de produtos de conveniência. Aqueles produtos

comprados com pouca frequência (como o caso de eletrodomésticos e automóveis) e que também são mais caros exigem um grau maior de envolvimento do consumidor e, por isso, os levam a comparar preços e marcas em diferentes estabelecimentos. Estes produtos são chamados então de compra comparada. Tanto estes quanto os de conveniência são os dois tipos mais comuns no cotidiano das pessoas e por isso sugerem maior impacto nos estabelecimentos comerciais e na especialização deles. Como exceção, os produtos de especialidade são aqueles que exercem forte preferência e fidelidade a uma marca e, assim como os não procurados, não tem um padrão de distribuição de venda.

**Quadro 3** - Relação entre consumidor e marcas.

	<b>Alto envolvimento</b>	<b>Baixo envolvimento</b>
<b>Diferenças significativas entre as marcas</b>	Comportamento de compra complexo	Comportamento de compra em busca de variedade
<b>Poucas diferenças entre as marcas</b>	Comportamento de compra com dissonância cognitiva reduzida	Comportamento de compra habitual

Fonte: Kotler e Armstrong (2007, p.126).

Las Casas (1992) complementa a classificação de Kotler e Armstrong (2007) e relaciona os três principais tipos de mercadorias (conveniência, compra-comparada e especialidade) com estabelecimentos comerciais com essas características (Quadro 4).

**Quadro 4 -** Relação entre consumidor e mercadorias.

Comparação de lojas e produtos com comportamento de compras.				
		LOJAS		
		Conveniência	Escolha (compra comparada)	Especialidade
MERCADORIAS	Conveniência	Consumidores preferem comprar a marca ou produto mais disponível na loja mais acessível.	Consumidores selecionam a marca do sortimento da loja mais acessível.	Consumidores compram sua marca favorita da loja mais acessível.
	Escolha (compra comparada)	Consumidores são indiferentes à marca ou produto que compram, mas pesquisam lojas diferentes para assegurar os menores preços e os melhores serviços varejistas.	Consumidores fazem comparações entre fatores varejistas e fatores associados com produtos ou marcas.	Consumidores apresentam forte preferência pela marca, mas comparam preços de várias lojas para assegurar melhores serviços de varejo ou preços menores.
	Especialidade	Consumidores preferem comprar em determinada loja, mas são indiferentes à marca ou produto comprado.	Consumidores preferem negociar em certa loja, mas apresentam incertezas quanto ao produto que querem. Examinam o sortimento da loja para melhor compra.	Consumidores têm preferência para ambos: a loja em particular e a marca específica.

Fonte: Las Casas (1992, p. 69)

As relações apresentadas por Las Casas (1992) permitem compreender uma gradação de comportamento entre consumidores e produtos. Segundo o autor, essa compreensão permite refletir sobre a área de influência de cada estabelecimento e, assim, tomar decisões relativas à localização ideal para cada um.

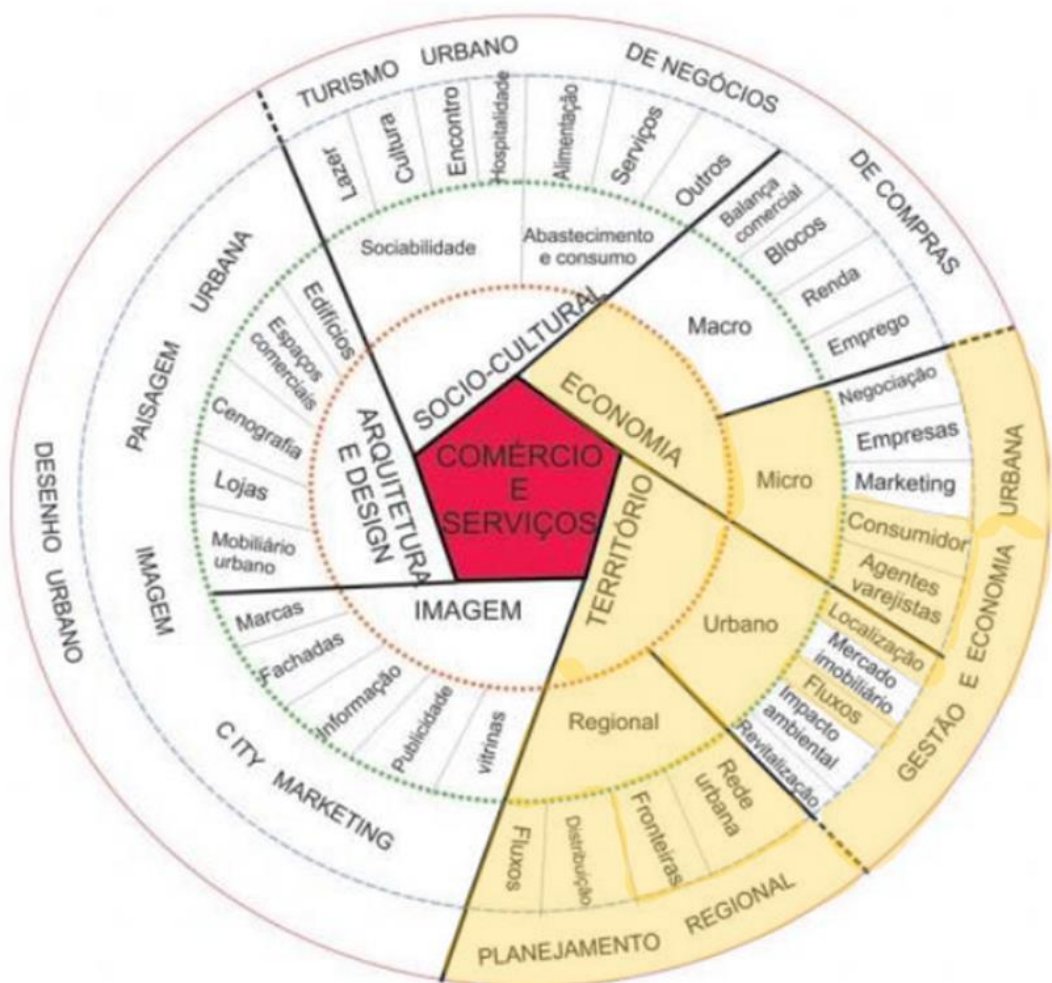
Ainda segundo Las Casas (1992), lojas de conveniência têm uma área de abrangência pequena e, como seus produtos não apresentam grande

envolvimento na decisão de escolha, não se beneficiam em estarem perto de outras lojas de conveniência. Já lojas de compra comparada apresentam grande raio de abrangência, mas se beneficiam de estar perto de lojas “concorrentes” pelo comportamento de comparação de mercadorias que seus produtos exercem no consumidor.

\*\*\*\*\*

Tais conceituações demonstram o caráter complexo do conhecimento do comércio e de serviços nas cidades e, Vargas (2013) indica que as respostas de questões que envolvam a temática requerem estratégias teórico-metodológicas de diferentes áreas do conhecimento (Figura 1).

**Figura 1 – Complexidade do fenômeno**



Fonte: Vargas (2013, p. 7) (modificado).

Nesse sentido, diversos autores nas áreas da economia e marketing (PROUDFOOT, 1937; DAVIDSON; DOODY, 1966; LAS CASAS, 1992; KOTLER; ARMSTRONG, 2007) como também da arquitetura e do urbanismo (BRUNA, 1972; VARGAS, 1999, 2000, 2013) procuraram responder questões referentes à espacialização de atividades comerciais nas cidades. Todos eles apontam características relacionadas ao surgimento e permanência dessas atividades. Observa-se que todas as pesquisas apontam a localização dessas atividades comerciais como um dos principais fatores para o seu sucesso. E ainda, a maioria delas aponta o fluxo de pedestres, a densidade de pessoas e a proximidade com as diferentes categorias de centros como os principais fatores em uma localização desejada. Entende-se que, para a pesquisa, as áreas em destaque na Figura 1 – compreendidas entre o Planejamento Territorial e a Gestão e Economia Urbana - serão consideradas relevantes

Todos esses autores procuraram a lógica de espacialização do comércio e comportamento do consumidor combinando hierarquias de aglomerações e classificações de estabelecimentos e produtos. E, embora o entendimento contemporâneo dessas relações não seja demasiado determinístico em universos complexos como o urbano, é possível observar em todas essas pesquisas uma estrutura básica semelhante nas classificações de centros, estabelecimentos comerciais e produtos, além de uma analogia entre eles (Quadro 5).

**Quadro 5 - Relação entre Centros, Estabelecimentos e Produtos**

Centros	Estabelecimentos	Produtos
Local	Pequeno lojista (independente)	Conveniência
Regional	Diversidade de estabelecimentos	Variam de acordo com o tipo de estabelecimento
Principal	Diversidade de estabelecimentos	Variam de acordo com o tipo de estabelecimento
Especializado	Grandes lojas (de departamentos, franquias)	Compra comparada / Especialidade

**Fonte:** Autor

A partir do exposto, entende-se que os centros locais estão relacionados a pequenos lojistas e compra de produtos de conveniência. Ou seja, produtos comprados com maior frequência tendem a aglomerar-se em centros menores. Já os produtos especializados ou de compra comparada costumam estar

em grandes lojas e em centros especializados. Vale ressaltar que as relações observadas provêm de uma interpretação da realidade de ambientes complexos e que geralmente acontecem de forma orgânica e sobreposta nas cidades. Em centros regionais e principais, por exemplo, os raios de abrangência tendem a se sobrepor e haver uma mistura entre essas classificações. Conclui-se a partir daí que a lógica espacial de distribuição das atividades comerciais também se relaciona com o tipo de produto vendido.

A bibliografia revisada sugere que o entendimento da espacialização dos componentes do uso misto do solo que envolvem atividades comerciais nas cidades (apesar de multidisciplinar) pode ser melhor explicado por meio das análises territoriais (abrangendo o planejamento urbano e regional) e microeconômicas, a partir das atividades dos agentes varejistas.

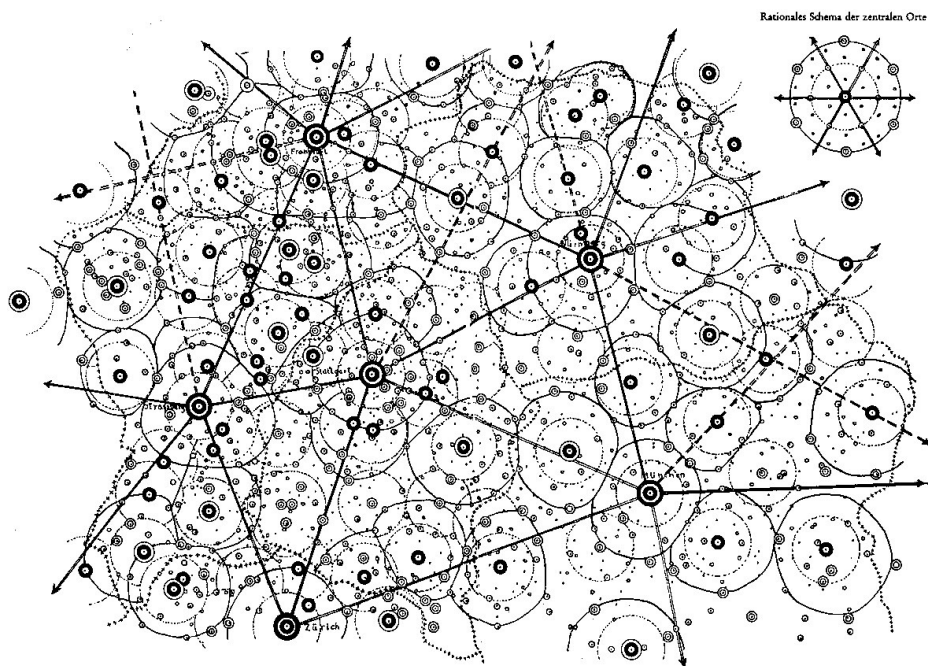
### 2.2.2 Teorias Locacionais

A localização espacial das áreas comerciais nas cidades tem sido amplamente estudada em diversas áreas do conhecimento. No campo das teorias locacionais modelos têm sido desenvolvidos na tentativa de explicar o fenômeno. Os modelos gravitacionais (REILLY, 1931; HUFF, 1964) investigam relações de proporcionalidade e atração entre centros e pessoas, mas ignoram aspectos geométricos do espaço. Por outro lado, os modelos microeconômicos (CHRISTALLER 1933, LOSH 1954, BERRY 1967, BECKMAN 1968) procuram nos aspectos geométricos respostas de hierarquização de centros e localização comercial.

A base clássica das teorias locacionais está nos modelos microeconômicos desenvolvidos por Christaller em 1933 e seguidos de suas derivações: Losh em 1954, Berry em 1967 e Beckman em 1968.

O geógrafo Christaller (1933) desenvolveu a “Teoria dos Lugares Centrais” como um modelo dedutivo na tentativa de explicar a distribuição e hierarquia dos centros das cidades do sul da Alemanha (Figura 2) (VARGAS, 1981; SEVTSUK, 2010).

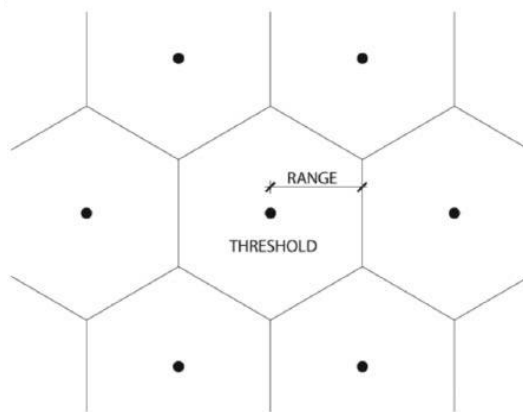
**Figura 2** - Esquema de hierarquia dos centros de cidades da Alemanha.



**Fonte:** Christaller (1933).

Segundo Sevtsuk (2010), Christaller partiu de dois pressupostos para o desenvolvimento da teoria: o primeiro é que a população compra mercadorias no centro mais próximo (chamado de alcance ou “*range*”) e o segundo que a oferta de um produto está em equilíbrio com a demanda (chamado de limite ou “*threshold*”). Segundo o autor, a combinação entre o maior *range* e o menor *threshold* resultava num padrão hexagonal (Figura 3).

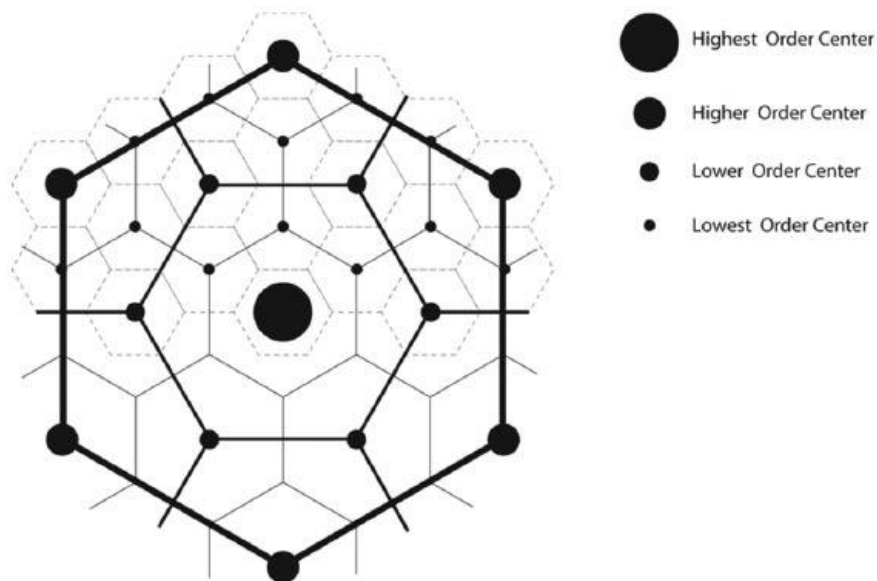
**Figura 3** - Modelo hexagonal proposto por Christaller.



**Fonte:** Sevtsuk (2010, p.16).

Sevtsuk explica que, segundo Christaller, bens procurados com maior frequência pela população, como produtos alimentícios, possuem uma área de influência de menor dimensão. Enquanto isso, produtos comprados com menor frequência, como mobiliário e eletrodomésticos, precisam de uma área de influência maior. Essa diferença de influências de produtos oferecidos pelos centros resultaria em um modelo de sobreposição de hexágonos (Figura 4).

**Figura 4** - Sobreposição hexagonal proposta por Christaller.



**Fonte:** Sevtsuk (2010, p.16).

Losh (1954) parte do modelo hexagonal proposto por Christaller, mas propõe uma flexibilização da estrutura inicial rígida. O autor diz que variáveis como quantidade de oferta e demanda e custos de transporte criariam dimensões variáveis de abrangência e que por isso haveria um número máximo e mínimo de centros comuns a hexágonos diferentes.

Berry (1967) encontra evidências dessa lógica espacial nos Estados Unidos e propõe mais variações do modelo inicial proposto por Christaller. Segundo o autor, cada categoria de produto necessita de um tamanho mínimo de mercado para garantir a rentabilidade mínima necessária. Caso o mercado não proporcione essa venda mínima, este produto só será encontrado em um centro de nível superior na hierarquia. As áreas de mercado desses níveis superiores são dadas pela competição com outros centros de mesma categoria. Por fim, Beckmann (1968) admite o modelo estático e rígido de Christaller, e apenas o descreve matematicamente relacionando as áreas dos hexágonos com a população e a hierarquia dos centros.

A crítica em relação a esses modelos iniciais da microeconomia é a representação do espaço de forma plana e estática, com uma população igualmente distribuída (VARGAS, 1981; HEALEY, 1990). Esses modelos, apesar de partirem de observações em casos reais, procuravam descrever situações ideais mais do que representar a realidade.

Os modelos gravitacionais usados nas teorias locacionais partem, segundo Vargas (1981), da lei da física de Gravitação Universal de Isaac Newton. Segundo esta lei, dois corpos se atraem de forma diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da sua distância. Reilly (1931) propõe um modelo gravitacional que descreve o grau de influência de dois centros na população residente entre eles. O modelo é descrito por (REILLY, 1931):

$$\frac{B_a}{B_b} = \left(\frac{P_a}{P_b}\right) \cdot \left(\frac{D_b}{D_a}\right)^2$$

Onde:

B<sub>a</sub> – proporção da população da cidade intermediária atraída pela cidade “a”;

B<sub>b</sub> – proporção da população da cidade intermediária atraída pela cidade “b”;

P<sub>a</sub> – População da cidade “a”;

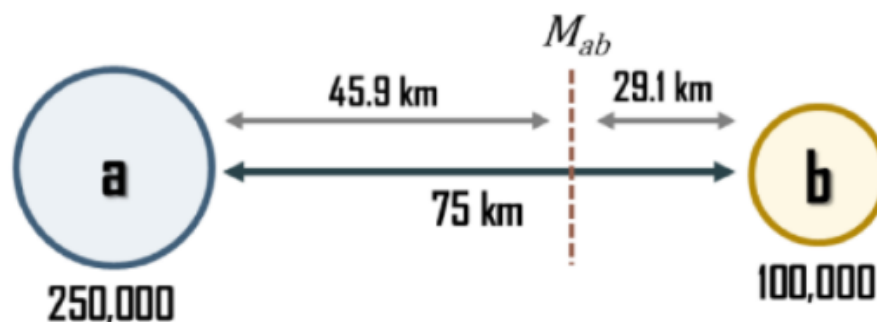
P<sub>b</sub> – População da cidade “b”;

D<sub>a</sub> – Distância entre a cidade intermediária até a cidade “a”;

D<sub>b</sub> – Distância entre a cidade intermediária até a cidade “b”.

Dessa forma, como o exemplo da Figura 5, a cidade “a” com 250 mil habitantes estaria a uma distância de 75 km da cidade “b”. No entanto, teria influência sobre 45,9 km e, da mesma forma, a cidade “b” teria influência sobre 29,1 km.

**Figura 5** - Exemplo gráfico de aplicação do modelo de Reilly.



**Fonte:** <[https://www.e-education.psu.edu/geog597i\\_02/node/678](https://www.e-education.psu.edu/geog597i_02/node/678)> acessado em 10/11/2017

Nota-se que, em todas essas teorias e modelos, buscam-se explicações para questões semelhantes de localização comercial e hierarquização central.

Sobre o assunto, Healey (1990) apresenta três classificações na forma como as pesquisas têm abordado as teorias locacionais (Quadro 6).

**Quadro 6** - Classificações das Teorias Locacionais segundo HEALEY (1990).

	<b>CLASSIFICAÇÃO TEORIAS LOCACIONAIS</b>		
	<b>Neoclássica</b>	<b>Behaviorista</b>	<b>Estruturalista</b>
<b>Período</b>	Até década 60	Década 70	Década 80
<b>Crítica ao movimento anterior</b>	-	Modelos neoclássicos foram uma representação ruim da realidade	A produção espacial está relacionada com a estrutura do capital
<b>Principais Características / Princípios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Procura padrões, regularidades e generalizações;</li> <li>•Ordens identificáveis no mundo;</li> <li>•Modelos de equilíbrio e localizações “ótimas”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Foco no indivíduo e o seu comportamento na tentativa de descobrir generalizações;</li> <li>•Maior leque de variáveis;</li> <li>•Uso de estatísticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Visão holística;</li> <li>•Ações externas da economia influenciam as decisões de localizações;</li> <li>•A produção espacial está relacionada com a estrutura do capital.</li> </ul>
<b>Área do conhecimento predominante</b>	Geógrafos	Sociólogos e Psicólogos	Geografia Econômica

Fonte: Autor

Segundo Healey (1990), das primeiras pesquisas até a década de 60, as teorias chamadas neoclássicas tinham um caráter determinístico da localização comercial. A compreensão da realidade partia da procura de padrões e generalizações, na busca de ordens identificáveis. Os modelos propostos procuravam equilíbrio e localizações ótimas com o foco no “maior lucro possível”. Na década de 70, com as crises financeiras globais, novas pesquisas criticaram a forma idealizada como os neoclássicos representavam o espaço. As pesquisas migraram da Geografia para a Sociologia e Psicologia onde a busca de generalizações deixou de ser na geometria do espaço e passou a ser no comportamento do indivíduo, por isso o nome de Behaviorista. A grande contribuição dessas pesquisas foi a tentativa de

correlacionar um leque maior de variáveis com o uso de estatísticas nas pesquisas. Já na década de 80, as pesquisas deixaram de ter o foco no comportamento individual e passaram a analisar o sucesso da localização comercial por índices econômicos e resultados de mercado. Os Estruturalistas acreditavam que o capital financeiro influenciava as decisões locacionais e, por isso, o entendimento da sua espacialização estaria nele.

Segundo Healey (1990), depois dos estruturalistas a tendência atual é a de uma combinação entre características dos movimentos anteriores para compreensão do fenômeno. Acredita-se que, sendo a localização comercial um assunto que tange diversas áreas, uma abordagem holística possa trazer melhor compreensão do assunto. Modelos mais contemporâneos tendem, portanto, a serem mais abrangentes na busca de padrões de fenômenos complexos que acontecem em diferentes dimensões e são influenciados por diversos fatores. Diferentes áreas do conhecimento como a Filosofia, Psicologia e Sociologia Econômica também estudam esses fenômenos a partir de diferentes abordagens.

A partir das teorias locacionais apresentadas, bem como das características dos movimentos neoclássico, behaviorista e estruturalista, retiram-se como elementos importantes de análise na pesquisa:

- Procura de padrões, de regularidades e de generalizações;
- Ordens identificáveis no mundo;
- Indivíduo e o seu comportamento;
- Uso de estatísticas;
- Relação com atividades da Geografia e Sociologia Econômica.

### 2.3 Uso Misto do Solo

Segundo Bordoloi et al. (2013) o uso misto do solo refere-se àquelas áreas nas quais atividades distintas coexistem. Apesar de simples, a definição de uso misto do solo nem sempre é expressa nas pesquisas e não há consenso na extensão dessa área ou na categorização de usos. Portanto, não há definição exata de quando uma área pode ser considerada como contendo uso misto. A estratégia comumente usada nas pesquisas revisadas é quantificar essa característica (Quadro 7).

**Quadro 7** - Pesquisas que quantificaram variáveis do uso do solo em relação ao comportamento de caminhada

<b>PESQUISAS QUE QUANTIFICARAM VARIÁVEIS DO USO DO SOLO EM RELAÇÃO AO COMPORTAMENTO DE CAMINHADA</b>		
<b>REFERÊNCIA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>ÍNDICES QUANTIFICAÇÃO DO USO DO SOLO</b>
BORDOLOI et al. (2013)	<i>Quantification of land use diversity in the context of mixed land use</i>	Entropia (Shannon) / Dissimilaridade / Index de uso misto do solo
DUNCAN et al. (2010)	<i>Relationships of Land Use Mix with Walking for Transport : Do Land Uses and Geographical Scale Matter?</i>	Entropia (Shannon) calculada em 4 versões diferentes: Original (com setor censitário e 5 categorias de uso do solo) Revisada (excluindo categorias menos importantes – entretenimento e “outros”) Área corrigida (ajustando a disparidade de tamanho entre os setores censitários) e a Revisada com área corrigida (com as características das duas últimas combinadas).
KOCKELMAN (1997)	<i>Travel Behavior is a function of Accessibility, Land use Mixing and Land use balance: Evidence from the San Francisco Bay Area</i>	Dissimilaridade / Entropia (Shannon) / Taxa de ocupação comercial / Intensidade de uso do solo / Intensidade comercial
FRANK (1994)	<i>Impacts of Mixed use and Density on utilization of three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, Walking.</i>	Entropia (Shannon)
FRANK (2010)	<i>The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study.</i>	Entropia (Shannon)

LI et al. (2018)	<i>Investigating the association between streetscapes and human walking activities using Google Street View and human trajectory data</i>	Quantidade de cada categoria de uso do solo
TSIOMPRAS; PHOTIS (2016)	<i>What Matters when it comes to "Walk and the city"? Defining a weighted GIS-based walkability index</i>	Equilíbrio (Shannon)
CHRISTIAN (2011)	<i>How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study</i>	Entropia (Shannon) em 5 diferentes agrupamentos de uso do solo, variando a inserção das categorias: varejo, serviços, saúde, entretenimento, espaços livres (praças e parques) e residencial.
LEE; MOUDON (2006)	<i>The 3D's+R: Quantifying land use and urban form correlates of walking</i>	Categorias de uso do solo contabilizadas como origem ou destino
MOUDON et al. (2007)	<i>Attributes of Environments Supporting Walking</i>	Categorias de uso do solo contabilizadas como origem ou destino
NETTO et al. (2012)	(Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica	Categorias de uso do solo e Índice / Diversidade de Atividades
LU et al. (2016)	<i>Urban density, diversity and design: Is more always better for walking? A study from Hong Kong</i>	Variação da Entropia (Shannon) calculada por proporção de unidade ao invés de área
LU et al. (2018)	<i>Commuting Mode Choice in a High-Density City: Do Land-Use Density and Diversity Matter in Hong Kong?</i>	Variação da Entropia (Shannon) calculada por proporção de unidade ao invés de área
BROWN et al. (2009)	<i>Mixed Land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight and obesity.</i>	Entropia (Shannon)

DOESCHER et al. (2014)	<i>The built environment and utilitarian walking in small US towns</i>	Categorias de uso do solo contabilizadas como origem ou destino
GEHRKE; CLIFTON (2014)	<i>Operationalizing Land Use Diversity at Varying Geographic Scales and Its Connection to Mode Choice</i>	Diversidade do uso solo calculada pelos seguintes índices: Shannon, Simpson, Heip, Hill, Smith-Wilson
MANAUGH; KREIDER (2013)	<i>What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix</i>	Entropia (Shannon) / Método de Interação

**Fonte:** Autor

As medidas utilizadas nessas pesquisas procuram captar aspectos diferentes do uso do solo, dependendo de seus objetivos. Para os objetivos desta pesquisa, foram agrupadas nos próximos tópicos em dois grupos. No primeiro grupo, as medidas de riqueza que levam em consideração a existência de diferentes usos do solo enquanto no segundo grupo, as medidas de equilíbrio verificam o quanto os diferentes usos estão distribuídos na mesma proporção.

### 2.2.3.1 Medidas de riqueza de usos do solo

Uma primeira forma de agrupar medições de uso misto do solo é com as chamadas medidas de Riqueza. Essa, segundo Batty et al. (2004) seria a forma bruta mais simples de se calcular a diversidade de uso do solo.

$$\text{Diversidade Batty} = X(i)$$

Onde:

X(i) - número de categorias de usos do solo diferentes observados no extrato i

Medidas de Riqueza não levam em consideração a quantidade de cada categoria de uso do solo, mas simplesmente a sua existência. Apesar disso, algumas pesquisas já mostraram medidas de diversidade de uso do solo que medem essa riqueza como mais importantes para os transportes não motorizados do que medidas de densidade do uso do solo (EWING; CERVERO, 2010; CERVERO; DUNCAN, 2003, BHAT; GOSSEN, 2004; RODRIGUEZ; JOO, 2004).

Cervero e Kockelman (1997) procuraram investigar a relevância de variáveis da configuração urbana em relação ao comportamento de deslocamento diário da população. Juntamente com medidas de densidade populacional e de acessibilidade, os autores também analisaram o uso misto do solo. Observando, no entanto, algumas limitações em cálculos tradicionalmente usados para medir o uso misto do solo, os autores utilizam o uso do index de dissimilaridade proposto anteriormente por Cervero e Seskin (1995). O index de dissimilaridade, segundo Cervero e Kockelman (1997), proporcionaria um valor mais confiável ao cálculo do uso misto do solo do que a entropia.

$$\text{Index Dissimilaridade} = \sum_k \frac{1}{k} \sum_i^8 \frac{x_{ik}}{8}$$

Onde:

$x_{ik}$  - número de categorias de usos do solo diferentes observados nos extratos adjacentes;

$k$  - número de células envolvidas.

Ainda nessa discussão, Bordoloi (2013) procura estudar a interação entre uso misto do solo e comportamento de deslocamento da população. O autor observa que na quantificação do uso misto do solo, o index de dissimilaridade considerava o uso apenas das células adjacentes à observada e não da totalidade de usos do estudo, o que, segundo ele, diminuía a correlação com o comportamento de deslocamento da população. Dessa forma, o autor propõe o index de uso misto:

$$\text{Index de uso misto} = \sum_K \frac{1}{K} \sum_i^k \frac{x_{ik}}{n}$$

Onde:

$x_{ik}$  - número de categorias de usos do solo diferentes observados nos extratos adjacentes;

$K$  - número de células ao redor da analisada;

$n$  - número de categorias de usos do solo distintos no recorte espacial.

Segundo esse index, a representação hipotética de células seria calculada de forma diferente (Figura 6). A partir do index de dissimilaridade, a célula central receberia o valor  $3/8$  (três usos adjacentes sobre oito extratos adjacentes). Já no index de uso misto receberia o valor de  $2/3$  (dois usos adjacentes sobre três tipos de usos considerados no estudo). Segundo o autor, essa diferença no cálculo quantifica o uso misto do solo de maneira mais adequada, uma vez que em comparação com dissimilaridade e a entropia, este index apresentou melhor correlação com padrões de deslocamento da população no estudo de caso.

**Figura 6** - Representação hipotética de usos do solo (residencial, comercial e serviço) em células de um recorte espacial.

C	R	C
C	R	S
S	S	R

**Fonte:** Bordoloi (2013, p. 567).

#### 2.2.3.2 Medidas de equilíbrio de usos do solo

Além das medidas que exprimem a riqueza de usos presentes, outro tipo de medição refere-se não só à variedade de usos, mas leva em consideração a contribuição de cada um. As medidas de equilíbrio traduzem quanto equilibrada é a contribuição de cada elemento para o todo.

As principais formas de cálculo do uso misto do solo são provenientes do conceito originalmente utilizada na termodinâmica de Entropia. Esta, trata-se de uma grandeza que mede o estado da energia de acordo com a segunda lei da termodinâmica provado pela primeira vez por Ludwig Boltzmann na década de 1870 (CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Entropia é uma forma de se calcular a “desordem” das moléculas de um sistema. Índices de entropia, por sua vez, surgiram a partir de

variações do index de Shannon (SHANNON, 1949) originalmente utilizado para analisar a precisão na transferência de informações (BROWN et al., 2009).

O conceito adaptado tem sido aplicado nos estudos urbanos como uma forma de se calcular a “desordem” de usos do solo, ou seja, quantificar o quanto o uso do solo é misto. Diversas pesquisas já utilizaram o index de entropia como forma de quantificar o uso misto do solo (BORDOLOI 2013, DUNCAN 2010, CERVERO; KOCKELMAN 1997, FRANK; PIVO 1994, FRANK et al. 2010) descrito como:

$$E \text{ Shannon} = \sum_j P_j \times \frac{\ln(P_j)}{\ln(N)}$$

Onde:

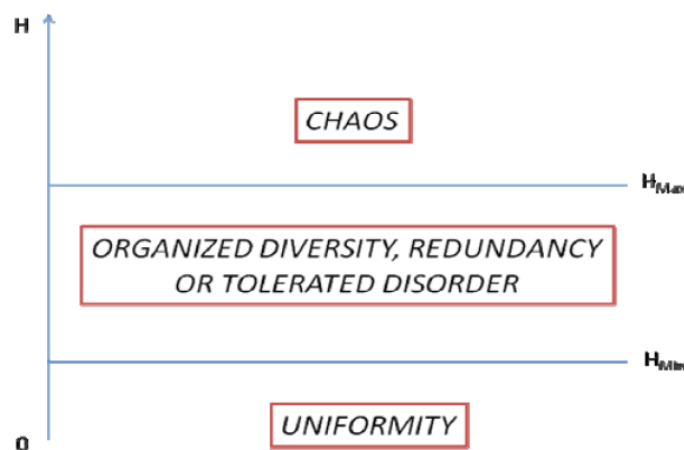
j – categorias de uso do solo;

P<sub>j</sub> - proporção da categoria de uso do solo em relação ao total;

N - total de categorias de uso do solo considerados na área de estudo.

Duncan (2010) usa a entropia como índice de heterogeneidade no uso do solo para correlacionar o uso misto como característica incentivadora de atividades físicas para a população. Segundo o autor, a medida varia entre 0 e 1 sendo 0 um extrato de área no qual só há um tipo de uso do solo e 1 em áreas nas quais as proporções de todas as atividades são iguais (Figura 7). É possível observar que a definição do extrato de área considerada para cálculo desta medida agregada (no caso do autor, setor censitário) influencia diretamente nos resultados.

**Figura 7 - Níveis da entropia**



**Fonte:** Cabral et al. (2013, p. 5).

Apesar da Entropia de Shannon ser tradicionalmente a mais usada como index de uso misto do solo, algumas pesquisas têm experimentado outras medições de equilíbrio no intuito de encontrar melhor correspondência com o deslocamento a pé. Gehrke e Clifton (2014) experimentam sete medidas de equilíbrio em escalas e agrupamentos de uso do solo diferentes para verificar a melhor correspondência com a escolha modal. Evidências mostraram a melhor correspondência, no geral, com uma variação do *Hill's ratio*, adaptada no index:

$$E Hill = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^N P_j^2}{e^{\sum_{j=1}^N P_j (\ln P_j)}}$$

Onde:

j – categoria de uso do solo;

P<sub>j</sub> - proporção da categorias de uso do solo em relação ao total;

N - total de categorias de uso do solo considerados na área de estudo.

Usada tradicionalmente na biologia como medição de equilíbrio para avaliar a dominância de uma espécie, a medida é derivada de duas outras: o denominador sendo parte da entropia de Shannon e o numerador parte da Entropia de Simpson. Por sua vez, a Entropia de Simpson também é proveniente da biologia e foi, depois do Index de Hill, bem correlacionada com a escolha modal por Gehrke e Clifton (2014).

$$E Simpson = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^N P_j^2}{N}}$$

Onde:

j – categoria de uso do solo;

P<sub>j</sub> - proporção da categoria de uso do solo em relação ao total;

N - total de categoria de uso do solo considerados na área de estudo.

## 2.2.4 Estudos Configuracionais do Ambiente Construído

Muitos pesquisadores procuram correlacionar características configuracionais das cidades com indicadores sociais como: atividades comerciais (PORTA et al. 2008, PORTA et al. 2010, PORTA et al. 2011, SEVTSUK 2010), transporte ativo e incentivo a atividades físicas (DUNCAN 2010, CERVERO; KOCKELMAN 1997, FRANK; PIVO 1994, FRANK et al. 2010).

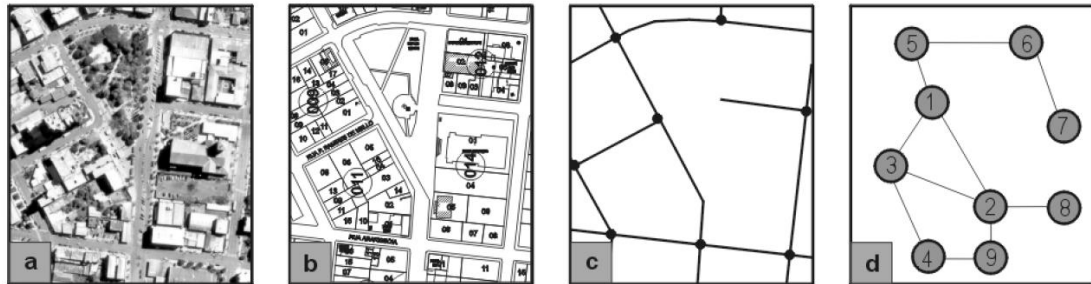
A metodologia utilizada por esses autores consiste na utilização de modelos de centralidade que permitem a correlação da configuração urbana com esses indicadores sociais. Para a utilização desses modelos, o espaço urbano é abstraído em redes urbanas e em grafos de forma a ajudar a compreender a relação entre os espaços.

Primeiramente para compreensão da abstração do espaço necessária para a utilização dos modelos de centralidade é necessária a revisão do conceito de redes espaciais urbanas. O conceito de redes é utilizado em diversas áreas do conhecimento mas, no caso abordado pela pesquisa, as redes estão associadas à estrutura espacial urbana. O funcionamento das redes espaciais urbanas está associado a três conceitos principais (LIMA, 2015):

1. Vértices e Arestas: Vértices, também chamados de nós, representam os espaços urbanos, enquanto as arestas representam a conexão entre eles.
2. Adjacência e Justaposição: Espaços adjacentes são aqueles que possuem conexão entre si, e justapostos aqueles que não possuem.
3. Caminho mínimo: é o menor trajeto entre dois nós, dentro de uma rede, pelas arestas. Este conceito é importante uma vez que diversos modelos de centralidade utilizam o caminho mínimo para cálculo.

A abstração da cidade em redes espaciais permite a conversão em um grafo urbano (Figura 8 - Processos de abstração do espaço urbano da foto Aerofotogramétrica (a) até Grafos (d)).

**Figura 8** - Processos de abstração do espaço urbano da foto Aerofotogramétrica (a) até Grafos (d).



**Fonte:** Saboya (2001, p. 36) (modificado).

Segundo Krafta (1994, p. 68), um grafo urbano é “uma representação resumida do espaço urbano na qual porções fundamentais do espaço são representadas por pontos, e a conectividade entre eles são representadas por linhas”. A partir da relação entre os espaços, estabelecida pelos grafos urbanos, seria possível calcular os modelos de centralidade.

#### 2.2.4.1 Sintaxe espacial e MCA

Dos estudos que investigam aspectos cognitivos na configuração do espaço, a metodologia mais difundida é a da Sintaxe Espacial (*Spacial Syntax*). Trata-se de um conjunto de teorias e técnicas de análise da configuração do espaço urbano iniciada pelos pesquisadores Bill Hillier e Juliene Hanson da University College London, a partir do final da década de 1970. De acordo com Krafta (2014), seu principal objetivo era auxiliar planejadores a quantificar características espaciais do espaço urbano possibilitando assim analisar a correspondência entre configuração espacial e comportamento social.

Essa descrição e quantificação de características espaciais são provenientes de técnicas nas quais o espaço pode ser decomposto e analisado separadamente para, em seguida, ser recomposto na forma de grafos e mapas que descrevam a conexão relativa entre as partes (HILLIER; HANSON 1984, HILLIER et al. 1993, HILLIER 1996). Nesse processo, a teoria utiliza-se de três componentes básicos de decomposição: Espaço Isovista, Convexo e Axial, sendo este último o mais utilizado.

Os autores precursores da Sintaxe Espacial, Hillier e Hanson, representam a configuração urbana por meio do conceito de linhas axiais. As linhas axiais são as maiores linhas retas capazes de cobrir todo o sistema de espaços abertos de um determinado recorte urbano e podem ser analisadas enquanto segmentos – linhas com maior visibilidade reta possível – e nós – encontro entre duas linhas ou mudança de direção da mesma (HILLIER, 1984). As relações entre as linhas axiais são então sistematizadas numa representação de grafos cujo sistema possibilita a quantificação de medições sintáticas que são analisadas em três conceitos principais: Medidas de Profundidade, de Integração e de Escolha (Quadro 8).

**Quadro 8** - Formas de Análise da Sintaxe Espacial.

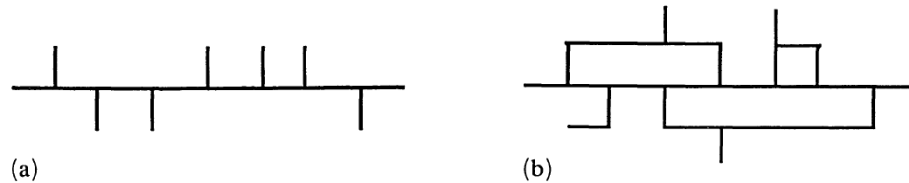
FORMAS DE ANÁLISE		
COMPONENTE	AUTOR	DEFINIÇÃO
Medidas de Profundidade	HILLIER (1984)	Profundidade entre dois espaços é o valor da menor distância topológica entre eles. A profundidade média de uma linha axial é a somatória da profundidade de todas as linhas axiais de um sistema em relação a ela, dividida pela quantidade total de linhas menos um.
Medidas de Integração	HILLIER (1984)	É a medida normalizada da profundidade média. No geral, calcula o quanto perto este espaço está de todos os outros, e pode ser visto como medida de Real Relativa Assimetria (ou profundidade relativa).
Medidas de Escolha	HILLIER (1987)	Medida do potencial de uma linha axial ser utilizada como caminho entre todos os espaços de um sistema ou em um raio pré-determinado.

**Fonte:** Autor

Ainda na discussão da relação entre configuração urbana e fluxos, Hillier et al. (1993) acrescenta aos estudos da Sintaxe Espacial o conceito de Movimento Natural. Segundo o autor, Movimento Natural é a proporção do movimento de pedestres urbanos determinada pela própria configuração de vias. Nele, o autor argumenta que a configuração urbana por si só é capaz de influenciar o movimento de pedestres. Na Figura 9, pode-se intuitivamente observar que a configuração (a)

influencia o fluxo de pessoas na avenida central enquanto na (b) espera-se que esse movimento esteja mais diluído entre as vias conectadas.

**Figura 9** - Exemplo de como a configuração das vias pode visivelmente influenciar o fluxo na via central

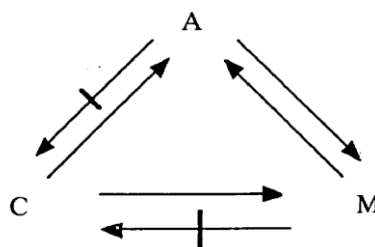


**Fonte:** HILLIER et al. (1993, p.29)

A teoria foi testada pelo autor (HILLIER et al. 1993) em um estudo de caso na cidade de Londres. Foram correlacionadas medidas de integração das vias com a contagem sistemática de pedestres, chegando-se à conclusão de que as vias mais integradas eram aquelas que atraíam mais pessoas.

Segundo os mesmos autores, o fenômeno deve-se às relações entre as características de configuração, atração e movimento num sistema urbano. A configuração urbana antecede o uso do solo e por consequência a atração e o movimento. Uma vez que ela é capaz de incentivar o movimento de pedestres, os atrativos (como, por exemplo, usos comerciais) se instalavam nessas vias mais integradas. Dessa forma, a configuração influencia o movimento e a atração. No entanto, estes não podem influenciar a configuração urbana, mas podem se influenciar um ao outro, como esquematizado na Figura 10.

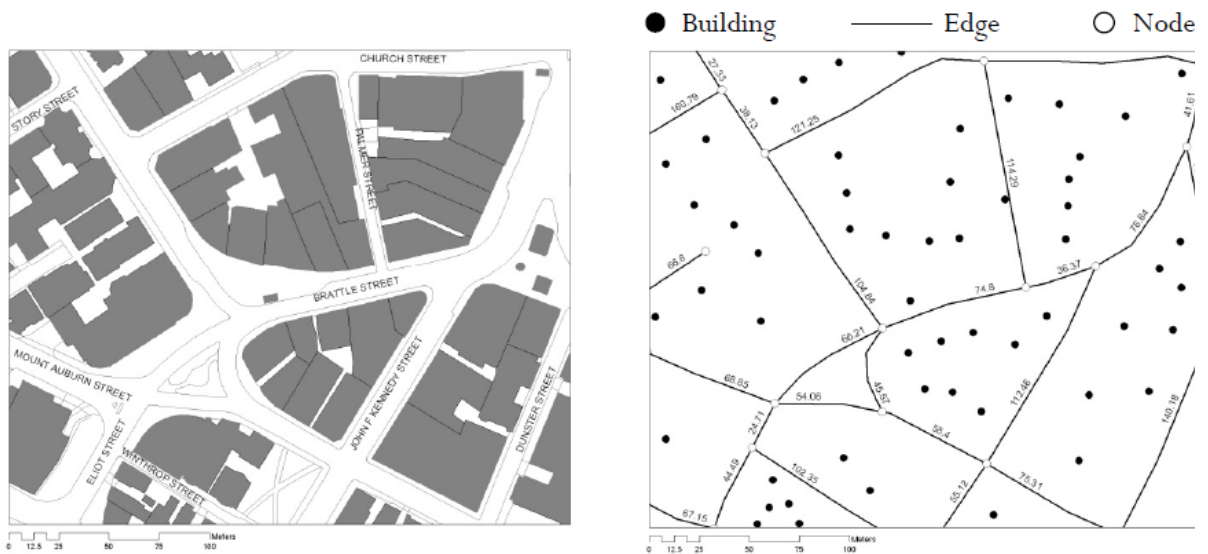
**Figura 10** - Esquema de influências entre C (Configuração), A (Atração) e M (Movimento)



**Fonte:** HILLIER et al.(1993, p.31)

Algumas abordagens na representação da configuração urbana pela Teoria de Grafos mais recentes têm usado modelos de centralidade diferentes. A maioria foi apresentada por Porta et al. (2006) e, segundo Sevtsuk (2010) o conceito pode ser chamado de MCA (*Multiple Centrality Assessment*). Porta et al. (2006, 2008, 2010, 2011) realizam várias pesquisas sobre as relações entre medidas de centralidades urbanas e uso do solo usando os modelos desse método.

**Figura 11** - Abstração do espaço urbano pelo método MCA.



**Fonte:** SEVTSUK (2010, p.68)

Segundo Porta et al. (2006) este método compartilha os mesmos valores da sintaxe espacial, porém com uma perspectiva técnica diferente. Segundo o autores, o MCA procura medir e investigar diferentes naturezas da centralidade e não apenas aqueles pontos mais próximos de todos os outros. As naturezas das centralidades mais utilizadas pelo método MCA são: Eficiência (*Straightness*), Interposição (*Betweness*) e Alcance (*Reach*).

#### 2.2.4.2 Modelos configuracionais urbanos

Modelos são representações simplificadas da realidade cujo objetivo é compreendê-la melhor (ECHENIQUE 1976). Os modelos configuracionais urbanos são, portanto, formas simplificadas de representação do meio urbano que procuram, compreender melhor a influência do traçado sobre outros fatores urbanos. A seguir

serão relacionados alguns desses modelos, conforme revisados nos métodos da Sintaxe Espacial e MCA.

#### 2.2.4.2.1 Acessibilidade

O modelo de Acessibilidade é um dos mais usados nas pesquisas configuracionais, principalmente pela sua capacidade de associação com diversos outros índices urbanos (SEVTSUK 2010). Ela é baseada na distância relativa entre pares de nós espaciais (KRAFTA 2014). Segundo Krafta (2014, p.187), “pode-se definir a acessibilidade de uma célula em relação ao sistema de células a que pertence como o somatório das distâncias que a separam de todas as demais”. Este modelo pode ser definido da seguinte forma:

$$C_i^{Acessibilidade} = \sum_{i=0}^M 1/d_{ij}$$

Onde:

M - total de número de nós na rede;

$d_{ij}$  = Menor caminho da linha j em relação à linha i;

Uma adaptação deste modelo, também pela MCA, foi definida por Porta (2004) como:

$$C_i^{Eficiência} = \frac{1}{M-1} \sum_{j \in G; j \neq i} d_{ij}^{Eucl} / d_{ij}$$

Onde:

M - total de número de nós na rede;

$d_{ij}$  = Menor caminho da linha j em relação à linha i;

$d_{ij}^{Eucl}$  = Distância euclidiana da linha j em relação à linha i.

G = Rede

O modelo por Eficiência assemelha-se muito com o de acessibilidade, porém considera a relação entre a distância entre dois pontos do sistema em linha reta (euclidiana) dividida pela menor distância na malha urbana.

De acordo com Krafta (2014), a adaptação desse modelo na Sintaxe espacial é conhecida como o valor de Integração. O valor da integração é calculado a partir da normalização do resultado da profundidade média, com o objetivo de tornar possível a comparação de resultados entre sistemas diferentes. A profundidade de uma linha axial é calculada da seguinte maneira:

$$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^M d_{ij}}{(M-1)}$$

Onde:

MD<sub>i</sub> = Profundidade média do espaço i;

d<sub>ij</sub> = Profundidade da linha j em relação à linha i;

M - total de número de nós na rede;

A normalização dos valores de integração é realizada pelos seguintes passos:

$$(1) \quad RA = 2 \frac{(MD-1)}{(M-2)}$$

$$(2) \quad RRA = \frac{RA}{Dx}$$

$$(3) \quad Dx = \frac{2(M(\log_2(\frac{M+2}{3})-1)+1)}{(M-1)(M-2)}$$

$$(4) \quad \text{Integração} = \frac{1}{RRA}$$

Onde:

RA = Relativa Assimetria;

Dx = variável para normalização. Pode ser calculada ou consultada em uma tabela já desenvolvida pelos pesquisadores.

MD = Profundidade média do espaço;

RRA = Real Relativa Assimetria.

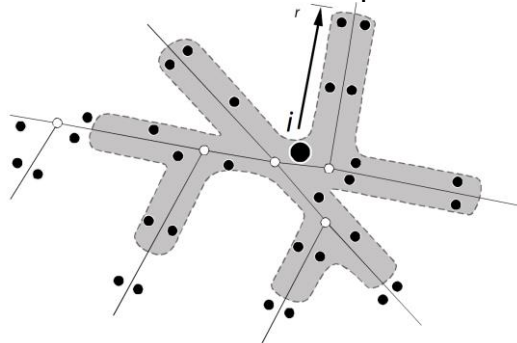
M - total de número de nós na rede;

De acordo com Sevtsuk (2010), a medida de Integração é análoga à de Proximidade pelo MCA. Ainda sobre as variações dos modelos de acessibilidade, Krafta (2014) afirma que a medição tende a sofrer o “efeito de borda”, ou seja, tende a se concentrar no centro geográfico da área analisada. Os autores também destacaram que os valores de centralidade dos nós e a posição do centroide tendem a sofrer alterações à medida que o tecido urbano cresce de forma desigual e não concêntrica.

#### 2.2.4.2.2 Alcance

O modelo de centralidade por Alcance indica “quantas unidades cada edifício alcança dentro de um determinado raio na rede viária”. (SEVTSUK, 2010, p.84). Segundo Lima (2015), esse modelo mostra primeiramente as adjacências de cada edifício e, em seguida aumenta à medida que se aumenta também o raio considerado. A Figura 12 ilustra como o elemento “i” alcança 20 outros elementos no raio “r”:

**Figura 12** – Exemplo do conceito da centralidade por Alcance (Reach).



**Fonte:** Sevtsuk (2010).

Pelo método MCA, o modelo de Alcance pode ser descrito da seguinte forma:

$$C_i^{Alcance} = \sum_{j=1}^M O_r$$

Onde:

M - total de número de nós na rede;

O<sub>r</sub> – oportunidade de ser alcançado dentro de um determinado raio;

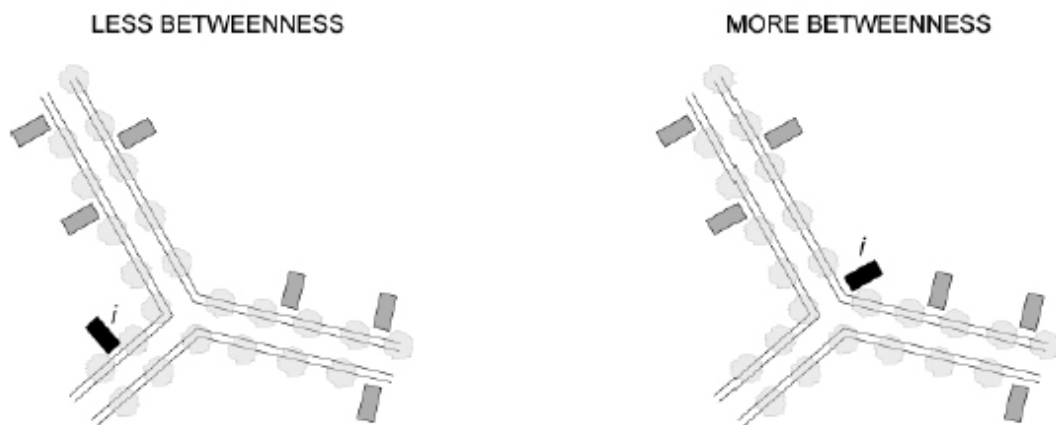
i – localização;

j – destinos.

### 2.2.4.2.3 Interposição

Em contraponto aos modelos anteriores, a Interposição apresenta menos variância conforme o crescimento do sistema. A medição foi introduzida inicialmente por Freeman (1977) para análise do potencial de fluxos num sistema. Krafta (2014) define essa centralidade como a “alcançabilidade de um par de vértices”, ou seja, “quantidade de vezes que este participa de um caminho mínimo” (Figura 13). O objetivo dessa medição é separar os vértices que desempenham ou não o papel de ligação num dado sistema, e diminuir o “efeito de borda”. Uma vez que a importância do vértice está relacionada à posição relativa e não à distância, as características sofrem menor alteração mesmo com o crescimento do sistema.

**Figura 13** - Exemplo do conceito da centralidade Betweenness (Interposição).



**Fonte:** Sevtusuk (2010, p. 133).

O Modelo inicial pode ser descrito como (KRAFTA, 2014):

$$C_i^{Interposição} = \sum_j^M \sum_{<k}^M b_{ij}$$

Onde:

M - total de número de nós na rede;

$b_{ij}$  = número de caminhos mínimos contidos em entre i e j.

Desse modelo configuracional inicialmente proposto por Freeman (1977), podem ser destacados dois modelos de centralidade: a medida de Escolha da Sintaxe Espacial (HILLIER et al., 1987) e a Betweness (PORTA, 2006) do MCA.

A medida de Escolha (HILLIER et al., 1987) procura prever as linhas axiais com maior fluxo de carros e pessoas medindo quais segmentos estão mais contidos nos menores caminhos de um sistema. Em comparação com a medida de integração, por exemplo, uma rua sem saída em uma área central pode ter alto valor de integração, porém baixo de escolha por não conectar muitos espaços. Hillier e Lida (2005) correlacionam esta medida com a contagem do fluxo de carros e pedestres em Londres mostrando a capacidade desta medição de prever tal movimento apenas com a configuração da malha urbana. Hillier (2008) propõe a combinação entre as medidas de integração e escolha no software Depthmap como uma forma de combinar as vias que possuem ambas as características de destino e caminho. Por fim, Hillier (2012) propõe uma forma de normalização da fórmula permitindo a comparação entre sistemas distintos.

Porta (2006), por sua vez, também adapta o modelo inicial de Freeman (1977) no método MCA:

$$C_i^{Interposição} = \frac{1}{(M-1)(M-2)} \sum_{j,k \in G, j \neq k \neq i} m_{jk}(i) / m_{jk}$$

Onde:

M - total de número de nódulos na rede;

m<sub>jk</sub> – quantidade de menores percursos entre os nós j e k;

m<sub>jk</sub>(i) – quantidade desses percursos que contém os nós i.

G – Rede

\*\*\*\*\*

A revisão de literatura elucidou diversos fatores que influenciam o deslocamento a pé bem como formas de quantificá-los. A partir do exposto na revisão, dos objetivos do trabalho e da estratégia correlacional, foram selecionadas variáveis a serem quantificadas no estudo de caso (Quadro 9).

**Quadro 9** - Variáveis selecionadas com base na revisão teórica

<b>VARIÁVEIS SELECIONADAS COM BASE NA REVISÃO TEÓRICA</b>	
<b>Uso do solo</b>	Uso do solo classificado em cinco categorias de acordo com Frank (2010): Residencial, Comercial, Serviço, Institucional e Entretenimento
	Índice de Riqueza de uso do solo por Batty
	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Shannon
	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Hill
	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Simpson
<b>Configuração Urbana</b>	Modelo de Centralidade por Escolha
	Modelo de Centralidade por Integração
	Modelo de Centralidade por Acessibilidade
	Modelo de Centralidade por Alcance
	Modelo de Centralidade por Interposição

**Fonte:** Autor

A revisão sobre caminhabilidade apontou diversos fatores que contribuem para o deslocamento a pé. Dentre eles destacaram-se aqueles relativos ao uso do solo e à configuração urbana, como variável que influencia ambos o uso do solo como o deslocamento a pé.

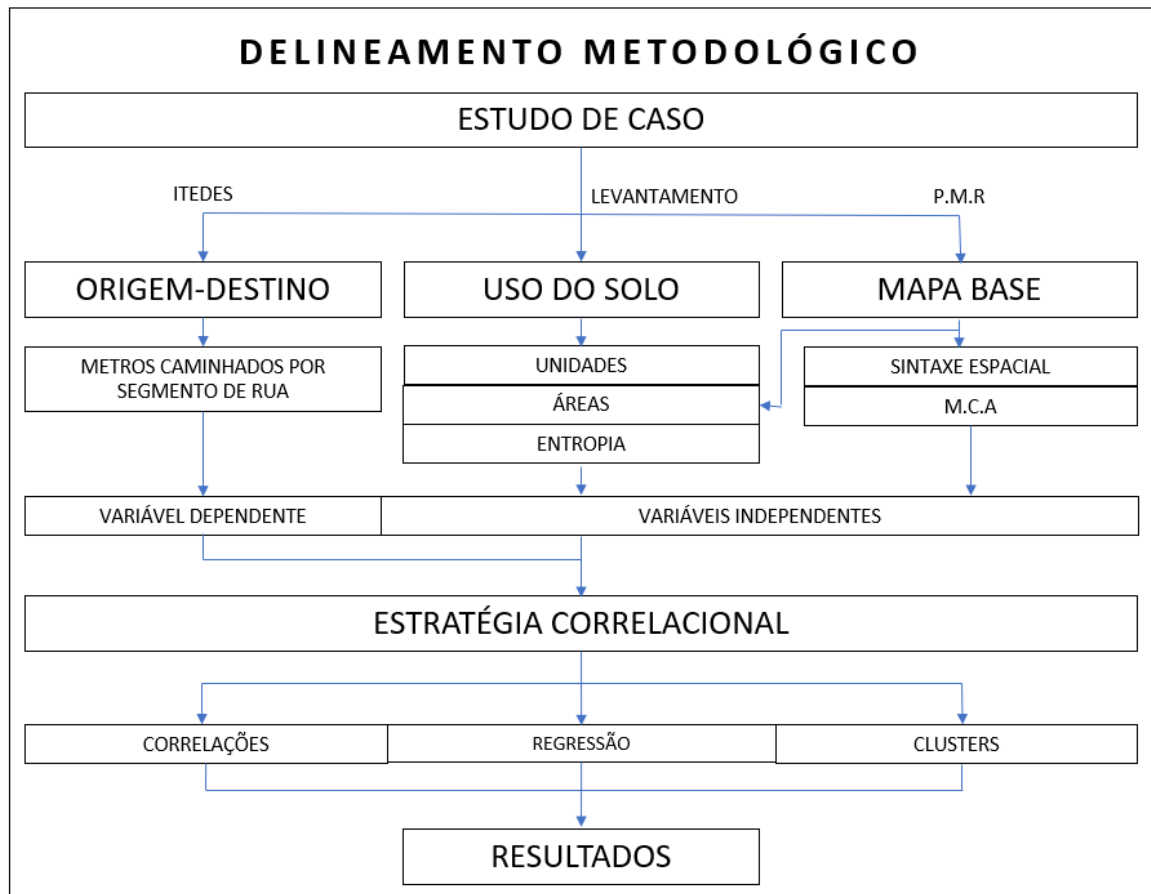
Uma das formas de classificação do uso do solo mais utilizadas nas pesquisas revisadas foi a por Frank (2010) em cinco categorias. Além da influência individual das categorias de uso do solo, também foram revisadas diversas formas de quantificação do uso misto. Dentre elas foram selecionados quatro índices que medem o equilíbrio entre as categorias do uso misto (Shannon, Simpson e Hill) e uma que mede a riqueza de usos (BATTY 2004).

Dentre as diferentes modelos de centralidades revisados foram selecionados dois da Sintaxe espacial – Integração e Escolha – e três do MCA – Acessibilidade, Alcance e Interposição.

### 3. DADOS E MÉTODO

Este capítulo concentra-se em apresentar os métodos da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados. Basicamente, estes podem ser divididos em três etapas: levantamento e sistematização de dados de uso do solo, medidas de centralidades (desenvolvidas pela representação de redes espaciais urbanas do estudo de caso) e análises estatísticas – de correlação, regressão e clusters - (Figura 14).

**Figura 14 - Fluxograma Metodológico**



**Fonte:** Autor

Para isso, primeiramente foi definido o estudo de caso. Nele, dados do deslocamento a pé foram sistematizados em plataformas de geoprocessamento e quantificados em metros caminhados por segmentos de rua. Em seguida, foram sistematizadas as variáveis do uso do solo (quantificado em categorias de uso e

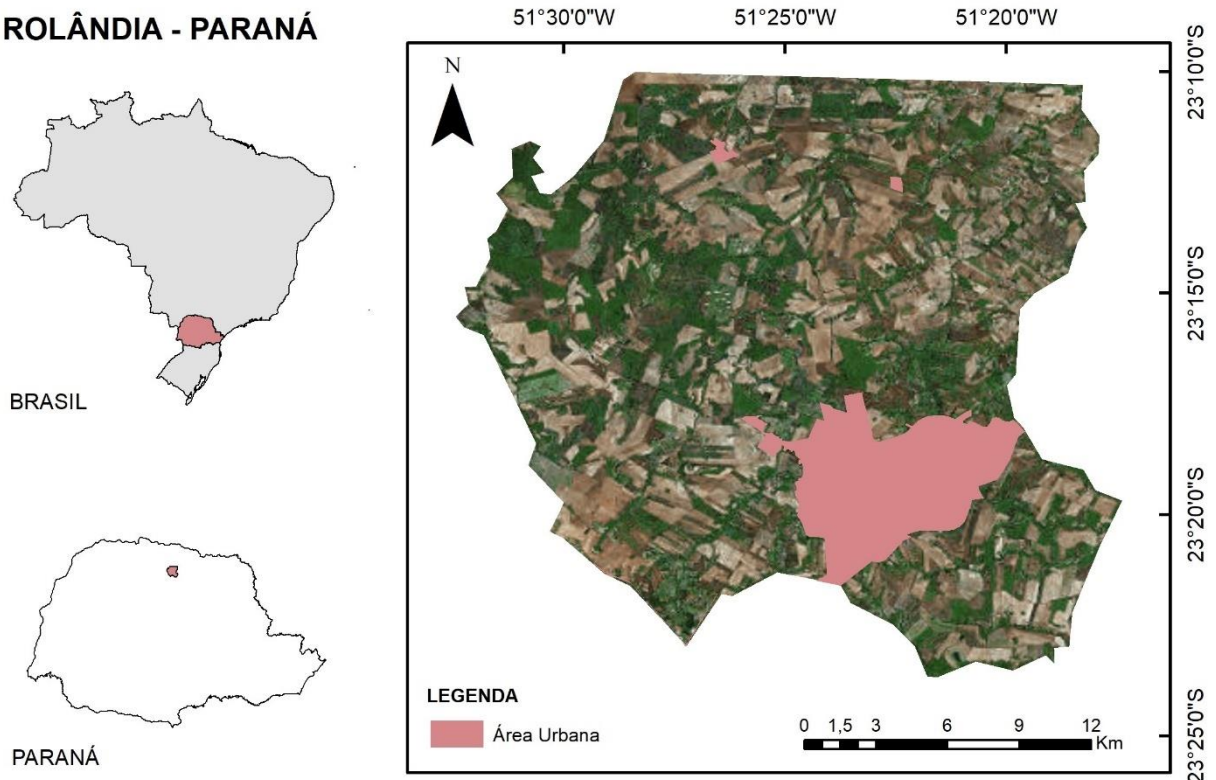
medidas de uso do solo misto) e da configuração urbana (quantificada pelos modelos de centralidade). A correspondência entre os metros caminhados por segmentos de rua – que constitui a variável dependente desta pesquisa – com o uso do solo e configuração urbana – variáveis independentes - foi analisada pelo método correlacional. De acordo com Groat e Wang (2002), o método correlacional é adequado na identificação de padrões socioespaciais (como o comportamento de caminhada) que acontecem naturalmente e com diversas variáveis (como as de uso do solo e configuração urbana). Esse método utiliza análises estatísticas para esclarecer esses padrões. Nesta pesquisa essas análises foram realizadas em três etapas: correlações, regressão e *clusters* (Figura 14).

### 3.1 ESTUDO DE CASO: ROLÂNDIA - PR

Conforme apontado por Yin (2001), a estratégia do estudo de caso é adequado em investigações de fenômeno contemporâneo onde seu contexto real, dinâmico e complexo é indissociável da sua própria definição. Sendo assim, o fenômeno abordado pela pesquisa foi investigado no estudo de caso da cidade de Rolândia – PR (Figura 15).

**Figura 15 - Localização do município de Rolândia - PR**

**ROLÂNDIA - PARANÁ**



**Fonte: Autor**

Rolândia é uma cidade no estado do Paraná com uma população estimada em 2017 de 64.726 habitantes (IBGE, 2018), fazendo parte dos 95,5% dos municípios do estado que possuem menos de 100.000 habitantes. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,739 (IBGE, 2018), sendo a 59ª posição entre as 399 cidades do estado (IPARDES, 2018). A cidade possui uma extensão de 459.024 km<sup>2</sup>. Foi fundada em 1934 pela companhia de terras Norte do Paraná, assim como várias outras cidades da região. Hoje é uma das oito cidades que fazem parte da Região Metropolitana de Londrina (PML, 2018) que possui, segundo IBGE 2018, um total de 766.682 habitantes, além de 558.439 da cidade principal.

Diversos motivos levaram à escolha desta cidade como estudo de caso. O principal deles é a oportunidade de pesquisa advinda dos dados dos questionários de Origem-Destino realizados pelo instituto ITEDES para o Plano de Mobilidade da cidade e disponibilizados para o Grupo de Pesquisa – Design Ambiental Urbano-UEL. Estes dados possibilitaram mensurar o deslocamento a pé na cidade. O porte de Rolândia foi outro motivo importante, por ser representativa da maioria das cidades do Paraná. Por fim, a posição geográfica da cidade, apesar de estar numa

região metropolitana, não apresenta conurbação com cidades vizinhas (Figura 16). Este fato diminui o impacto de sistemas urbanos vizinhos nos resultados da pesquisa.

**Figura 16 - Posição da área urbana de Rolândia em relação às cidades vizinhas.**



**Fonte:** Autor

### 3.2 DADOS

Os dados desta pesquisa foram advindos de diversas fontes. Estas variam entre fontes oficiais, como a Prefeitura Municipal de Rolândia (PMR) até levantamentos *in loco*. Ainda, para fins de análises estatísticas e comparação, muitos desses dados foram transformados ou agrupados a partir de fontes primárias (Quadro 10).

### Quadro 10 - Fontes dos dados primários da pesquisa

FONTE DADOS PRIMÁRIOS DA PESQUISA	
DADO	FONTE
Pesquisa Origem-Destino em Rolândia -PR	ITEDES
Mapa base geoprocessado Rolândia	Prefeitura Municipal de Rolândia
Uso do solo por lote	Levantamento de campo realizado pelo Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano
Atividades Rolândia especificadas por CNAE	Prefeitura Municipal de Rolândia

#### Fonte: Autor

#### 3.2.1 Variável dependente: Percursos caminhados

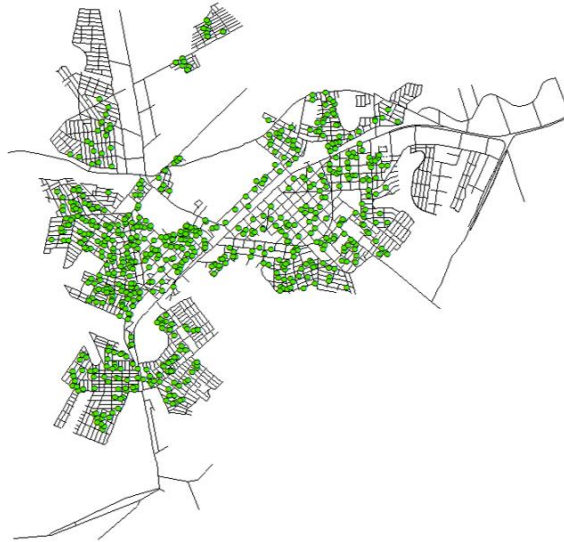
Sendo o objetivo principal desta medir a influência do uso do solo sobre o deslocamento a pé, a variável mais importante deste estudo é o fluxo de pedestres.

Existem diversas formas de realizar essa medição: levantamento por filmagens, medição de *gate*, contagem de pedestres (HILLIER et al., 1993; ZAMPIERI, 2012) ou mesmo a contagem de caminhos mais curtos onde há maior probabilidade de serem acessados por pedestres (SEVTSUK, 2010). Para esta pesquisa, a fonte de dados disponível foi a de questionários, a partir dos levantamentos realizados para a pesquisa de Origem-Destino do ITEDES. Segundo Green-Roesel et al. (2007, apud ZEMPIERI, 2012), esse tipo de pesquisa não é adequado para avaliar apenas comportamentos locais, mas foi idealizada para medir deslocamentos globais do sistema.

A pesquisa origem destino domiciliar foi efetuada no município de Rolândia-PR, de 64.726 habitantes (IBGE, 2018) pelo ITEDES, como forma de orientar o desenvolvimento do Plano de Mobilidade Urbana Municipal. Este plano é obrigatório para todas cidades acima de 20.000 habitantes conforme a Lei Federal nº 12.587/2012, e deve ser revisto a cada período de dez anos. Os questionários foram aplicados no ano de 2017 na amostra populacional de 776 domicílios escolhidos por método de amostragem probabilística aleatória simples, a partir dos dados cadastrais fornecidos pela prefeitura municipal (Figura 17). Neles, foram quantificados dados referentes a motivo, modo de deslocamento e tempo de viagem de todos os moradores da unidade habitacional no dia anterior à entrevista. Para esta pesquisa,

serão analisados os dados de deslocamento e modal dos entrevistados nesta amostra.

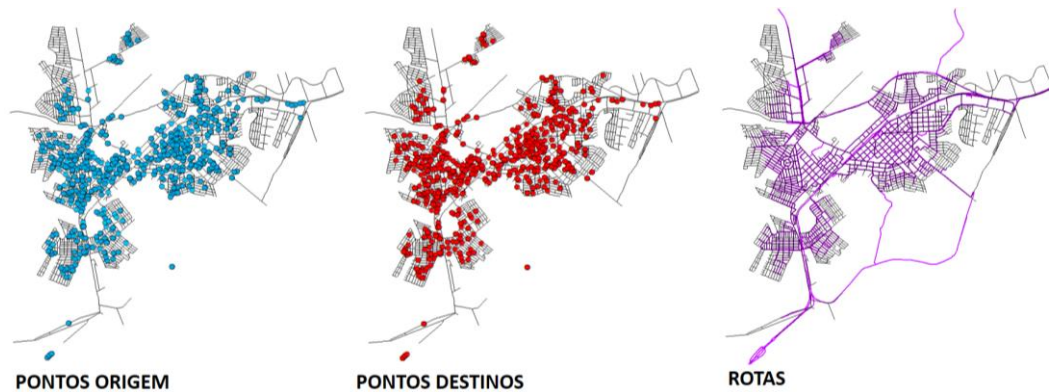
### Figura 17 – Localização dos Respondentes



**Fonte:** Olak e Leão (2018). Modificado pelo autor, 2018.

A partir da sistematização dos questionários, os pontos de origem, destino e as rotas de todas as viagens foram georreferenciadas. Primeiramente, foram isoladas as informações referentes à todas as viagens registradas na pesquisa. Para fins de procedimentos necessários nas plataformas de geoprocessamento, para cada viagem foi atribuído um código. No programa ArcGis online (ArcGIS online, ESRI 2017), para cada código foi georreferenciado um ponto de origem e um ponto de destino. Utilizando a ferramenta “Connect Origin to Destinations”, os dois pontos foram conectados em uma rota deduzida a partir da configuração de ruas e do modo de transporte (Figura 18).

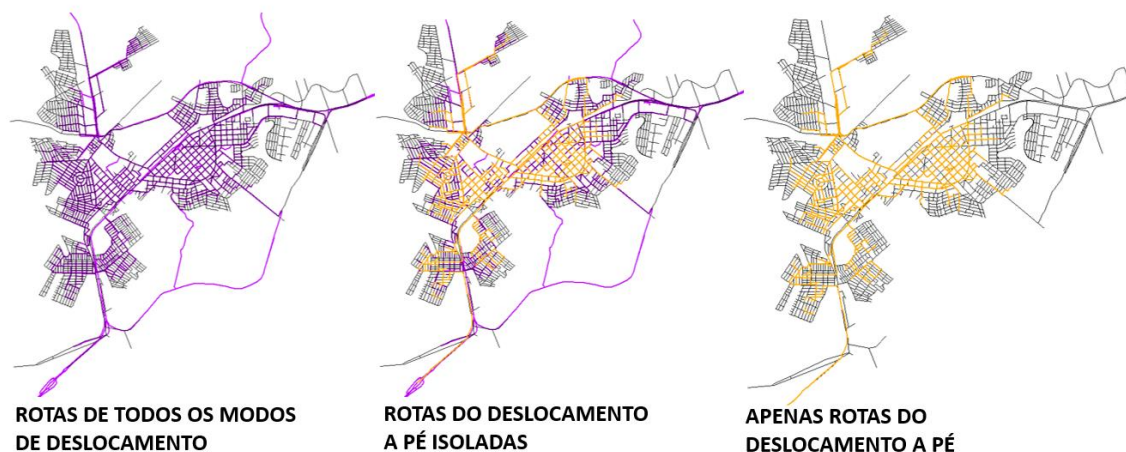
**Figura 18 - Espacialização dos questionários de Origem-destino**



**Fonte:** Olak e Leão (2018). Modificado pelo autor, 2018.

A espacialização dessas informações em plataformas de georreferenciamento possibilitou o desenvolvimento do mapa completo com as rotas deduzidas de deslocamento da pesquisa de origem-destino. No entanto, este mapa conta com todos os modos de deslocamento contemplados pela pesquisa. Sendo o objetivo desta pesquisa somente análise do deslocamento a pé, essas viagens foram isoladas das outras (Figura 19).

**Figura 19 - Seleção das viagens pelo modal a pé**

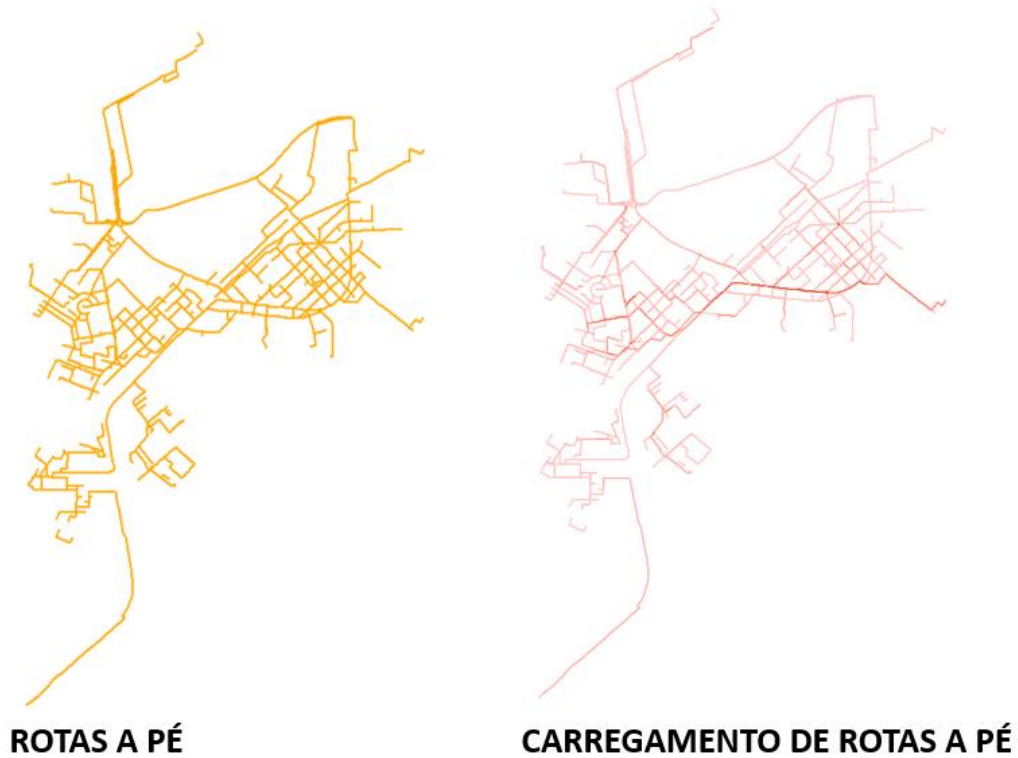


**Fonte:** Olak e Leão (2018). Modificado pelo autor, 2018.

O banco de dados contou com um total de 394 rotas a pé. A sobreposição dessas rotas na malha urbana possibilitou o desenvolvimento de um

mapa de carregamento de vias (Figura 20) cujo objetivo foi demonstrar quantas vezes cada segmento de rua foi utilizado para uma rota a pé.

**Figura 20 - Mapa de Carregamento de Ruas pelo modal a pé**



**Fonte:** Olak e Leão (2018). Modificado pelo autor, 2018.

Posteriormente na pesquisa, o mapa com o carregamento de rotas a pé foi agregado às unidades espaciais de análise para prosseguir com as devidas análises estatísticas.

### 3.2.2 Variáveis independentes

#### 3.2.2.1 Uso do solo

O próximo procedimento da pesquisa foi a quantificação do uso solo. Apesar da disponibilidade do mapa base com os lotes do estudo de caso, dados do uso do solo não estavam disponíveis de forma sistematizada. Por este motivo, foi

necessária a realização de levantamentos empíricos, que foram feitos a partir de duas fontes principais:

1. Levantamento via Google *Earth* e Google *street view*;
2. No caso de imprecisão de informações na primeira fonte, elas foram conferidas em levantamentos *in loco*.

#### 3.2.2.1.1 Unidades

O uso do solo segue geralmente certos tipos de regulamentações do poder público. No entanto, também foram encontrados, no nosso contexto, diversos estabelecimentos informais. Dessa forma, listagens oficiais podem não ser a forma mais fiel de representação da realidade. Sendo o uso do solo uma variável fundamental para alcançar os resultados da pesquisa, foi estabelecido um protocolo de levantamento para verificação das informações do uso do solo da cidade. O levantamento foi realizado em cada um dos 27.080 lotes utilizando o mapa base georreferenciado fornecido pela PMR.

Conforme apresentado na revisão de literatura, Frank et al. (2010) propõem um índice de caminhabilidade, incluindo, entre as variáveis, uma medida de uso misto do solo calculado a partir da classificação em cinco categorias (Quadro 11). Considerando este um índice já utilizado em diversas outras pesquisas e ter sido desenvolvido no intuito de responder questões relativas ao deslocamento a pé, a classificação em cinco categorias foi adotada como critério de levantamento do uso do solo (Quadro 12).

**Quadro 11 - Definições das categorias de Uso do solo**

DEFINIÇÕES DAS CATEGORIAS DO USO DO SOLO		
CATEGORIAS DE USO DO SOLO	DEFINIÇÃO (MOTOMURA, 2017)	EXEMPLOS
1 RESIDENCIAL	Lugares destinados à moradia dos habitantes.	Casas unifamiliares, Edifícios multifamiliares, Condomínios, etc.
2 COMERCIAL	Lugares nos quais bens são vendidos para o consumidor final.	Mercados, Padarias, Lojas de roupas, Lojas de Eletrodomésticos, etc.
3 SERVIÇOS	Lugares que suprem necessidades do público mediante pagamento.	Escritórios, Consultórios, Clínicas, etc.
4 INSTITUCIONAL	Lugares que pertencem à administração do governo ou àqueles destinados à reunião de pessoas pelo mesmo motivo.	Edifícios Municipais, Escolas Públicas e Particulares, Igrejas, Hospitais Públicos e Particulares, etc.
5 ENTRETENIMENTO	Lugares cuja função principal são atividades de lazer.	Bares, Casas de Show, Clubes, Cinemas, etc.

**Fonte:** Motomura (2017), modificado pelo autor.

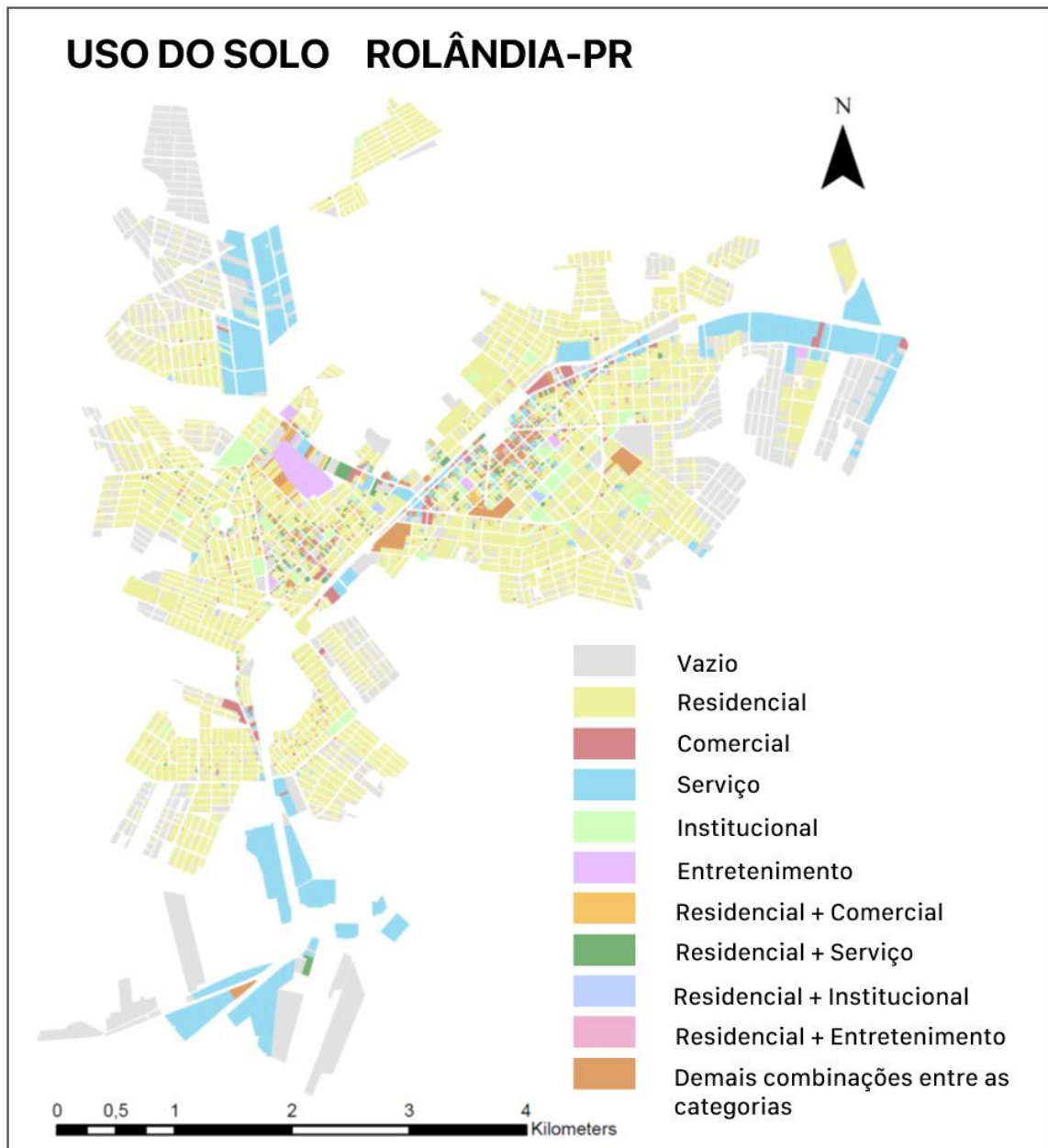
**Quadro 12 - Exemplo tabela protocolo**

OBJECTID	USO_DO_SOLO	QUANTIDADE_1	QUANTIDADE_2	QUANTIDADE_3	QUANTIDADE_4	QUANTIDADE_5	TIPO_COMERCIO_SERVICO
1	1	1	0	0	0	0	0
2	12	1	1	0	0	0	0 pecas_automobilisticas
3	1	1	0	0	0	0	0
4	3	0	0	1	0	0	0 industria_produtos_higienicos
5	1	2	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	3	1	0	0	0	0	0 industria_produtos_higienicos
8	2	0	1	1	0	0	0 atacado
9	2	0	1	0	0	0	0 mercearia
10	2	0	1	0	0	0	0 posto_gasolina

**Fonte:** Banco de dados Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano

As classificações foram realizadas a partir de imagens de satélites obtidas pelo Google Maps ou pelo Google Street View e levantamento *in loco*, quando necessário. O protocolo de levantamento relacionou informações referentes aos usos, quantidades e, no caso de comércio ou serviço, a descrição das atividades (Figura 21).

**Figura 21 - Uso do solo de Rolândia**



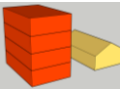

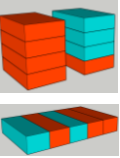

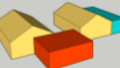

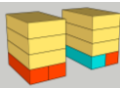

**Fonte:** Banco de dados Grupo de Pesquisa Design Ambiental Urbano, modificado pelo autor.

### 3.2.2.1.2 Definição de Área por uso do lote

Em diversas pesquisas (FRANK et al., 2010; DOVEY, 2017), as medidas de equilíbrio de uso do solo foram calculadas a partir da área construída destinada para cada uso. Além disso, foi muito comum, no estudo de caso, que lotes apresentassem mais de uma categoria de uso. Nesses casos, foram definidas áreas construídas para cada categoria existente no lote.

O mapa base georreferenciado fornecido pela PMR forneceu a metragem construída por lote na cidade. No entanto, essa área não está separada por uso. Para isso, foram estabelecidos critérios de divisão. Estes critérios foram feitos a partir dos usos existentes em cada lote, da quantidade de pavimentos, e principalmente em função das tipologias existentes e observadas no contexto da cidade do estudo de caso (Quadro 13). Desta forma, foi possível estimar a área de cada categoria de uso do solo existente em cada lote.

**Quadro 13** - Critérios de divisão de áreas por usos

CENÁRIO	USOS NO LOTE	ANDARES	SITUAÇÃO		CRITÉRIO DE DIVISÃO DA ÁREA CONSTRUÍDA PARA CADA USO
			TIPO	EXEMPLO	
<b>A</b>	Apenas um uso	(não relevante)			Totalidade da área para aquele uso
<b>B</b>	Uso misto, sem residencial	(não relevante)			Divisão ponderada entre a quantidade de cada uso
<b>C</b>	Uso misto, com residencial	Térreo			Divisão ponderada entre a quantidade de cada uso
<b>D</b>	Uso Misto, com residencial	Mais de um			Divisão ponderada da área do térreo entre as quantidades de cada uso comercial, serviço, institucional e entretenimento. Todos os demais pavimentos foram contabilizados para o uso residencial.

Fonte: Autor.

### 3.2.2.2 Medidas configuracionais

Assim como discutido na revisão de literatura, a configuração da malha urbana tem papel relevante tanto nos padrões de deslocamento quanto na espacialização do uso do solo. Portanto, a malha urbana será considerada na pesquisa através de modelos configuracionais urbanos.

Na prática, esses modelos são processados e calculados a partir de softwares. As medidas de Integração e Escolha, pertencentes à sintaxe espacial foram calculados no programa QGis (QGIS Development Team, 2018) pela extensão Depthmap e as medidas de Alcance, Interposição e Eficiência pela extensão UNA (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) para ArcGis v.10.5.

#### 3.2.2.2.1 Medidas da sintaxe espacial pelo software depthmap

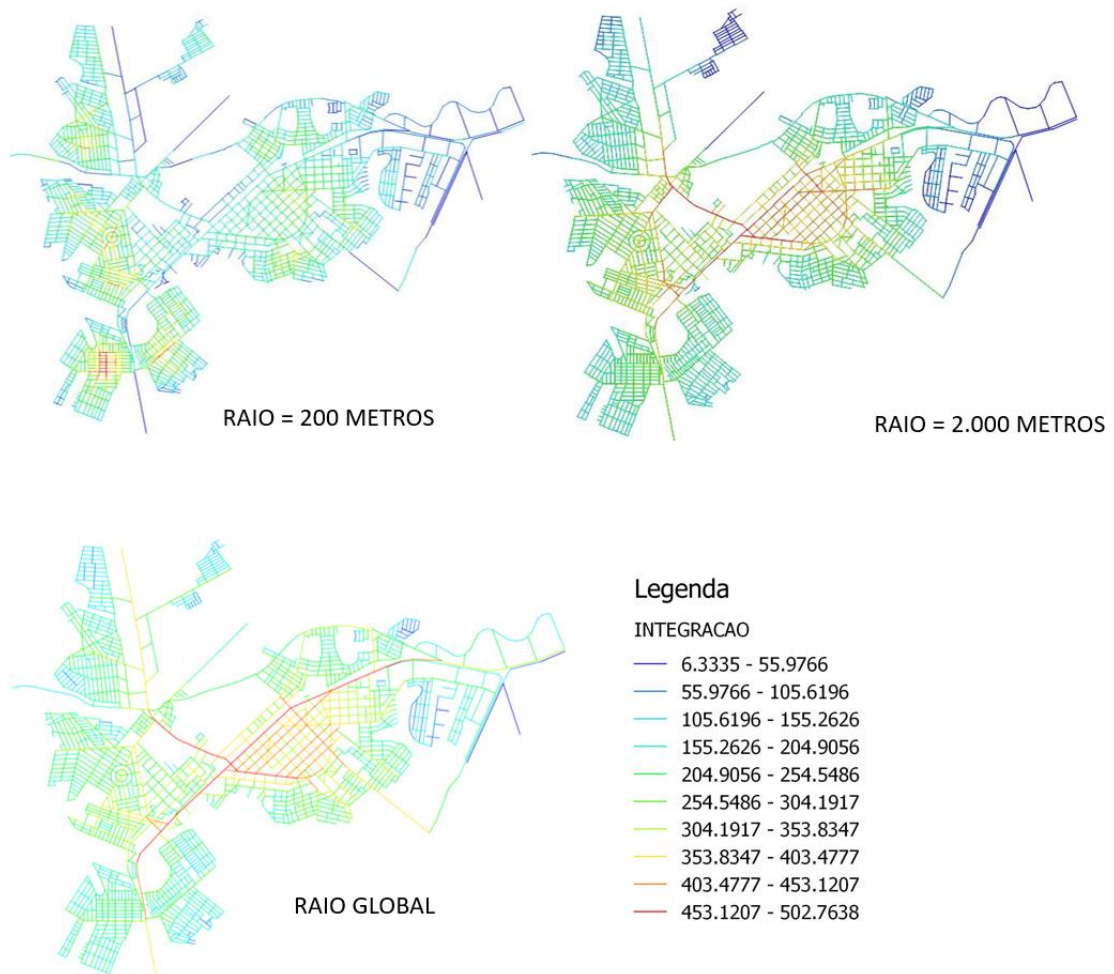
O mapa base georreferenciado da cidade de Rolândia foi utilizado como base para cálculo dos valores de centralidade da Sintaxe Espacial. Primeiramente, utilizando o software AutoCad, o mapa base foi convertido em Mapa Axial e em Mapa de segmentos considerando os princípios da Sintaxe Espacial. Em seguida, os mapas com valores sintáticos de Integração e Escolha foram gerados utilizando o programa de geoprocessamento QGis (QGIS Development Team, 2018) e o software Depthmap.

Os mapas sintáticos para ambas as medidas foram calculados de duas formas diferentes:

1. Por vias axiais e passos topológicos;
2. Por segmentos de via e raios métricos.

Por vias axiais e passos topológicos, foram calculadas via software as medidas de Integração e Escolha pelo valor global do sistema e em passos de 2, 3, 4, 6 e 8 num total de 6 mapas diferentes para cada medida. Já para segmentos de via e raios métricos, foram calculadas as medidas de Integração e Escolha nos raios 200, 400, 600, 800, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 e global, num total de 10 mapas diferentes para cada medida (Figura 22).

**Figura 22** - Valores de Integração calculados por segmentos de via em 3 raios métricos diferentes



**Fonte:** Autor

#### 3.2.2.2.2 Medidas de centralidades pela extensão urban network analysis

As medias de centralidade por MCA foram calculadas no software ArcGis (ArcGIS v.10.2, ESRI 2012) utilizando a extensão UNA – *Urban Network Analysis*, fornecido gratuitamente pelo City Form Lab do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) (SEVTSUK; MEKONENN, 2012). A extensão utiliza duas camadas de informações para realização das medições:

1. Base de segmentos de rua;
2. Rede de ruas.

Ambas camadas foram desenvolvidas pelo autor com base na fornecida pela PMR. A extensão possibilita o cálculo dos modelos de centralidade:

1. Alcance;
2. Interposição;
3. Eficiência.

Estes três modelos de centralidade foram também calculados em raios. De forma semelhante aos mapas sintáticos, foram escolhidos os raios 200, 400, 600, 800, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 e global, num total de 10 mapas diferentes para cada medida. No total, para cada um dos três modelos de centralidade por MCA foram calculados 10 mapas diferentes. Os valores dos raios para cálculo da centralidade foram calculados na distância da malha urbana e não na euclidiana.

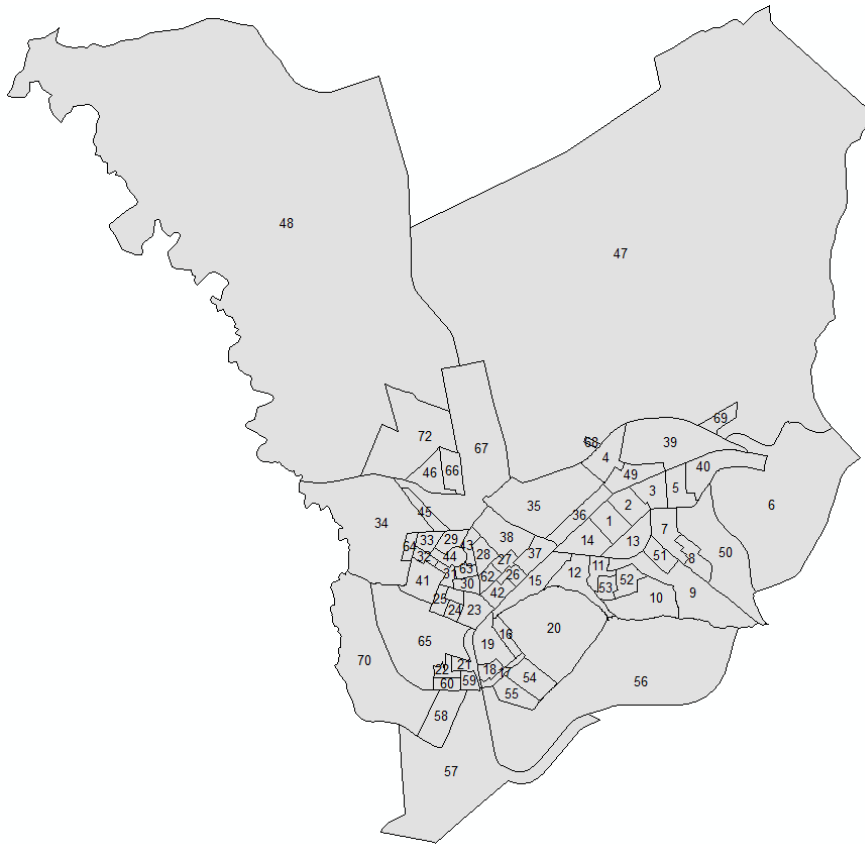
### 3.3 MÉTODO

#### 3.3.1 Unidades Espaciais de Análise

O efeito do MAUP (Modifiable area unit problem) é o fenômeno de quando, em pesquisas deste tipo, os mesmos dados analisados em escalas geográficas diferentes podem gerar também resultados diferentes (NORMANDO 2006).

Não há consenso na literatura sobre qual escala deve ser usada ou como dividir extratos urbanos para pesquisas da caminhabilidade. A maioria das pesquisas contempladas na revisão de literatura utiliza setores censitários como unidade espacial pela facilidade de obtenção de dados agregados (FRANK; PIVO 1994, FRANK et al. 2010, KOOHSARI et al. 2016, MOTOMURA, 2017). No entanto, foi possível observar que, os setores censitários apresentam grande heterogeneidade nos dados utilizados nessa pesquisa, além de também grande variação de tamanho (Figura 23).

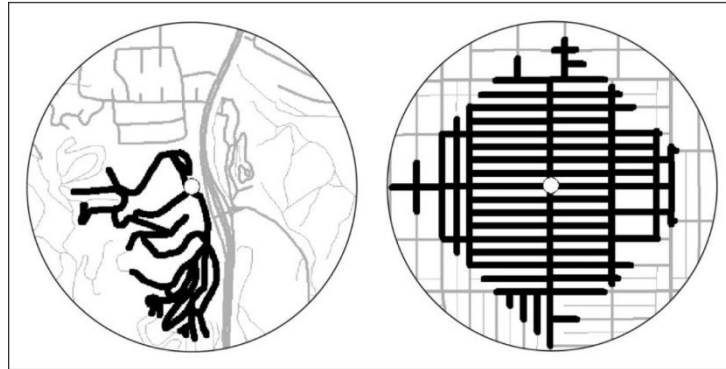
**Figura 23 - Setores Censitários Urbanos do Município de Rolândia-PR**



**Fonte:** IBGE (2018), modificado pelo autor.

No entanto, outras formas de divisão espacial e estratégias de análises multiescalares têm sido utilizadas. Algumas pesquisas utilizam raios ou *buffers* ao invés de divisões espaciais (SEVTSUK 2017, FRANK et al. 2017, GERHKE et al. 2014). Frank et al. (2017) utiliza o *buffer* “sausage” onde o *buffer* é contado a partir da extensão de um segmento de rua. Gerhke et al. (2014) ao analisar medidas da diversidade de usos do solo em diferentes escalas encontrou correlações positivas melhores num raio de distância na malha urbana de 2 milhas das residências do que em setores censitários. Na análise de *clusters* comerciais, Sevtsuk (2017) realiza análises com *buffers*, a partir da distância percorrida na malha urbana, ao invés da distância euclidiana (Figura 24).

**Figura 24** - Dois exemplos da diferença entre *buffers* euclidianos no raio de 600 metros e a mesma distância percorrida na malha urbana



**Fonte:** Sevtsuk, (2017).

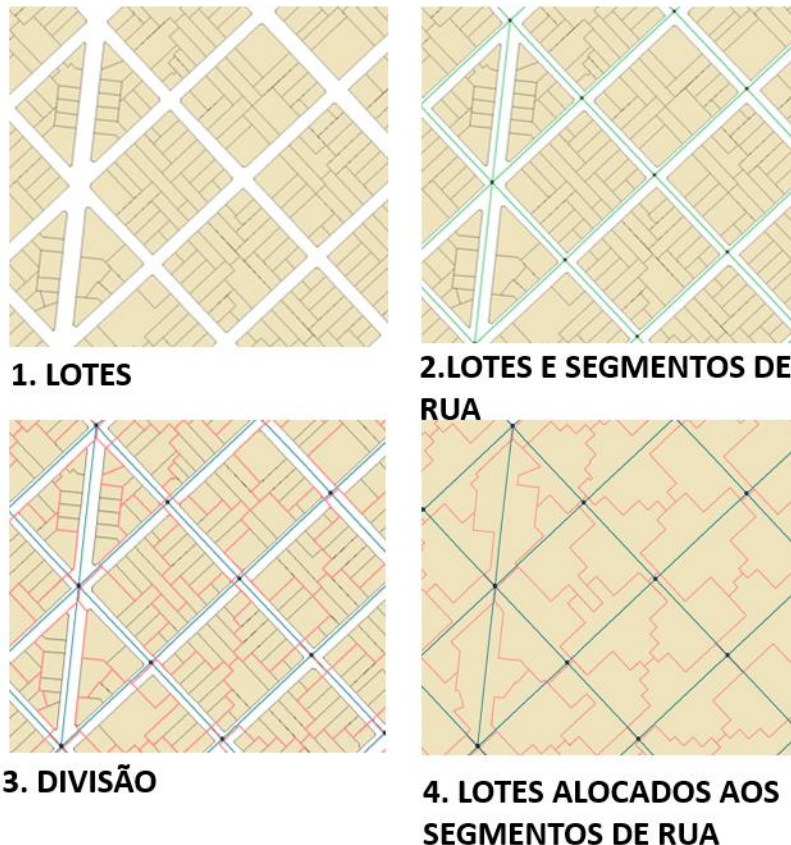
Quanto ao raio utilizado para definição de *buffers*, existem também divergências na definição de distância “caminhável”. Sevtsuk (2010) realiza análises estatísticas de localização comercial na escala do lote enquanto calcula os valores de centralidade pela MCA num raio de 600 metros como uma distância “caminhável”. Moudon (2006) considera que em 1 minuto o indivíduo desloca-se em média 80 metros e, portanto, em 10 minutos o pedestre pode percorrer 800 metros e, de forma similar, Campoli (2012) aponta como distância caminhável máxima. A autora define o *pedestrian shed* (área caminhável) a partir do estabelecimento do raio de 400 metros de área de uso misto como potencialidade para a substituição das viagens de carros por deslocamentos a pé.

A representação por trechos de rua é definida por um segmento de linha contido entre duas esquinas adjacentes (KRAFTA, 2014). Esse tipo de representação gera um mapa com um grau de desagregação (maior quantidade de elementos) muito maior que os outros tipos. Por isso é, segundo Lima (2015), mais suscetível a resultados mais sensíveis. Além disso, em comparação com os três tipos de representação espacial, Lima (2015) encontra na por segmentos de rua maior capacidade de correspondência estatística de medições de centralidade com a espacialização de atividades econômicas.

Considerando o exposto, foi definido para a pesquisa os segmentos de rua como unidade espacial básica de análise. Para isso, o mapa de rede de vias desenvolvido, a partir do mapa base geoprocessado da cidade, foi dividido em

segmentos de rua, conforme a definição de Krafta (2014) (Figura 25). No total, a cidade foi dividida em 2.333 segmentos de rua.

**Figura 25** - Exemplo de lotes alocados a cada segmentos de rua.



**Fonte:** Autor

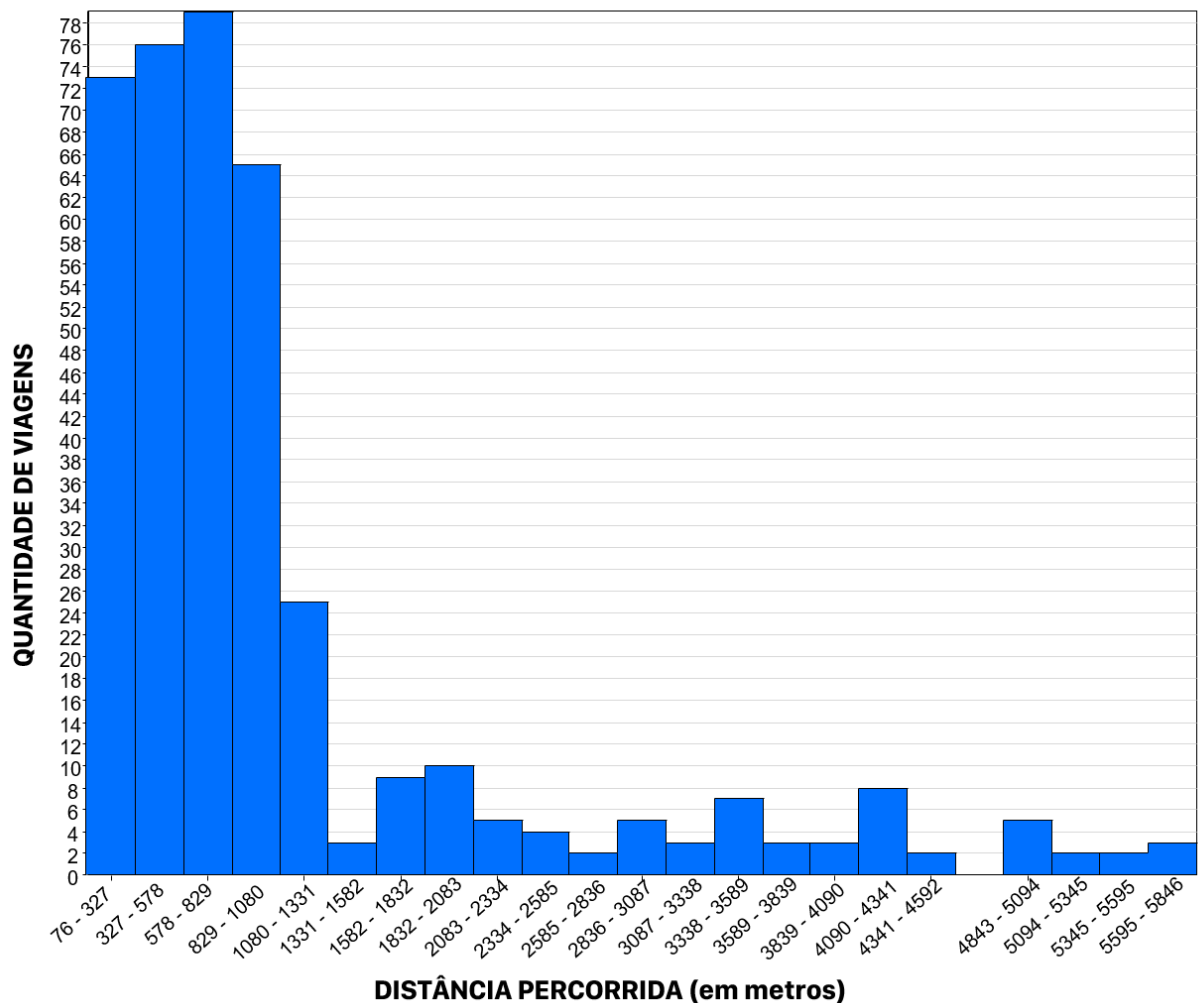
A maioria dos lotes tem acesso a apenas uma via. Os lotes de esquina, no entanto, apresentam mais de uma opção de segmento de via o qual ele pode estar faceado. Dessa forma, estabeleceram-se critérios para definição do faceamento de lotes:

1. Quando o lote está no meio de quadra, há apenas 1 segmento;
2. Quando o lote possui mais de uma face e, portanto mais de um segmento de rua. Definiu-se pelos arquivos oficiais a face de Logradouro, disponibilizados pelo IBGE;
3. Não havendo uma solução nos arquivos do IBGE, foram consultadas imagens do *Street View* do Google;
4. Não havendo uma solução clara nas imagens do *Street View* do Google, o lote foi atrelado ao segmento no qual a sua maior face está voltada.

Nesta pesquisa, foram utilizados como unidade espacial os segmentos de rua e analisados não somente as características contidas neles como também os efeitos delas em raios. Para a seleção dos raios de análise, levou-se em consideração os dados espacializados da pesquisa de origem destino. As distâncias das rotas a pé foram distribuídas num histograma (Gráfico 1).

**Gráfico 1** – Histograma das distâncias percorridas nas viagens a pé.

### HISTOGRAMA DAS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS NAS VIAGENS A PÉ



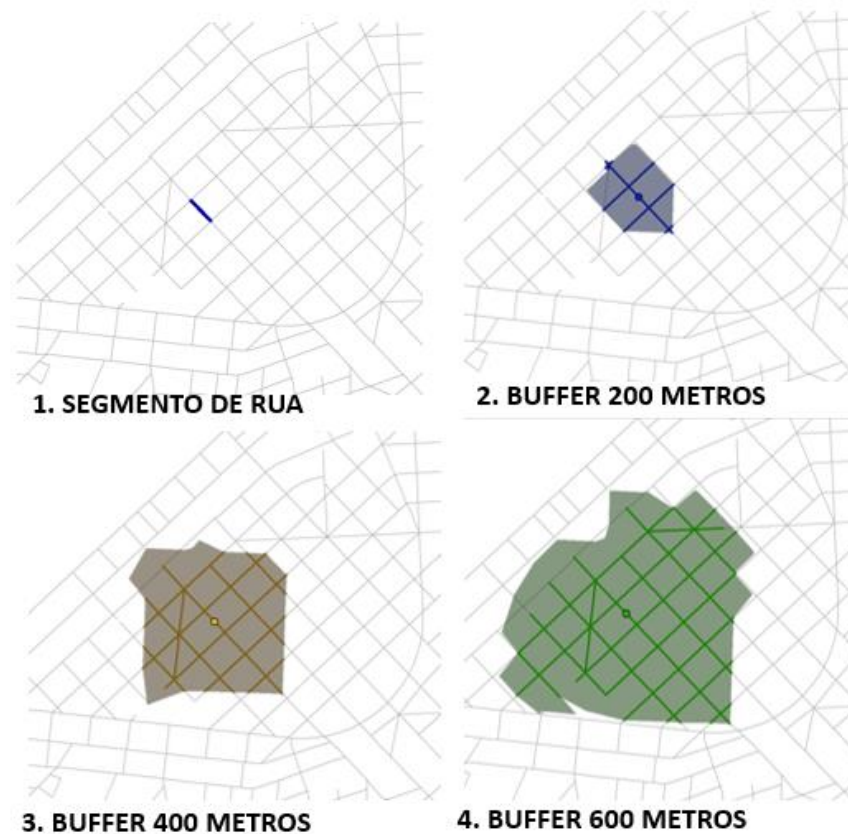
**Fonte:** Autor.

Pode-se observar, pelo histograma, que o maior agrupamento de viagens (setenta e nove) está num intervalo de 578 a 829 metros. Em segundo lugar, o maior intervalo foi o entre 327 e 578 metros e, em terceiro lugar entre 76 e 327 metros. A diferença entre a quantidade de viagens do terceiro e quarto lugar é mais significativa.

Baseado nessas informações e nos raios encontrados em análises da literatura, foram escolhidas as seguintes unidades espaciais de análise:

1. Lotes associados aos segmentos de rua;
2. Lotes associados aos segmentos de rua em *buffers* de 200 metros;
3. Lotes associados aos segmentos de rua em *buffers* de 400 metros;
4. Lotes associados aos segmentos de rua em *buffers* de 600 metros.

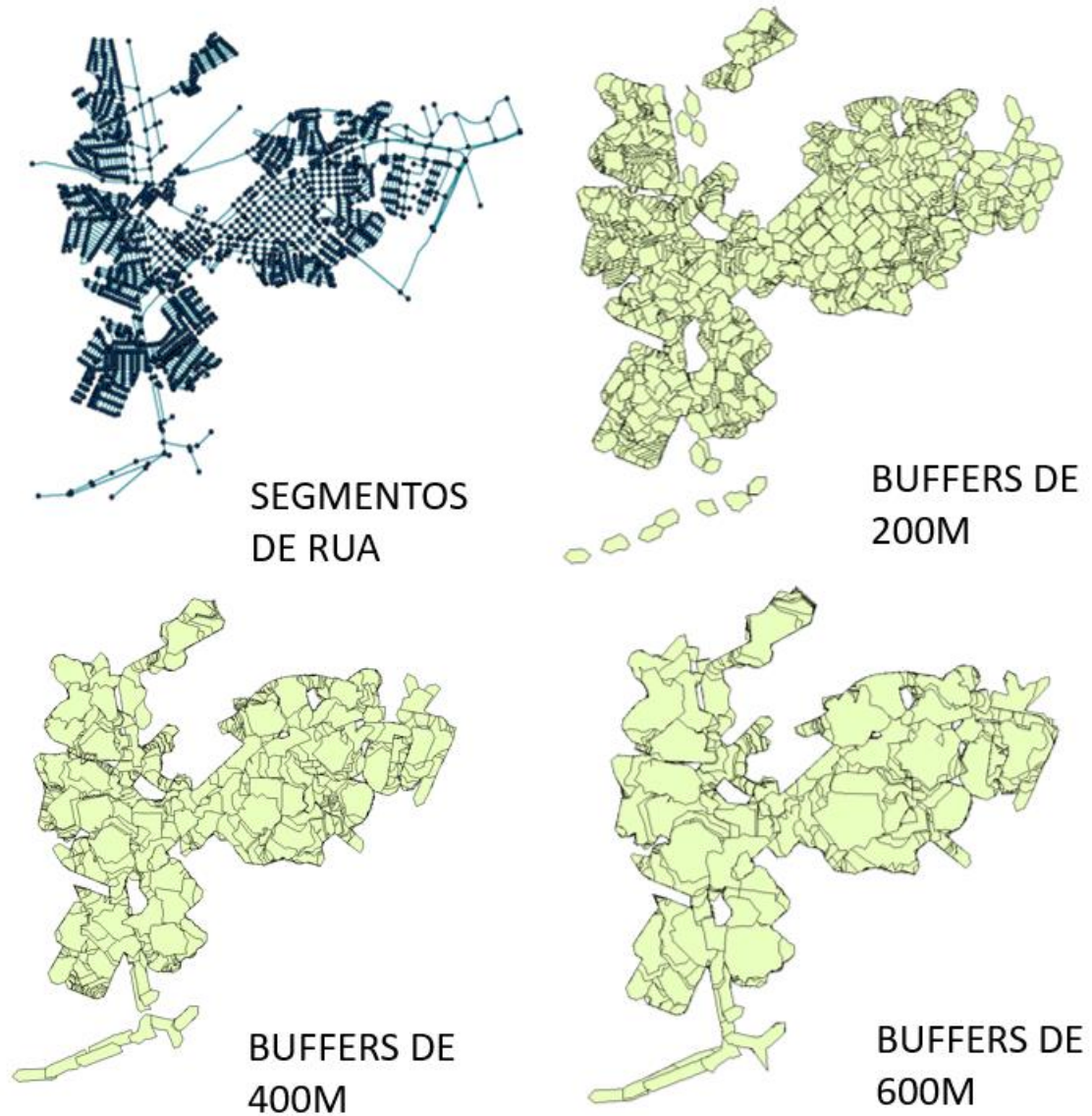
**Figura 26** - Unidades espaciais de Análise



**Fonte:** Autor.

A cidade do estudo de caso foi completamente dividida a partir dos segmentos de rua e dos lotes voltados a eles. Em seguida, esses segmentos foram numerados e, na plataforma ArcGis (ArcGIS v.10.2, ESRI, 2012), foram definidos buffers nos quatro raios estabelecidos pela pesquisa na malha urbana (Figura 27).

**Figura 27** - Escalas utilizadas na pesquisa para agrupamento dos dados



**Fonte:** Autor

### 3.3.2 Dados agregados

A partir da definição das quatro escalas das unidades espaciais, o próximo procedimento foi a agregação das variáveis a serem analisadas nas respectivas escalas (Quadro 14).

Considerando a natureza diferenciada dos dados, referente aos modelos de centralidade e uso do solo, assim como aquelas presentes em todos os

seguimentos, definiu-se formas de agregação dos dados às unidades espaciais por somatória ou por cálculo da média.

Variáveis referentes aos modelos de centralidade urbana são calculados em todos os espaços do sistema. Dessa forma, todos os segmentos de rua apresentam um valor. Já as variáveis referentes ao uso do solo e ao deslocamento a pé, no entanto, apresentam grande variabilidade entre os segmentos e não estão presentes em todos eles. Aquelas presentes em todos os segmentos através de cálculo foram agregadas às unidades espaciais por média de valor das unidades espaciais associadas a elas. Já aquelas que não necessariamente apresentam valor às unidades espaciais foram agregadas por soma dos valores.

**Quadro 14** - Formas de agregar dados às unidades espaciais.

FORMA DE AGREGAR DADOS ÀS UNIDADES ESPACIAIS		
VARIÁVEIS POR SEGMENTO DE RUA		FORMA DE AGREGAR O DADO À UNIDADE ESPACIAL
PERCURSOS CAMINHADOS	METROS PERCORRIDOS PELO MODAL A PÉ	Soma
USO DO SOLO	ÁREA RESIDENCIAL	Soma
	ÁREA COMERCIAL	Soma
	ÁREA SERVIÇO	Soma
	ÁREA INSTITUCIONAL	Soma
	ÁREA ENTRETENIMENTO	Soma
	UNIDADES CONSTRUÍDA	Soma
	UNIDADES RESIDENCIAL	Soma
	UNIDADES COMERCIAL	Soma
	UNIDADES SERVIÇO	Soma
	UNIDADES INSTITUCIONAL	Soma
UNIDADES ENTRETENIMENTO	Soma	
MODELOS DE CENTRALIDADE URBANA	INTEGRAÇÃO (TODOS OS RAIOS TOPOLÓGICOS)	Média
	INTEGRAÇÃO (TODOS OS RAIOS MÉTRICOS)	Média
	ESCOLHA (TODOS OS RAIOS TOPOLÓGICOS)	Média
	ESCOLHA (TODOS OS RAIOS MÉTRICOS)	Média
	ALCANCE (TODOS OS RAIOS MÉTRICOS)	Média
	INTERPOSIÇÃO (TODOS OS RAIOS MÉTRICOS)	Média
	EFICIÊNCIA (TODOS OS RAIOS MÉTRICOS)	Média

**Fonte:** Autor

Além desses dados agregados às unidades espaciais em escalas diferentes, foram também calculados os valores de entropia para cada um deles. Dessa forma, tem-se, nesta etapa da pesquisa, todas as variáveis quantificadas e vinculadas às 2333 unidades espaciais em cada uma das 4 escalas de análise (Quadro 15).

**Quadro 15 - Relação das variáveis analisadas na pesquisa**

RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS NA PESQUISA				
DADO PRIMÁRIO	FONTE	CLASSE VARIÁVEL	VARIÁVEIS AGREGADAS ÀS UNIDADES ESPACIAIS	TIPO DE VARIÁVEL
Banco de dados Origem-Destino	ITEDES	Percurso Caminhados	SOMA METROS PERCORRIDOS PELO MODAL A PÉ	Dependente
Uso do solo por lote	Levantamento de campo do Grupo de Pesquisa	Uso do solo por unidades	SOMA UNIDADES RESIDENCIAIS	Independente
			SOMA UNIDADES COMERCIAIS	Independente
			SOMA UNIDADES SERVIÇO	Independente
			SOMA UNIDADES INSTITUCIONAIS	Independente
			SOMA UNIDADES ENTRETENIMENTO	Independente
			ÍNDICE DE RIQUEZA - BATTY	Independente
			ÍNDICE DE EQUILÍBRIO DE USOS POR UNIDADE - SHANNON	Independente
Uso do solo por lote + Mapa base geoprocessado Rolândia	Levantamento de campo do Grupo de Pesquisa + PMR	Uso do solo por áreas	SOMA ÁREA RESIDENCIAL CONSTRUÍDA	Independente
			SOMA ÁREA COMERCIAL CONSTRUÍDA	Independente
			SOMA ÁREA SERVIÇO CONSTRUÍDA	Independente
			SOMA ÁREA INSTITUCIONAL CONSTRUÍDA	Independente
			SOMA ÁREA ENTRETENIMENTO CONSTRUÍDA	Independente
			ÍNDICE DE EQUILÍBRIO DE USOS POR ÁREA CONSTRUÍDA - SHANNON	Independente
			ÍNDICE DE EQUILÍBRIO DE USOS POR ÁREA CONSTRUÍDA - SIMPSON	Independente
ÍNDICE DE EQUILÍBRIO DE USOS POR ÁREA CONSTRUÍDA - HILL	Independente			
Mapa base geoprocessado Rolândia	PMR	Modelos de Centralidade Urbana	MÉDIA INTEGRAÇÃO DAS VIAS AXIAIS (6 RAIOS TOPOLÓGICOS**)	Independente
			MÉDIA INTEGRAÇÃO DOS SEGMENTOS DE RUA (10 RAIOS MÉTRICOS*)	Independente
			MÉDIA ESCOLHA DAS VIAS AXIAIS (6 RAIOS TOPOLÓGICOS**)	Independente
			MÉDIA ESCOLHA DOS SEGMENTOS DE RUA (10 RAIOS MÉTRICOS*)	Independente
			MÉDIA DE ALCANCE DOS SEGMENTOS DE RUA (10 RAIOS MÉTRICOS*)	Independente
			MÉDIA INTERPOSIÇÃO DOS SEGMENTOS DE RUA (10 RAIOS MÉTRICOS*)	Independente
			MÉDIA DE EFICIÊNCIA DOS SEGMENTOS DE RUA (10 RAIOS MÉTRICOS*)	Independente
* Raios Métricos calculados: 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 4000, 8000, global.				
** Raios Topológicos calculados: 2, 3, 4, 6, 8, global.				

Fonte: Autor

### 3.3.3 Análise Estatística<sup>1</sup>

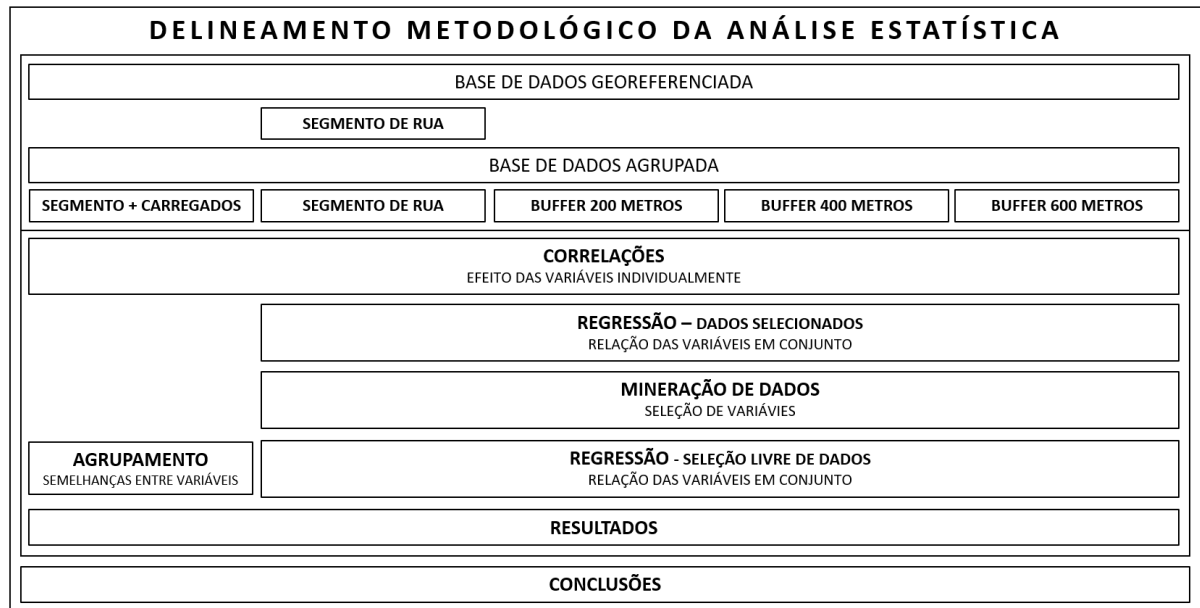
A partir do objetivo principal de estimar a influência do uso do solo sobre o deslocamento a pé, as variáveis independentes foram analisadas utilizando correlações e duas etapas distintas de regressão estatística: com dados selecionados e com a seleção livre de dados (Figura 28). A primeira, regressão - com dados selecionados - foi realizada para analisar a contribuição individual do conjunto de variáveis relacionadas ao uso do solo. Assim, as variáveis foram selecionadas para estarem presentes no modelo e o efeito de cada uma pode ser analisado individualmente e de forma comparada entre as escalas de agrupamento. A segunda, com a seleção livre dos dados, foi uma estratégia de verificar a relação, em conjunto, das variáveis explicativas (ou independentes) sobre a variável resposta (ou dependente), a partir da seleção de variáveis por meio da mineração de dados. Assim, a seleção das variáveis consideradas para o modelo de regressão foi automaticamente pré-definido.

Além dessas etapas, com o objetivo de verificar a relação entre as variáveis nos segmentos, estas foram analisadas novamente pelo método de análise de agrupamento. Por exemplo para agrupar variáveis, foram usadas correlações lineares simples.

---

<sup>1</sup> Análise estatística desta pesquisa foi realizada em colaboração com os pesquisadores Dra. Ana Julia Righeto e Dr. Thiago Gentil Ramires.

**Figura 28 – Delineamento Metodológico da Análise Estatística.**



**Fonte:** Autor.

### 3.3.3.1 Mineração de dados

Para identificar a associação das variáveis independentes com a variável dependente (metros percorridos), a técnica utilizada foi o uso de modelos de regressão. Porém, um grande problema ao se tratar de modelos de regressão, são os casos de multicolinearidade, em que duas ou mais variáveis independentes apresentem alta correlação, resultando em erros-padrões elevados (impossibilitando a seleção do modelo final) ou até mesmo dificultando a estimação do modelo. Nesse sentido, todas as variáveis independentes foram analisadas (par a par). No caso de incidência de uma correlação alta (maior que 0,8) dos valores, fez-se o agrupamento permanecendo apenas uma variável no banco de dados.

É importante observar que essas correlações com o objetivo de agrupar variáveis não são realizadas entre variáveis que medem características diferentes. As variáveis de medição de uso do solo, por exemplo, não são agrupadas com medidas de modelos de centralidade. Esses agrupamentos são úteis para avaliar a necessidade de comparar, por exemplo, modelos de centralidade calculados em raios diferentes, mas que representam a mesma característica do ambiente construído.

Observa-se também que as medidas dos modelos de centralidade provenientes dos mesmos modelos configuracionais (Interposição, Acessibilidade e Alcance) utilizados nesta pesquisa foram correlacionadas também entre si, por representarem a mesma característica do ambiente construído (Apêndices A e B).

Após a mineração da base de dados inicial, a base de dados final ficou composta, nos quatro buffers analisados, de modo que seja possível observar no

### 3.3.3.2 Modelos de regressão

Modelos de regressão foram utilizados para identificar e quantificar as variáveis independentes relacionadas com a variável resposta (total de metros percorridos pelo modal a pé). Embora a família dos modelos de regressão lineares generalizados (Generalized Additive Models – GAM) (HASTIE, 2017) ainda sejam os mais utilizados na literatura, estes possuem algumas limitações para este estudo, como: os modelos probabilísticos devem pertencer a família das distribuições exponenciais, apenas o parâmetro de média é modelado por variáveis explanatórias, não considera o uso de funções suavizadas, etc. Ramires et al. (2018) compara o viés causado nas estimativas dos parâmetros do modelo resultado da escolha do modelo probabilístico errôneo.

Como alternativa aos GAM, Rigby e Stasinopoulos (2005) propuseram a família de modelos aditivos generalizados para localização, escala e forma (Generalized Additive Models for Location, Scale and shape – GAMLSS), a qual permite que qualquer parâmetro de qualquer modelo probabilístico seja modelado em função de variáveis explanatórias. Para facilitar o uso por diferentes usuários, os GAMLSS foram implementados no pacote gamlss (Stasinopoulos e Rigby, 2007) do software R (R Core Team, 2018).

Estatisticamente, os GAMLSS são expressos por  $f(y, g_i(\theta_i))$ , em que  $f(.)$  representa uma função de probabilidade que está associada a variável resposta  $Y$ ,  $\theta_i$  representa o vetor de parâmetros associados ao modelo  $f(.)$  e  $g_i(.)$ . Portanto, são funções de ligação que garantem que o  $i$ -ésimo parâmetro esteja condicionado ao seu espaço paramétrico. A escolha do modelo probabilístico geralmente é feita estudando o comportamento (forma) da variável resposta que, nesse estudo (metros percorridos pelo modal a pé), assume apenas valores positivos assimétricos a direita.

Dadas essas características, os modelos probabilísticos que foram considerados para representar  $Y$  foram os modelos exponenciais, Gamma e Weibull, os quais possuem função densidade de probabilidade dada respectivamente por:

$$f(y, \mu) = \left(\frac{1}{\mu}\right) \exp\left(-\frac{y}{\mu}\right), E(Y) = \mu;$$

$$f(y, \mu, \sigma) = \frac{y^{\frac{1}{\sigma^2}-1} \exp\left(-\frac{y}{\sigma^2\mu}\right)}{(\sigma^2\mu)^{\frac{1}{\sigma^2}} \Gamma\left(\frac{1}{\sigma^2}\right)}, E(Y) = \mu \text{ e } \sigma = \text{coeficiente de variação};$$

$$f(y, \mu, \sigma) = \frac{\sigma y^{\sigma-1}}{\beta^\sigma} \exp\left(-\left(\frac{y}{\beta}\right)^\sigma\right), E(Y) = \mu \text{ e } \sigma = \text{parâmetro de dispersão e } \beta = \mu[\Gamma(\sigma^{-1} + 1)^{-1}].$$

Nos modelos probabilísticos apresentados, ambos possuem  $\mu$  sendo a média do modelo, facilitando então as interpretações dos coeficientes de regressão obtidos.

Outro fato importante a ser considerado em modelos de regressão é que o efeito das variáveis independentes nem sempre são lineares, ou seja, a estrutura  $g(\theta) = \beta_0 + \beta_1$  nem sempre é válida, por se tratar de uma equação de uma reta, a qual assume apenas formas crescentes, decrescentes ou constantes, linearmente. Ramires et al. (2018b) mostra que, caso variáveis independentes possuam efeitos não lineares e, erroneamente modeladas de forma linear, as interpretações do modelo final podem ficar viciadas, sendo também possível que variáveis que possuam efeitos significativos não sejam identificadas.

Para que efeitos não lineares possam ser captados pelos modelos de regressão, além da parte paramétrica regressora ( $\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots$ ), também considerou-se uma parte não paramétrica, representada dada por  $h(X_i)$ , as quais são funções suavizadoras. Nesse estudo utilizou-se como funções suavizadoras os P-splines que são funções altamente flexíveis (EILERS; MARX, 1996; RIGBY; STASINOPOULS, 2005, 2014).

Para a escolha das variáveis que pertenceram ao modelo final, foi utilizada a técnica proposta por Voudouris et al. (2012), na qual as variáveis são selecionadas via critério forward para os parâmetros de locação e escala (apenas o modelo gamma e Weibull possuem parâmetros de escala) respectivamente e, após, o método de backward foi aplicado para remover as variáveis em excesso, formando

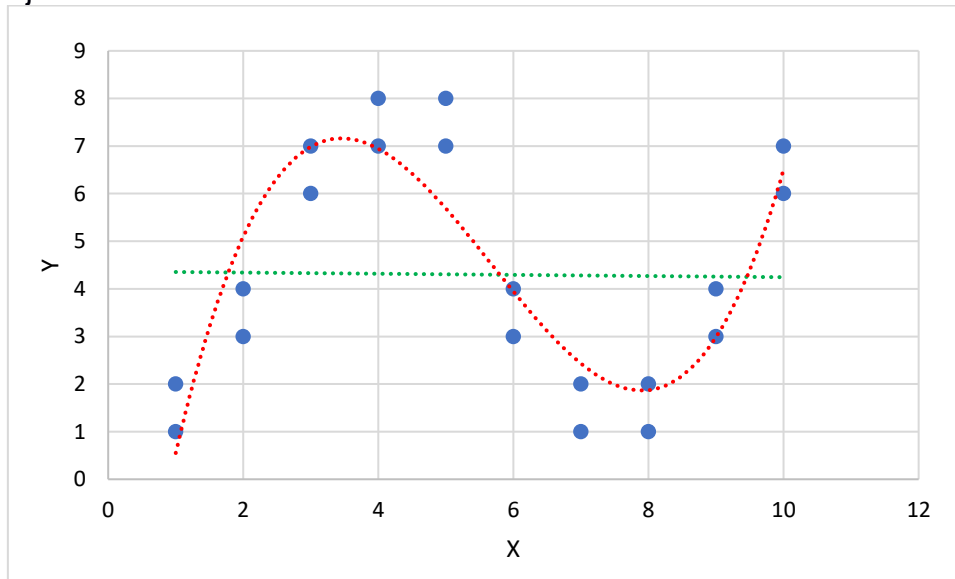
então o método denominado como stepAICall. O critério de seleção/exclusão de variáveis a serem utilizados nessa pesquisa é o Akaike Information Criterion AIC.

Após a escolha do modelo final, faz-se necessário aplicar métodos para verificar o ajuste do modelo final. As técnicas mais recentes de diagnósticos de modelos são os gráficos dos resíduos quantís normalizados (DUNN; SMYTH, 1996) e os worm plots (WP) (BUUREN; FREDRIKS, 2001). Ramires et al. (2017) demonstram como os WPs podem ser utilizados para comparar ajuste de distintos modelos probabilísticos, sendo possível identificar visualmente a falta de ajuste nos parâmetros referentes à média, variância, assimetria e curtose.

### 3.3.3.3. Correlações

Uma das formas de verificar a influência individual das variáveis independentes sobre a dependente é por correlação. No entanto, considerando as características das variáveis desta pesquisa, infere-se que a relação entre duas variáveis seja, muitas vezes, não linear. A utilização de medidas de correlação linear, como a de Pearson por exemplo, pode não exprimir o verdadeiro valor de correlação. A Figura 29, apresenta a relação entre uma variável dependente Y e uma independente X. Ao utilizar a medida de relação linear (linha verde), o resultado será que X não explica muito bem Y, porém, ao considerar uma relação não linear (linha vermelha), o resultado é o oposto. Assim, quanto mais próximo à curva ajustada forem os pontos observados, melhor será a relação entre as duas variáveis.

**Figura 29** - Relação entre X e Y com tendência linear (verde) e não linear (vermelho) ajustada.



**Fonte:** Autor, em colaboração com os pesquisadores Dra. Ana Julia Righeto e Dr. Thiago Gentil Ramires.

Com o objetivo de evitar conclusões errôneas, em algumas análises desta pesquisa nas quais a precisão de correlação era fundamental, foram ajustados modelos de regressão não linear, considerando *splines* penalizados para modelar o comportamento de algumas variáveis independentes.

A estatística global deviance  $GD = -2\hat{\ell}$  ( $\hat{\ell}$  refere-se a função de verossimilhança) foi utilizada para verificar qual modelo possui melhor predição, ou seja, quanto menor o valor de GD, a variável independente explica melhor o comportamento de MC.

Na pesquisa, esse tipo de correlação foi utilizado quando se era necessário selecionar uma variável entre um conjunto para compor o banco de dados final. Por exemplo, qual medida de uso misto do solo teve a melhor relação com o deslocamento a pé e, portanto, selecioná-la para a análise de regressão.

#### 3.3.3.4 Análise de agrupamento

Com o intuito de identificar as características semelhantes das vias de maior valor de metros caminhados, foi realizada uma análise de agrupamento. Para isso, foram selecionadas as vias com essa característica, excluindo da análise as demais. A seleção das vias mais carregadas foi feita utilizando o método de

agrupamento *Natural breaks* ou *Jenks* (disponível no software ArcGis V.10.5) cujo objetivo foi dividir um conjunto de dados em classes de forma a minimizar a variação de dados dentro dos elementos de cada grupo. Vale ressaltar que as variáveis que compuseram essa análise foram aquelas que permaneceram na base de dados após a mineração, pois variáveis altamente correlacionadas já foram agrupadas naturalmente, sendo o propósito a identificação da similaridade entre variáveis distintas.

Para tanto, a análise hierárquica de *cluster* foi utilizada. Nela, cada variável independente é agrupada em pares, até se obter um único *cluster* ao fim do estudo. A distância Euclidiana<sup>2</sup> foi utilizada para determinar as distâncias entre as observações e o método k-means (PENA et al, 1999) foi utilizado para formar os clusters.

Neste tipo de análise, os resultados foram apresentados graficamente utilizando um dendrograma. A questão mais importante foi a definição do “corte” visto que define a quantidade de grupos no dendrograma. Existem diversos métodos para determinar o número ótimo de clusters. A pesquisa optou pela utilização do método disponível no pacote NbClust, do software R (R CORE TEAM, 2018), o qual compara 30 métodos para determinar o número ótimo de clusters e, nesse processo, o número com maior frequência é selecionado.

Por fim, para validar os *clusters* selecionados, foi utilizado o método gráfico de Silhouette (ROUSSEEUW, 1987). Esse método baseia-se nos coeficientes de Silhouette, que medem a similaridade entre os objetos dos clusters que estão alocados e *clusters* vizinhos. Um valor próximo a 1 indica que tal observação está bem alocada e, caso o valor seja próximo a -1, o resultado indica que a observação foi alocada erroneamente. Na geral, caso o gráfico não apresente valores negativos, esse resultado indica um bom agrupamento.

---

<sup>2</sup> A Distância Euclidiana utilizada nesta análise estatística é uma técnica que utiliza como critério de agrupamento de variáveis as diferenças entre os valores.

## 4. RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises estatísticas realizadas com os bancos de dados dos agrupamentos por: segmento, *buffers* de 200, 400 e 600 metros.

A primeira análise apresentada foram as correlações que possibilitaram avaliar a melhor correspondência das medidas de equilíbrio do uso misto do solo com a variável dependente. Em seguida foram realizadas as regressões. A primeira delas foi a regressão de dados selecionados. O objetivo desta análise foi verificar o comportamento das variáveis em relação à variável dependente em todos os agrupamentos. Dessa forma, todas as variáveis referentes ao uso do solo foram selecionadas para aparecerem no modelo de regressão. Esta análise foi feita com os quatro agrupamentos do bancos de dados.

Os modelos finais de regressão, no entanto, são melhores ajustados quando o processo de análise exclui e inclui variáveis de acordo com a capacidade de explicar o modelo. Para verificar as variáveis que mais foram capazes de explicar a variável dependente, foi realizada outra regressão, dessa vez sem seleção de dados. Uma vez que o objetivo desta análise não era verificar a evolução do comportamento das variáveis, mas quais melhor explicavam a variável dependente, ela foi feita apenas no menor e maior agrupamento de dados da pesquisa (segmento e no raio de 600 metros).

Por fim, com o intuito de entender melhor as relações entre as variáveis independentes, foi realizada uma análise de agrupamento dos segmentos com maior valor da variável dependente “metros caminhados por segmento”.

Para fins de simplificação nas tabelas de correlações e nos comentários das mesmas, nesta sessão, as variáveis serão referenciadas com abreviações, conforme Quadro 16.

**Quadro 16** – Relação das abreviações das variáveis utilizadas nas análises estatísticas.

ABREVIACÃO	VARIÁVEL
<b>MC</b>	Metros caminhados em um segmento de rua
<b>QNT_R</b>	Quantidade de residências
<b>QNT_C</b>	Quantidade de estabelecimentos comerciais
<b>QNT_S</b>	Quantidade de estabelecimentos de serviço
<b>QNT_I</b>	Quantidade de Instituições
<b>QNT_E</b>	Quantidade de estabelecimentos de entretenimento
<b>ARE_R</b>	Área construída de residências
<b>ARE_C</b>	Área construída de estabelecimentos comerciais
<b>ARE_S</b>	Área construída estabelecimentos de serviço
<b>ARE_I</b>	Área construída de Instituições
<b>ARE_E</b>	Área construída de estabelecimentos de entretenimento
<b>RIQUEZA_BA</b>	Índice de Riqueza de uso do solo por Batty (2004)
<b>ENT_UNI</b>	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Shannon calculado por unidades
<b>ENT_ARE</b>	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Shannon calculado por área construída
<b>ENT_SIM</b>	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Simpson calculado por área construída
<b>ENT_HIL</b>	Índice de Equilíbrio do uso do solo por Hill calculado por área construída
<b>CHO(X)</b>	Modelo de Centralidade por Escolha ( <i>Choice</i> ) calculada por vias axiais e X passos
<b>CHO(XXX)</b>	Modelo de Centralidade por Escolha ( <i>Choice</i> ) calculada por segmentos de rua e raio XXX
<b>INT(X)</b>	Modelo de Centralidade por Integração calculada por vias axiais e X passos
<b>INT2(XXX)</b>	Modelo de Centralidade por Integração calculada por segmentos de rua e raio X
<b>BET(XXX)</b>	Modelo de Centralidade por Interposição ( <i>Betwenness</i> ) calculado no raio X
<b>STR(XXX)</b>	Modelo de Centralidade por Eficiência ( <i>Straightness</i> ) calculado no raio X
<b>REA(XXX)</b>	Modelo de Centralidade por Alcance ( <i>Reach</i> ) calculado no raio X

**Fonte:** Autor.

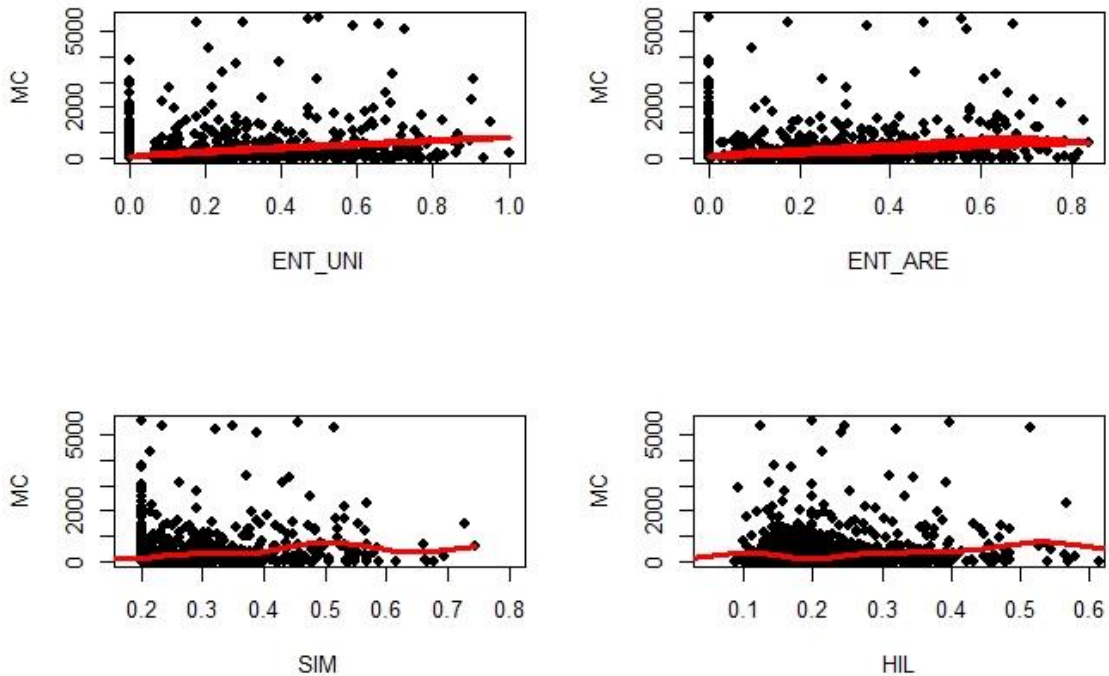
#### 4.1 CORRELAÇÕES

Serão apresentados aqui os resultados, nos quatro buffers, das correlações entre a variável dependente – metros caminhados – com as medidas de equilíbrio do uso misto do solo consideradas nesta pesquisa: Equilíbrio de Shannon operacionalizado por unidades e por área, Equilíbrio de Simpson e Equilíbrio de Hill. Para fins de facilidade na fluidez do texto e análises, foram usados os seguintes códigos para as medidas, respectivamente: ENT\_UNI, ENT\_ARE, SIM e HIL.

Pode-se observar, no Gráfico 2, a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes relativas às medidas de equilíbrio contendo também o modelo não linear ajustado. Ao verificar as estatísticas GD obtidas, os valores resultantes foram, respectivamente, 34394, 34414, 34445 e 34484 para as variáveis

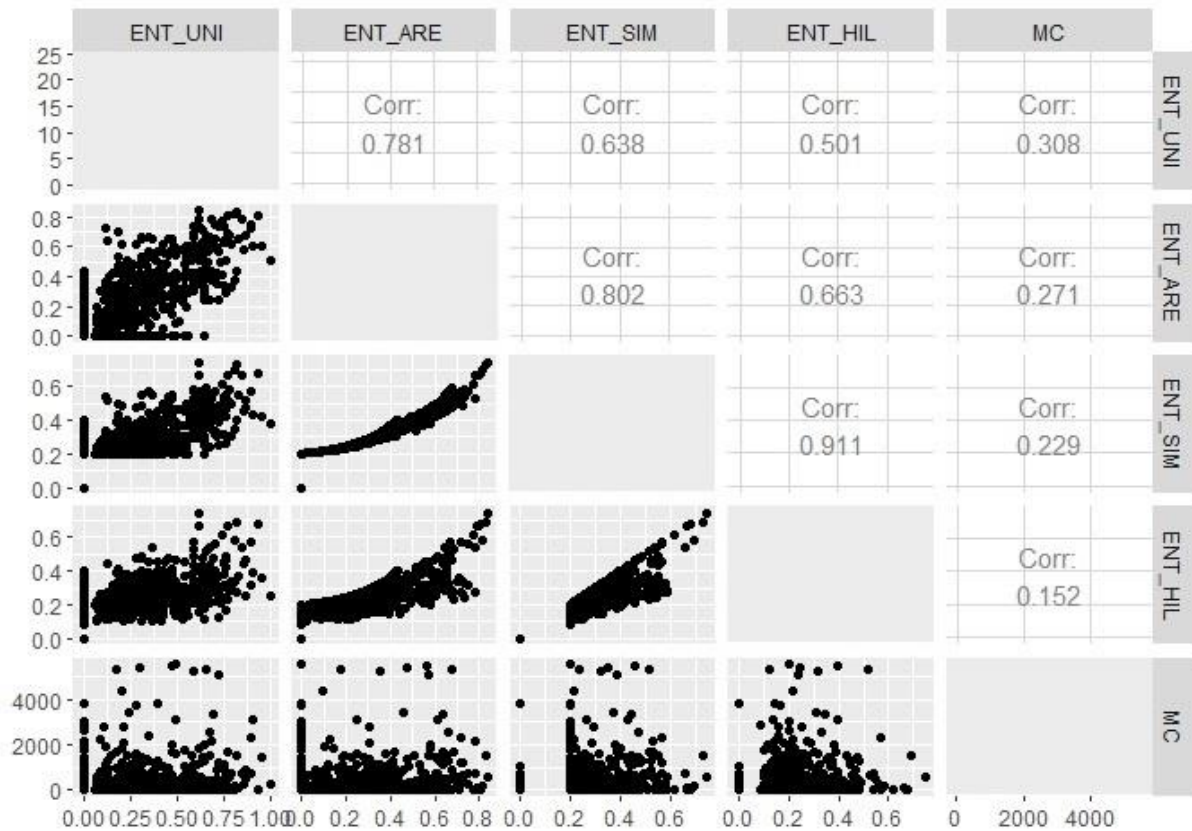
ENT\_UNI, ENT\_ARE, SIM e HIL. Assim, a variável ENT\_UNI (Índice de Equilíbrio do uso do solo por Shannon calculado por unidades) foi a que resultou um melhor ajuste com a variável MC em relação às demais. No Gráfico 3, observa-se a relação entre tais variáveis, na qual verifica-se que, ao considerar uma relação linear, nota-se também o maior resultado com a variável ENT\_UNI.

**Gráfico 2** - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos segmentos



**Fonte:** Autor.

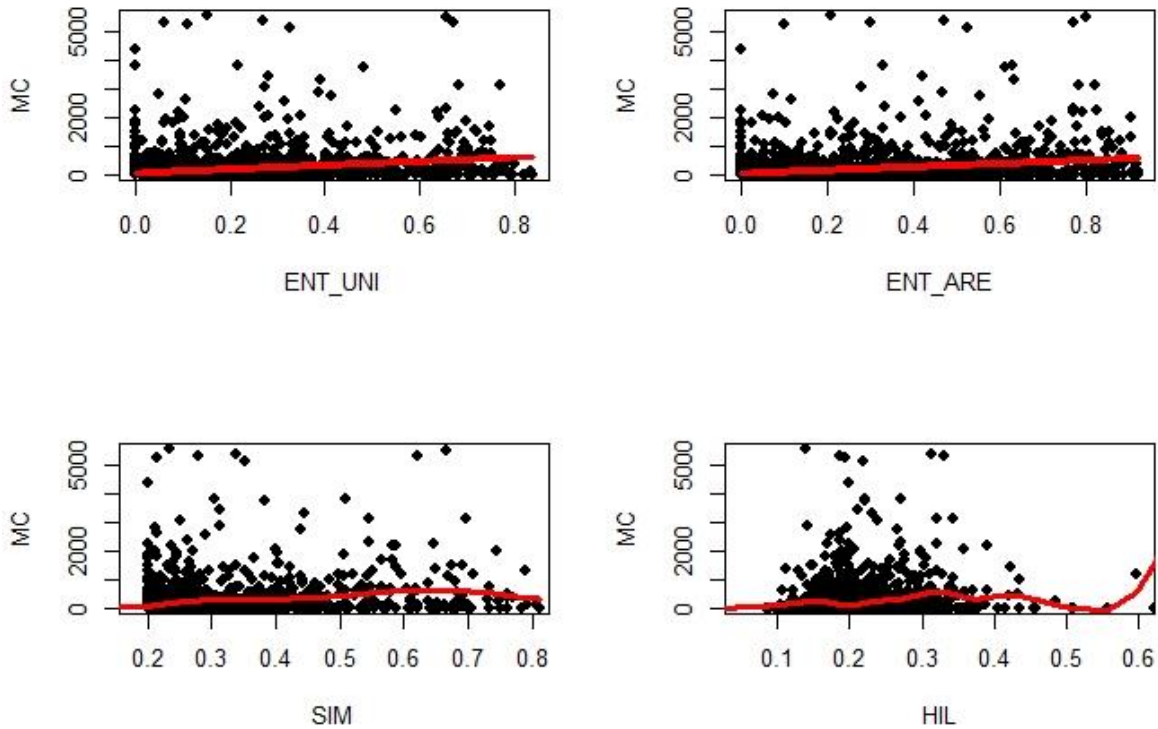
**Gráfico 3** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos segmentos



Fonte: Autor.

No banco de dados dos *buffers* de 200 metros, ao ajustar modelos de regressão não lineares para cada variável, as estatísticas GD foram 35326, 35304, 35296 e 35256 respectivamente para as variáveis ENT\_UNI, ENT\_ARE, SIM e HIL. Neste processo analítico, o resultado indica que a variável HIL (Índice de Equilíbrio do uso do solo por Hill calculado por área construída) possuiu melhor relação com MC (Gráfico 4).

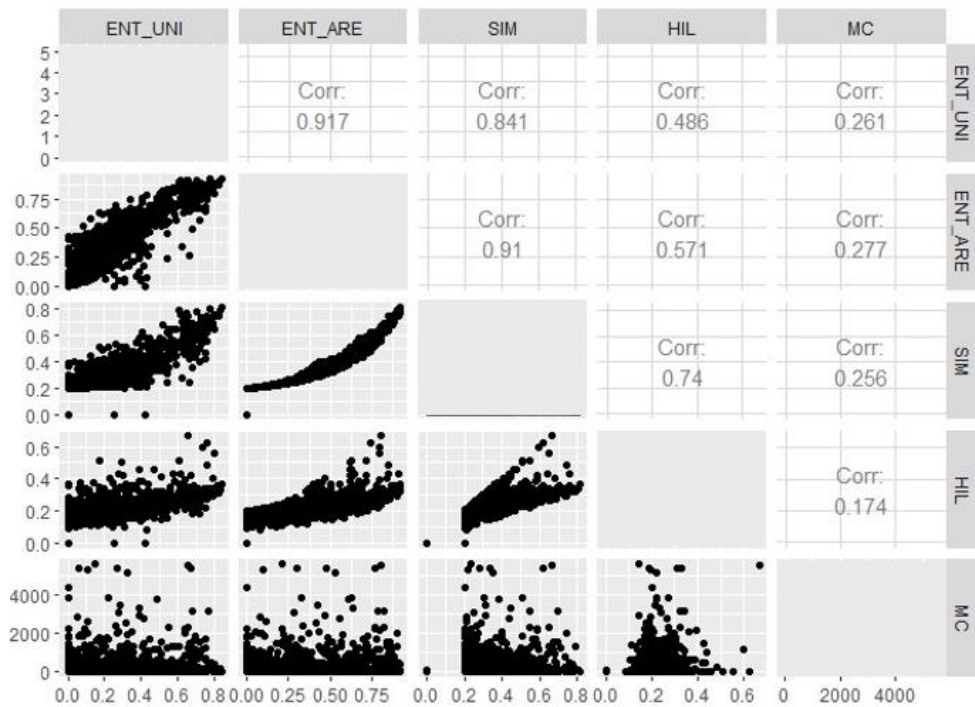
**Gráfico 4** - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos *buffers* de 200



**Fonte:** Autor.

No Gráfico 5 são apresentadas as correlações entre todas essas variáveis. É possível observar que, caso tivesse sido usada a correlação linear, a variável ENT\_ARE teria sido considerada como maior correlação. É possível observar também pela correlação entre as variáveis que, diferentemente do banco de dados anterior, ENT\_UNI com ENT\_ARE e SIM apresentam alto valor de correlação (0,917 e 0,841, respectivamente).

**Gráfico 5** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos buffers de 200.



**Fonte:** Autor.

Os bancos de dados relativos aos buffers de 400 e 600 metros tiveram resultados equivalentes aos de 200 (Apêndices R, S, T e U). Nestes, a variável com maior correlação a partir do modelo ajustado com MC também foi a de HIL e, caso tivesse sido utilizada correlação linear a variável ENT\_ARE teria tido a melhor correlação.

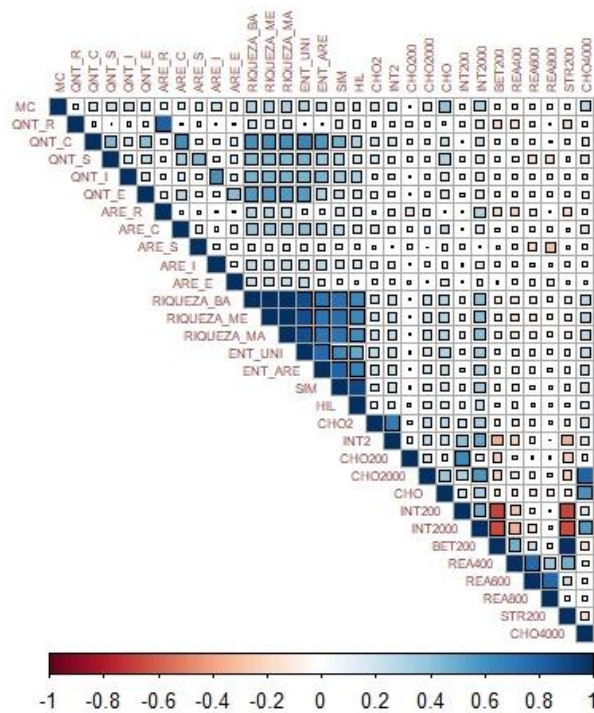
Os resultados evidenciaram correlações diferentes entre o banco de dados dos segmentos e os demais agrupamentos por buffers. Apesar disso, não houve diferença significativa entre os três agrupamentos por buffers. No banco de dados dos segmentos, a melhor correlação tanto linear quando ajustada de MC foi com ENT\_UNI. Em todos os outros agrupamentos a melhor correlação foi dada com índices que levam em consideração a área construída. Estes resultados evidenciaram que nos segmentos de rua as unidades são mais relevantes para a variável dependente MC do que a área construída. Enquanto nos agrupamentos maiores, a área foi mais relevante.

## 4.2 REGRESSÃO DE DADOS SELECIONADOS

### 4.2.1 Mineração de dados

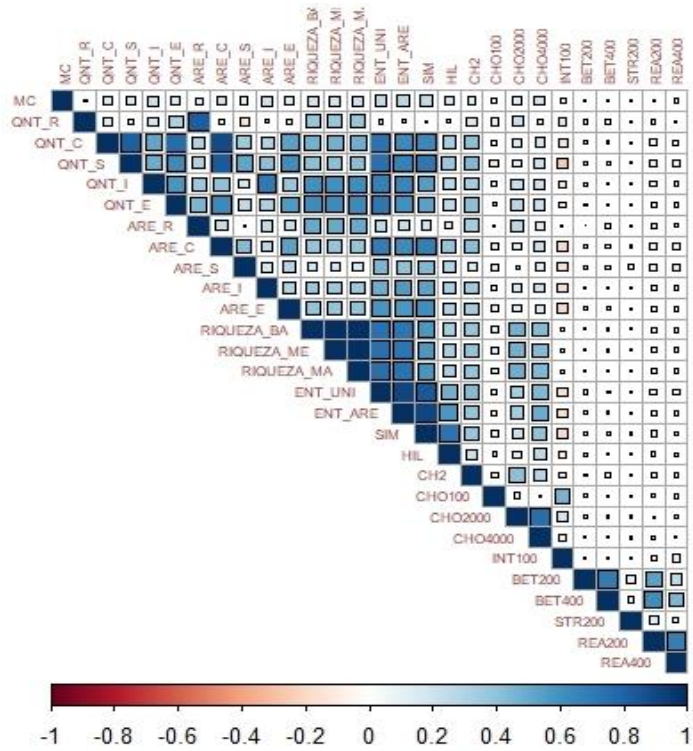
A mineração de dados foi realizada com o objetivo de evitar o problema multicolineariedade nas etapas de regressão estatística. As correlações foram realizadas nos bancos de dados de todos os 2333 segmentos de rua em seus respectivos buffers de 200, 400 e 600 metros (Apêndices A a I). Cada banco continha um total de 72 variáveis. Após os agrupamentos, o banco de dados dos segmentos passou a ter 28 variáveis e os demais (bancos de dados dos buffers de 200, 400 e 600), 27 variáveis (Gráfico 6, Gráfico 7, Gráfico 8 e Gráfico 9).

**Gráfico 6** - Gráfico de correlação para a base de dados final SEG



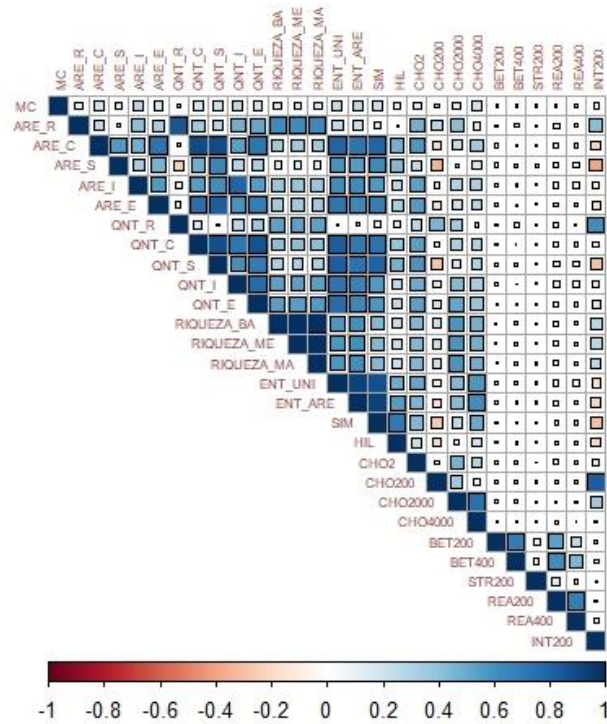
Fonte: Autor

**Gráfico 7 - Gráfico de correlação para a base de dados final 200**



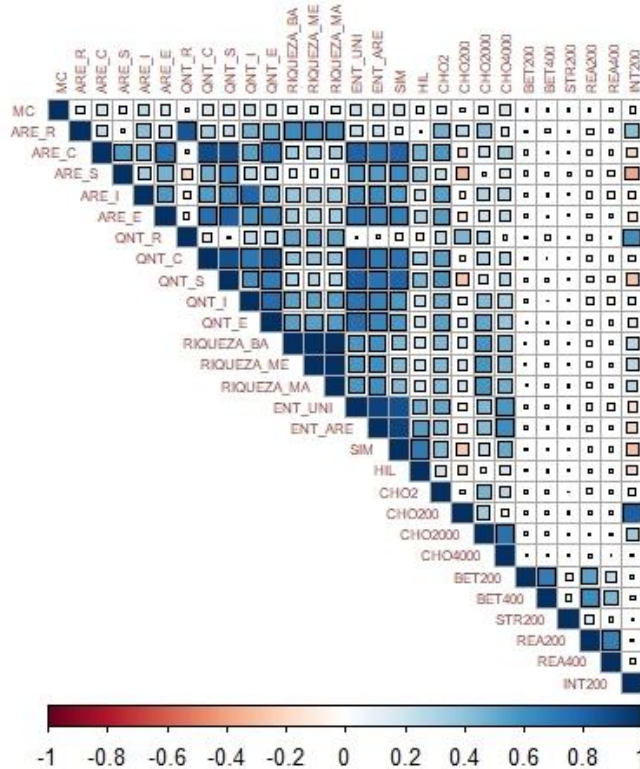
Fonte: Autor

**Gráfico 8: Gráfico de correlação para a base de dados final 400.**



Fonte: Autor.

**Gráfico 9** - Gráfico de correlação para a base de dados final 600



**Fonte:** Autor.

Foi possível observar, nesta etapa, que o cálculo dos modelos de centralidades em diferentes raios fez pouca ou nenhuma diferença uma vez que a maioria dos valores em raios eram muito parecidos. O modelo de centralidade por integração, por exemplo, foi calculado em 13 raios métricos. Com os valores muito próximos, estes foram agrupados em uma variável só nos buffers de 200, 400 e 600 e em apenas duas variáveis no de segmentos.

#### 4.2.2 Regressão de dados selecionados

Conforme mencionado anteriormente, a regressão de dados selecionados teve o objetivo de verificar o comportamento de algumas variáveis em relação à variável dependente em todos os agrupamentos. Dessa forma, as variáveis relativas ao uso do solo, tanto por unidades quanto por área foram incluídas em todos os modelos, mesmo que este não apresentasse o melhor ajuste.

Em todos os bancos de dados, o modelo selecionado para a regressão foi o Weibull, por apresentar o menor valor de AIC. A técnica utilizada para

a seleção das variáveis que não foram manualmente selecionadas foi o stepGAIC. Os modelos finais obtidos foram apresentados para o parâmetro de média  $\mu$  e o parâmetro de dispersão  $\sigma$  e p-valores (Apêndices J, K, L e M). Os gráficos com a análise dos resíduos podem ser encontrados nos Apêndices N, O, P e Q.

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos segmentos:

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_S + \beta_3 QNT_I + \beta_4 QNT_E + \beta_5 ARE_C + \beta_6 ARE_S + \beta_7 ARE_I \\ & + \beta_8 ARE_E + \beta_9 BET200 + \beta_{10} STR200 + \beta_{11} INT200 + \beta_{12} ENT_{ARE} \\ & + \beta_{13} CHO4000 + \beta_{14} HIL + \beta_{15} REA400 + pb_{16}(ARE_R) \end{aligned}$$

$$\log \sigma = \beta_0 + \beta_1 HIL + \beta_2 ENT_{ARE} + \beta_3 ARE_C$$

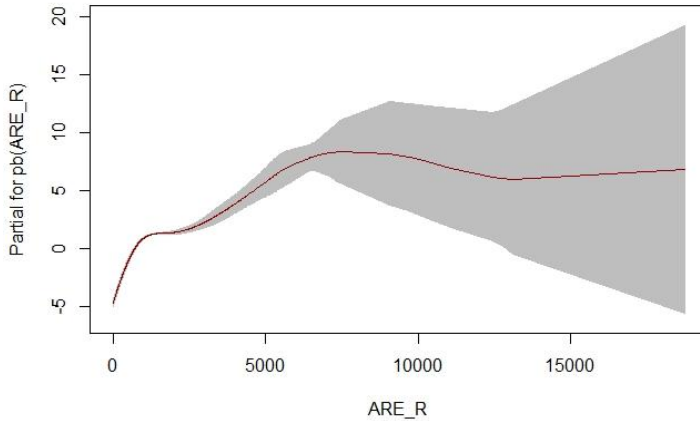
**Tabela 1** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados dos segmentos

Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$			Parâmetro $\sigma$	
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	0.262 [0.383]	0.494		-1.632 [0.029]	<0.001
$QNT_R$	-0.073 [0.012]	<0.001	$HIL$	-1.297 [0.164]	<0.001
$QNT_S$	0.219 [0.008]	<0.001	$ENT_{ARE}$	0.709 [0.088]	0.001
$QNT_I$	1.007 [0.098]	<0.001	$ARE_C$	0.001[0.001]	0.026
$QNT_C$	0.535 [0.056]	<0.001			
$ARE_C$	0.001[0.001]	<0.001			
$ARE_S$	0.001[0.001]	<0.001			
$ARE_I$	0.001 [0.001]	<0.001			
$ARE_E$	0.003 [0.001]	<0.001			
$BET200$	0.001[0.001]	0.026			
$STR200$	0.001 [0.001]	0.430			
$INT200$	0.183 [0.013]	<0.001			
$ENT_{ARE}$	1.450 [0.797]	0.069			
$CHO4000$	0.001 [0.001]	<0.001			
$HIL$	4.501 [1.062]	<0.001			
$REA400$	0.001[0.001]	0.005			
$(ARE_R)$	df=10.1				

Fonte: Autor.

Considerando todas as variáveis, apenas a variável ARE\_R (Área construída de residências) apresentou efeito não linear em Y (Gráfico 10).

**Gráfico 10** - Efeito estimado de ARE\_R na média  $\mu$ .



**Fonte:** Autor.

As variáveis selecionadas para modelar a dispersão de MC foram HIL, ENT\_ARE e ARE\_C, das quais HIL apresentou efeito negativo, ou seja, quanto maior o valor dessa variável, menor a dispersão dos dados. Além de diminuir a dispersão, a variável HIL obteve o melhor desempenho de todas as variáveis, aumentando 4,501 no log da média. Observa-se que, apesar da variável ENT\_ARE apresentar alto valor na estimativa da média, obteve um p-valor maior que 0,05, ou seja, não foi observado efeito significativo sobre a variável dependente. Os resultados também apontaram, entre as variáveis de uso do solo, que a QNT\_I (Quantidade de Instituições) obteve melhor desempenho.

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos buffers de 200 metros:

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_S + \beta_3 QNT_I + \beta_4 QNT_E + \beta_5 ARE_C + \beta_6 ARE_S + \beta_7 ARE_I \\ & + \beta_8 ARE_E + \beta_9 BET400 + \beta_{10} BET200 + \beta_{11} STR200 + \beta_{12} INT100 \\ & + \beta_{13} ENT_{ARE} + \beta_{14} CHO4000 + \beta_{15} HIL + pb_{16}(ARE_R) + pb_{17}(REA400) \end{aligned}$$

$$\log \sigma = \beta_0 + \beta_1 HIL + \beta_2 ENT_{ARE} + \beta_3 QNT_R + \beta_4 QNT_S + \beta_5 QNT_I + \beta_6 ARE_C$$

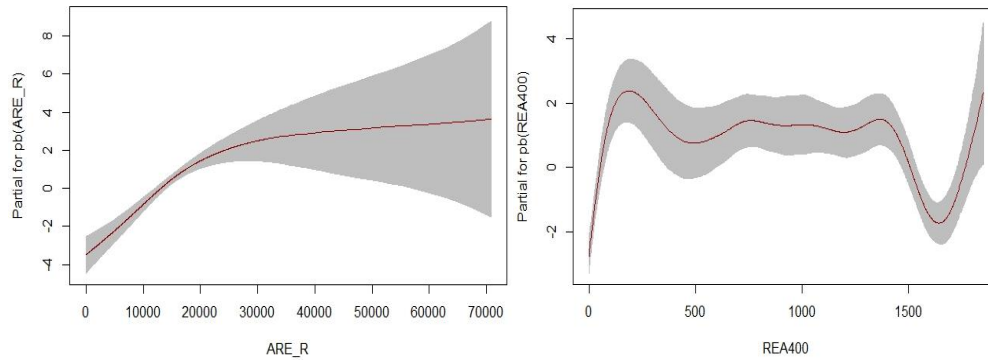
**Tabela 2** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 200 metros

Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$			Parâmetro $\sigma$	
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	-2.652 [0.491]	<0.001		-1.420 [0.049]	<0.001
$QNT_R$	0.001[0.004]	0.993	$HIL$	-1.732 [0.239]	<0.001
$QNT_S$	-0.039 [0.028]	0.163	$ENT_{ARE}$	0.182 [0.083]	0.028
$QNT_I$	-0.074 [0.122]	0.547	$QNT_R$	-0.001 [0.001]	<0.001
$QNT_E$	0.142 [0.099]	0.150	$QNT_S$	-0.005 [0.002]	0.027
$ARE_C$	0.001[0.001]	0.004	$QNT_I$	0.039 [0.010]	<0.001
$ARE_S$	0.001[0.001]	0.002	$ARE_C$	0.001[0.001]	0.008
$ARE_I$	0.001[0.001]	0.935			
$ARE_E$	0.001[0.01]	0.626			
$BET_{400}$	0.001[0.001]	<0.001			
$BET_{200}$	-0.005 [0.001]	<0.001			
$STR_{200}$	0.001[0.001]	0.014			
$INT_{100}$	-0.050[0.022]	0.025			
$ENT_{ARE}$	7.259[1.094]	<0.001			
$CHO_{4000}$	0.001[0.001]	<0.001			
$HIL$	12.367[2.423]	<0.001			
$(ARE_R)$	df=4.1				
$(REA_{400})$	df=10.8				

**Fonte:** Autor

As variáveis  $ARE_R$  e  $REA_{400}$  possuem efeitos não lineares em MC, em que os efeitos estimados são apresentados a seguir (Gráfico 11).

**Gráfico 11** - Efeitos estimados de (esquerda) ARE\_R e (direita) REA400 na média  $\mu$ .



**Fonte:** Autor.

A partir das estimativas apresentadas na Tabela 1, podemos concluir que: as variáveis QNT\_S, QNT\_I, BET200 e INT100 selecionadas para modelar a média  $\mu$  possuem efeito negativo, na qual cada unidade acrescida diminui 0,039, 0,074, 0,005 e 0,05 no log da média, respectivamente. Dentre as variáveis selecionadas para modelar a dispersão de MC, apenas HIL, QNT\_R e QNT\_S possuem efeitos negativos, ou seja, quando maior o valor das mesmas, menor será a dispersão em MC.

Dentre as variáveis do uso do solo, pode-se observar diferença significativa da análise anterior. Segundo o p-valor apresentado, a maioria não teve efeito na variável dependente. A variável HIL, no entanto, teve seu desempenho maior e positivo sobre a variável dependente (aumentando 12,367 na média) além de diminuir a dispersão de dados novamente (diminuindo 1,732 no log da média).

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos buffers de 400 metros:

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_S + \beta_3 QNT_I + \beta_4 QNT_E + \beta_5 ARE_C + \beta_6 ARE_S + \beta_7 ARE_I \\ & + \beta_8 ARE_E + \beta_9 BET400 + \beta_{10} BET200 + \beta_{11} STR200 + \beta_{12} INT200 \\ & + \beta_{13} ENT_{ARE} + \beta_{14} CHO4000 + \beta_{15} HIL + pb_{16}(ARE_R) + pb_{17}(REA400) \end{aligned}$$

$$\log \sigma = \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_I$$

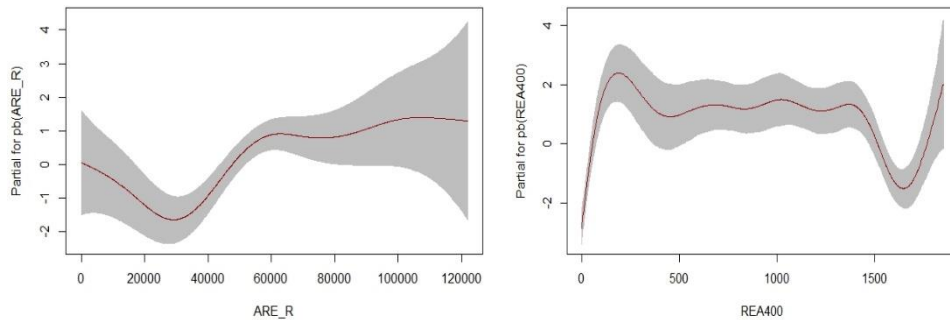
**Tabela 3** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 400 metros

Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$			Parâmetro $\sigma$	
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	- 3.789 [0.989]	<0.001		-1.764 [0.024]	<0.001
$QNT_R$	0.005 [0.002]	0.004	$QNT_R$	0.001 [0.001]	0.005
$QNT_S$	-0.014 [0.014]	0.326	$QNT_I$	0.018 [0.003]	0.001
$QNT_I$	-0.040 [0.059]	0.504			
$QNT_E$	0.065 [0.048]	0.175			
$ARE_C$	0.001[0.001]	0.210			
$ARE_S$	0.001[0.001]	0.773			
$ARE_I$	0.001[0.001]	0.025			
$ARE_E$	0.001[0.01]	0.546			
$BET_{400}$	0.001[0.001]	<0.001			
$BET_{200}$	-0.004 [0.001]	<0.001			
$STR_{200}$	0.001[0.001]	0.037			
$INT_{200}$	-0.222 [0.051]	<0.001			
$ENT_{ARE}$	8.380 [1.237]	<0.001			
$CHO_{4000}$	0.001[0.001]	<0.001			
$HIL$	12.857 [3.469]	<0.001			
$(ARE_R)$	df=6.1				
$(REA_{400})$	df=10.7				

**Fonte:** Autor.

As variáveis  $ARE_R$  e  $REA_{400}$  apresentaram efeitos não lineares em Y, em que os efeitos estimados são apresentados no Gráfico 12.

**Gráfico 12** - Efeitos estimados de (direita) ARE\_R e (esquerda) REA400 na média  $\mu$ .



**Fonte:** Autor.

Nesta análise, ficou evidente que, com excessão do uso residencial, que nenhuma outra variável do uso do solo obteve efeito sobre a variável dependente tratada individualmente (obtiveram p-valor menor que 0,005). Apesar disso, as variáveis que medem o uso misto do solo tiveram maior desempenho: ENT\_ARE aumentando 8,38 e HIL 12,857 no log da média.

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos buffers de 600 metros:

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_S + \beta_3 QNT_I + \beta_4 QNT_E + \beta_5 ARE_C + \beta_6 ARE_S + \beta_7 ARE_I \\ & + \beta_8 ARE_E + \beta_9 BET400 + \beta_{10} BET200 + \beta_{11} STR200 + \beta_{12} INT200 \\ & + \beta_{13} ENT_{ARE} + \beta_{14} CHO4000 + pb_{15}(ARE_R) + pb_{16}(REA400) \end{aligned}$$

$$\log \sigma = \beta_0 + \beta_1 QNT_R + \beta_2 QNT_I$$

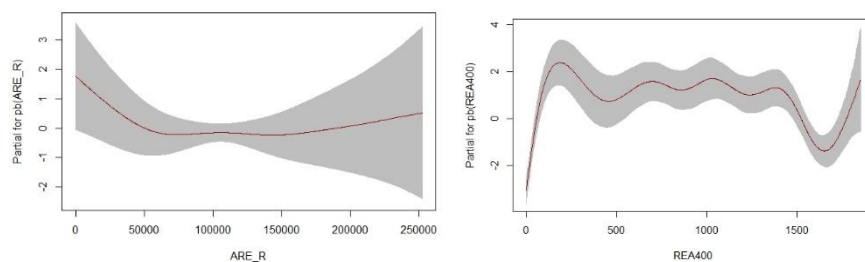
**Tabela 4** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo de regressão de dados selecionados para os buffers de 600 metros

Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$		Parâmetro $\sigma$		
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	1.552 [0.899]	0.084		-1.793 [0.024]	<0.001
$QNT_R$	0.005 [0.001]	<0.001	$QNT_R$	0.001 [0.001]	0.049
$QNT_S$	-0.015 [0.011]	0.160	$QNT_I$	0.011 [0.002]	<0.001
$QNT_I$	0.062 [0.044]	0.154			
$QNT_E$	0.001 [0.035]	0.998			
$ARE_C$	0.001[0.001]	0.665			
$ARE_S$	0.001[0.001]	0.446			
$ARE_I$	0.001[0.001]	0.294			
$ARE_E$	0.001[0.01]	0.642			
$BET400$	0.001[0.001]	<0.001			
$BET200$	-0.004 [0.001]	<0.001			
$STR200$	0.001[0.001]	0.025			
$INT200$	-0.264 [0.059]	<0.001			
$ENT_{ARE}$	7.310 [1.227]	<0.001			
$CHO4000$	0.001[0.001]	<0.001			
$(ARE_R)$	df =4.4				
$(REA400)$	df=10.91				

Fonte: Autor.

As variáveis ARE\_R e REA400 apresentaram efeitos não lineares em Y, em que os efeitos estimados são apresentados no Gráfico 13.

**Gráfico 13** - Efeitos estimados de (esquerda) ARE\_R e (direita) REA400 na média  $\mu$ .



Fonte: Autor.

Os resultados para o banco de dados dos *buffers* de 600 metros foram semelhantes ao de 400 metros, com a exceção de que a variável HIL deixou de aparecer como importante para a média da variável dependente enquanto a variável ENT\_ARE se tornou a mais influente no modelo (aumentando 7,31 no log da média).

#### 4.3 REGRESSÃO COM SELEÇÃO LIVRE DE DADOS

Aqui foram apresentados os resultados das regressões com seleção livre de dados. Conforme exposto anteriormente, como o objetivo dessa análise não foi verificar a evolução do comportamento das variáveis (como na regressão de dados selecionados), mas quais melhor explicavam a variável dependente, ela foi feita apenas nos agrupamentos com maior diferença de dados (segmentos e *buffers* no raio de 600 metros).

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos segmentos:

##### SEGMENTO

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 INT2000 + \beta_2 RIQUEZABA + \beta_3 BET200 + \beta_4 CHO400 + \beta_5 INT2 \\ & + \beta_6 ARE_S + \beta_7 ENT_{SIM} + \beta_8 QNT_C + \beta_9 REA400 + \beta_{10} CHO2 \\ & + \beta_{11} CHO2000 + pb_{12}(QNT_R) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log \sigma = & \beta_0 + \beta_1 CHO + \beta_2 ENT_{UNI} + \beta_3 ARE_I + \beta_4 ENT_{SIM} + \beta_5 ARE_E + \beta_6 INT400 \\ & + \beta_7 QNT_R + \beta_8 BET200 \end{aligned}$$

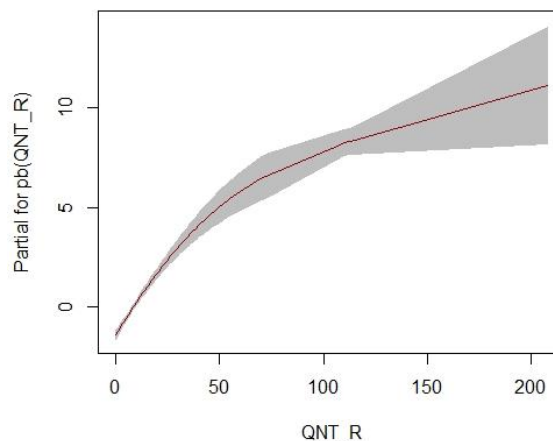
**Tabela 5** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo final de regressão com seleção livre de dados para os segmentos

Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$			Parâmetro $\sigma$	
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	-7.139 [0.501]	<0.001		-1.516 [0.041]	<0.001
<i>INT2000</i>	0.027 [0.002]	<0.001	<i>CHO</i>	0.001 [0.001]	<0.001
<i>RIQUEZABA</i>	0.438 [0.172]	0.011	<i>ENT<sub>UNI</sub></i>	0.412 [0.086]	0.001
<i>BET200</i>	0.001 [0.001]	<0.001	<i>ARE<sub>I</sub></i>	0.001[0.001]	0.002
<i>CHO400</i>	0.013 [0.001]	0.001	<i>ENT<sub>SIM</sub></i>	-0.561[0.146]	<0.001
<i>INT2</i>	1.049 [0.173]	0.001	<i>ARE<sub>E</sub></i>	0.001[0.001]	0.004
<i>ARE<sub>S</sub></i>	0.001 [0.001]	<0.001	<i>INT400</i>	-0.004[0.001]	<0.001
<i>ENT<sub>SIM</sub></i>	7.975 [1.527]	<0.001	<i>QNT<sub>R</sub></i>	-0.004[0.001]	<0.001
<i>QNT<sub>C</sub></i>	-0.282 [0.086]	0.001	<i>BET200</i>	0.001[0.001]	<0.001
<i>REA400</i>	0.001 [0.001]	0.030			
<i>CHO2</i>	-0.007 [0.003]	0.022			
<i>CHO2000</i>	0.001[0.001]	0.019			
<i>(QNT<sub>R</sub>)</i>	df=4.4				

Fonte: Autor.

A variável QNT\_R foi a única que apresentou relação não linear em Y (Gráfico 14).

**Gráfico 14** - Efeitos estimados QNT\_R na média  $\mu$ .



Fonte: Autor.

Pode-se observar pelos índices que os valores que mais contribuíram com a média no agrupamento de segmentos foram as variáveis ENT\_SIM (aumentando 7,975 no log da média) seguido pela INT2 (Modelo de Centralidade por Integração calculada por vias axiais e passos) (aumentando 1,049 no log da média) e RIQUEZABA (Riqueza por Batty) (aumentadno 0,438 no log da média). A variável ENT\_SIM, além de apresentar um bom desempenho na média contribuiu para a não dispersão dos dados. Os demais valores tiveram contribuição baixa ou insignificante para o modelo. No total, este modelo foi capaz de explicar em torno de 31% a variável dependente.

Abaixo, o modelo de regressão do banco de dados dos *buffers* de 600 metros:

$$\begin{aligned} \log \mu = & \beta_0 + \beta_1 REA600 + \beta_2 REA400 + \beta_3 BET600 + \beta_4 CH2 + \beta_5 REA200 \\ & + \beta_6 INT200 + \beta_7 INT2 + \beta_8 QNT_r + \beta_9 CHO200 + \beta_{10} INT400 \\ & + pb_{11}(QNT_l) + pb_{12}(CHO4000) \end{aligned}$$

$$\log \sigma = \beta_0 + \beta_1 ARE_l + \beta_2 CHO2000$$

**Tabela 6** - Estimativas [desvio padrão] ou grau de liberdade dos splines e p-valor dos parâmetros obtidos para o modelo final de regressão com seleção livre de dados para os *buffers* de 600 metros

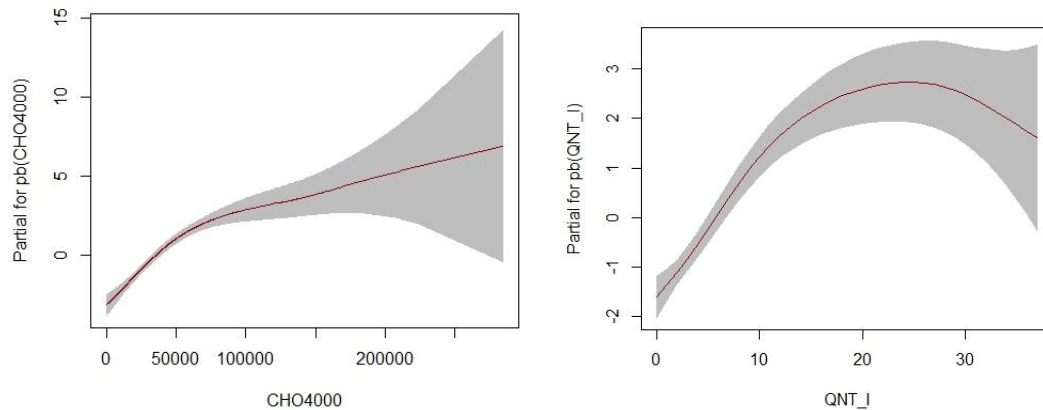
Variável $\beta_i/pb_i()$	Parâmetro $\mu$			Parâmetro $\sigma$	
	Estimativa [desvio]	p-valor		Estimativa [desvio]	p-valor
0	-2.420 [1.358]	0.075		-1.783 [0.018]	<0.001
REA600	0.003 [0.001]	<0.001	$ARE_I$	0.001 [0.001]	<0.001
REA400	-0.002 [0.001]	<0.001	$CHO2000$	0.001 [0.001]	0.001
BET600	0.001 [0.001]	<0.001			
CH2	-0.085 [0.013]	0.001			
REA200	-0.002 [0.001]	0.024			
INT200	-0.243 [0.113]	0.032			
INT2	2.733 [0.687]	<0.001			
$QNT_r$	0.003 [0.001]	<0.001			
CHO200	0.075 [0.035]	0.034			
INT400	-0.112 [0.045]	0.012			
$(QNT_I)$	df=4.1				
$(CHO4000)$	df=4.2				

**Fonte:** Autor

Entre os índices observados neste modelo de regressão, é possível observar que apenas a variável INT2 (Modelo de Centralidade por Integração calculada vias axiais e passos) obteve valor alto na média, aumentando 2,73, e significativo no p-valor. Os demais tiveram contribuição baixa ou não significativa. No total, este modelo foi capaz de explicar em torno de 33% a variável dependente.

As variáveis  $QNT_I$  e CHO4000 apresentaram relações não lineares em Y, conforme Gráfico 15.

**Gráfico 15** - Efeitos estimados de (left) CHO4000 e (right) QNT\_I na média  $\mu$ .

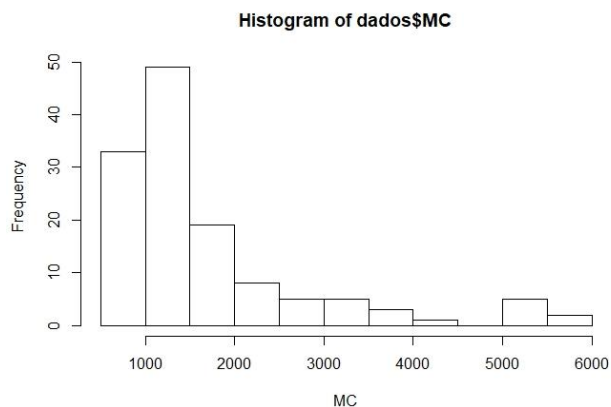


**Fonte:** Autor

#### 4.4 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

A análise de agrupamento foi realizada entre os segmentos com maior valor da variável dependente com o objetivo de analisar as relações entre as variáveis independentes. Para selecionar os segmentos mais carregados de viagens a pé foi utilizado o método de classificação Natural Breaks ou Jenks (disponível no software ArcGis V.10.2) cujo objetivo foi de dividir um conjunto de dados em classes de forma a minimizar a variação de dados. A base de dados utilizada para realizar a análise de agrupamentos, após a seleção, foi composta por 130 casos, contendo 72 variáveis independentes cada um. Antes de iniciar esse processo analítico foi construído um histograma do comportamento da variável Metros Caminhados (MC) para verificar os valores de maior frequência. Observa-se que os valores de maior frequência indicaram os MC entre 1000 e 1500 (Gráfico 16).

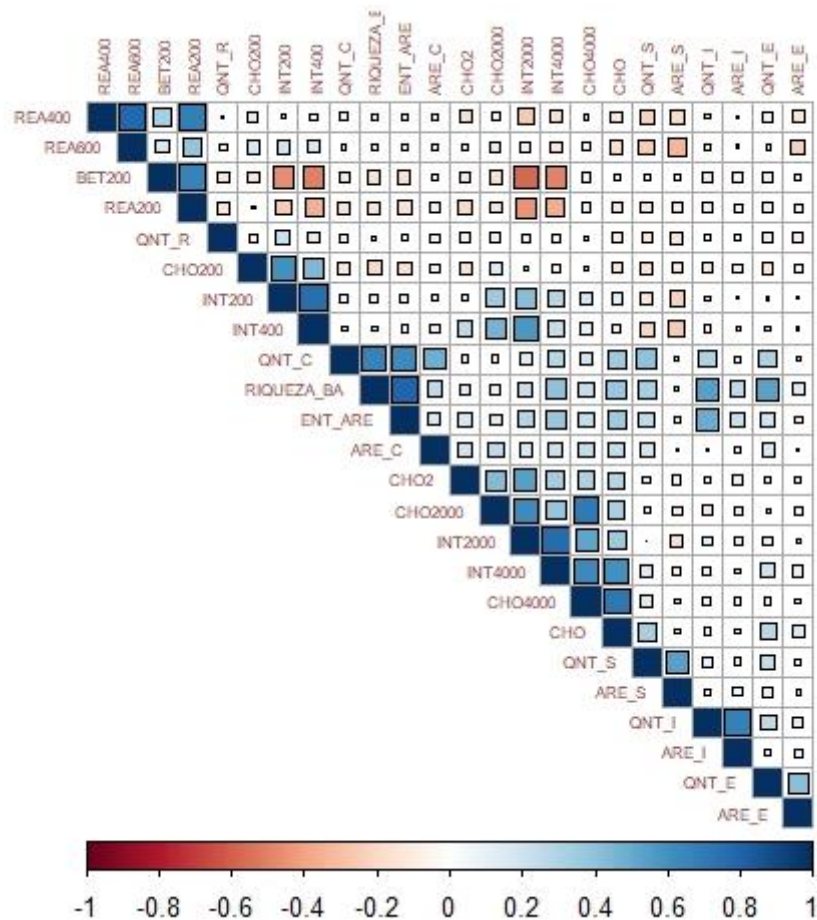
**Gráfico 16** - Histograma dos segmentos com maior valor da variável “Metros caminhados”.



**Fonte:** Autor

Para reduzir a base de dados, eliminando as variáveis altamente dependentes, ou seja, aquelas que naturalmente foram agrupadas, foi realizada uma análise de correlação, semelhante à realizada na etapa de mineração de dados (Gráficos com os resultados nos apêndices V, W e X). Após a análise de correlação, a base de dados final foi formada por 24 variáveis independentes, a qual resulta na matriz de correlação final apresentada no Gráfico 17.

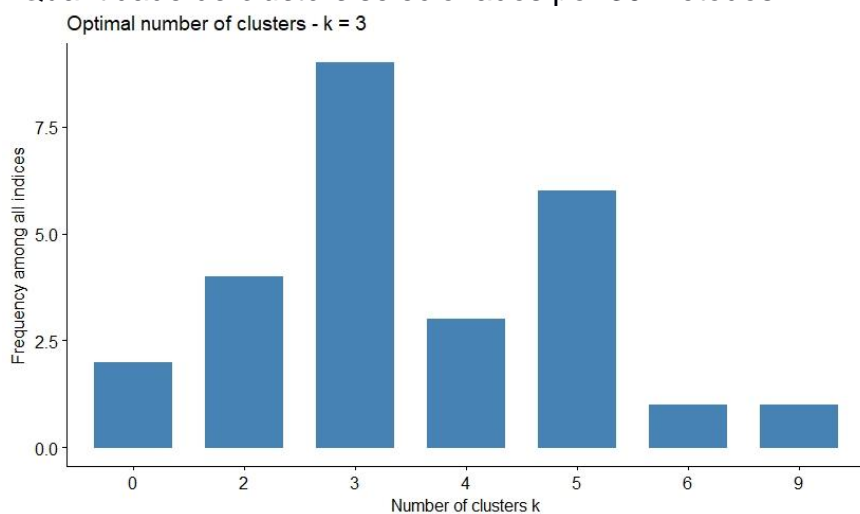
**Gráfico 17** - Gráfico de correlações para a base de dados final.



**Fonte:** Autor

A partir da estratégia de identificar similaridades nas ruas mais carregadas, foi realizada a análise de componentes principais. Aplicando o método para selecionar o melhor número de *clusters* contido no pacote NbClust (Gráfico 18) observa-se que 3 *clusters* é o número que mais coincidiu entre os métodos.

**Gráfico 18** - Quantidade de *clusters* selecionados por 30 métodos.

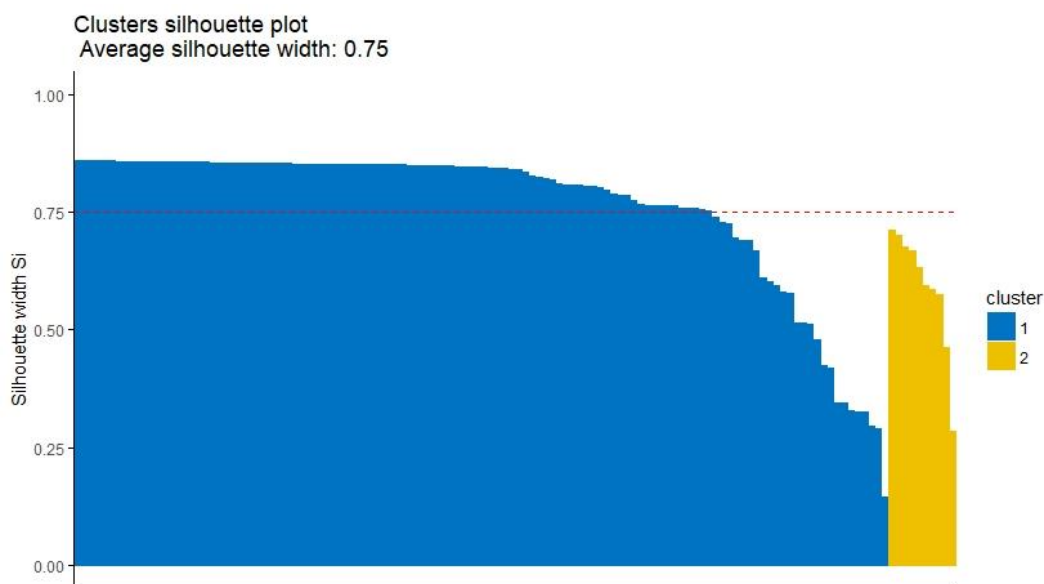


**Fonte:** Autor.

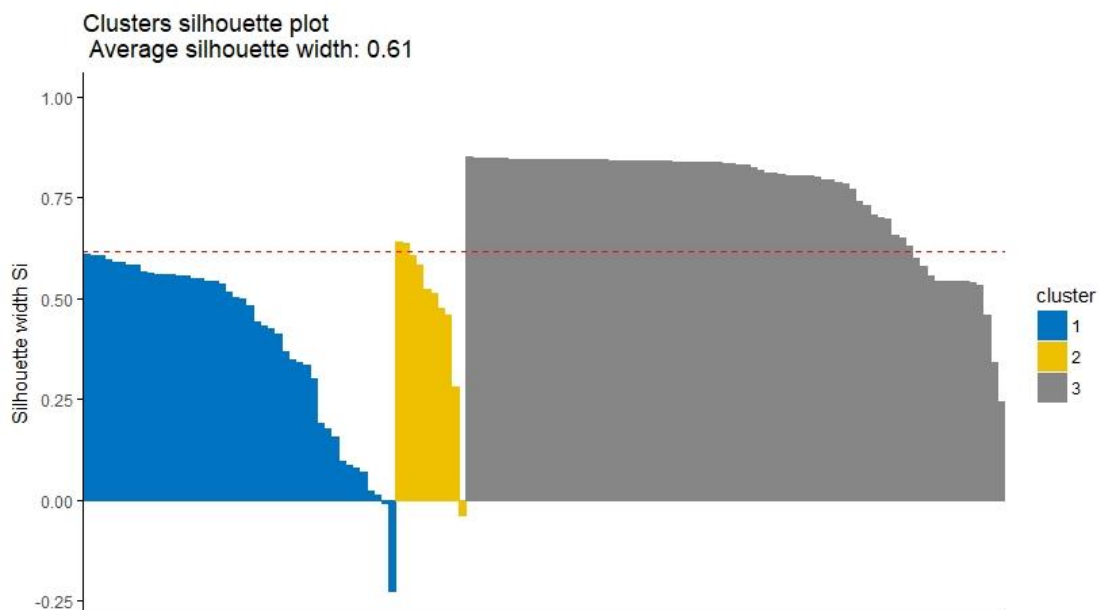
Em seguida, foi aplicado o método gráfico Silhouette, considerando o “corte” no dendograma (Figura 30) de tal maneira que forme 2 e 3 grupos (Gráfico 19), observa-se que para o ‘corte’ de 2 grupos, nenhum apresentou valores dos coeficientes negativos, indicando um bom agrupamento.

**Gráfico 19** - Método Silhouette considerando (a) 2 *clusters* e (b) 3 *clusters*.

(a)



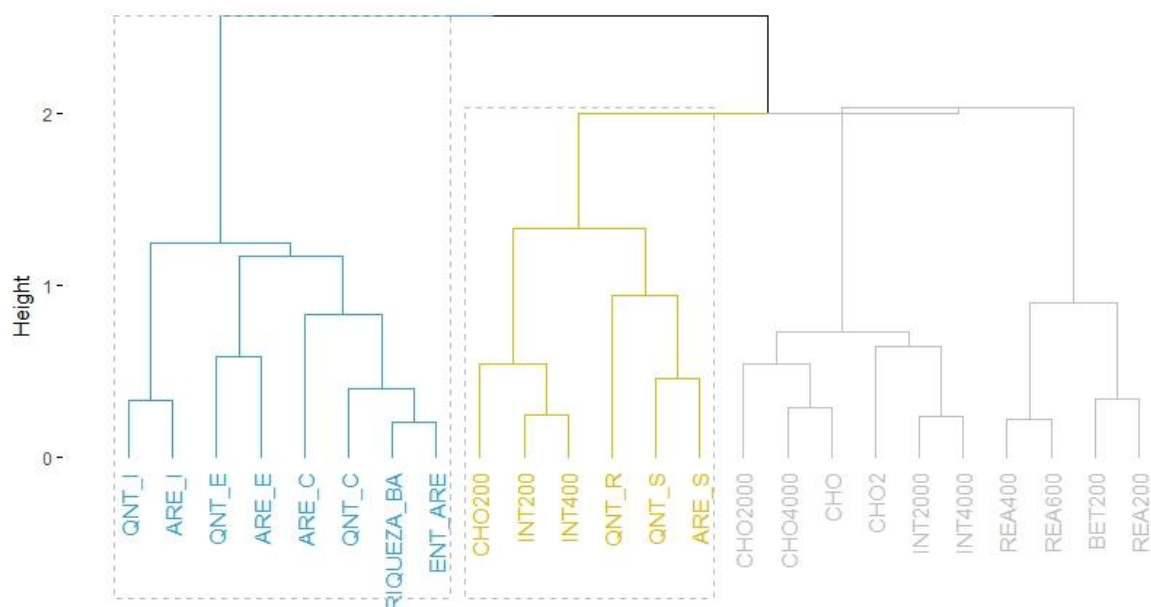
(b)



Fonte: Autor

Figura 30 - Dendrograma

Cluster Dendrogram



Fonte: Autor

A partir do dendrograma com os resultados da análise, foi possível observar algumas relações entre as variáveis. Em relação aos grupos, pode-se observar que no primeiro deles (em azul) foram agrupadas somente variáveis relativas ao uso do solo. No terceiro (em cinza) somente as variáveis relativas aos modelos de

centralidade e o do meio (em amarelo) uma mistura dos dois. A última variável a se agrupar com as demais foram aquelas relativas ao uso do solo Institucional. As variáveis relativas ao uso residencial e de serviços apresentaram características distintas e fizeram parte de outro agrupamento (em amarelo). As variáveis que quantificam o uso misto do solo – Riqueza e Equilíbrio de Shannon por área, foram agrupadas antes do que todas as demais variáveis.

Entre as medidas dos modelos de centralidade, foi possível observar que as variáveis foram agrupadas entre aquelas pertencentes à Sintaxe Espacial e aquelas pertencentes ao MCA.

Ao comparar os resultados desta análise com os das análises de regressão foi possível observar que as variáveis do primeiro grupo (em azul) aparecem também como aquelas com maior capacidade preditiva da variável dependente. Assim, pode-se concluir que este é o grupo de variáveis com maior capacidade de influenciar o deslocamento a pé nos segmentos de rua.

\*\*\*\*\*

As análises estatísticas puderam elucidar relações entre as variáveis importantes para alcançar os objetivos desta pesquisa. A seguir serão expostas as principais delas.

Na mineração de dados realizada para as regressões, pode-se observar que diversas medidas de centralidade, calculadas nos raios considerados ou passos, apresentaram forte correlação. A medida de Integração, que obteve melhor resultado positivo na maioria das análises de regressão foi, nos buffers de 200, 400 e 600 agrupadas em uma variável só. Desse modo, para a análise estatística, o cálculo de medidas de centralidade por raios fez pouca ou nenhuma diferença nos resultados.

A regressão de dados selecionados (Quadro 17) possibilitou observar o comportamento das variáveis nos diferentes bancos de dados. No banco de dados dos segmentos, foi possível observar, primeiramente, uma influência relativamente grande dos usos do solo individualmente. As quantidades tiveram maior influência do que as áreas dos usos. Entre todas as categorias de uso do solo, a quantidade de instituições destacou-se como fator influenciador em relação aos metros caminhados. Em relação às quantificações do uso misto do solo, nessa análise, o valor da variável

de Equilíbrio por Hill teve melhores resultados. Além disso, essa variável também diminuiu a dispersão dos dados.

**Quadro 17** - Variáveis com melhor efeito positivo na média da variável dependente nas análises de regressão de dados selecionados

VARIÁVEIS COM MELHOR EFEITO POSITIVO NA MÉDIA DA VARIÁVEL DEPENDENTE NAS ANÁLISES DE REGRESSÃO DE DADOS SELECIONADOS								
	Segmentos		Buffers de 200 metros		Buffers de 400 metros		Buffers de 600 metros	
	Variável	Estimativa	Variável	Estimativa	Variável	Estimativa	Variável	Estimativa
1º	ENT_HIL	4.501	ENT_HIL	12.367	ENT_HIL	12.857	ENT_ARE	7.310
2º	QNT_I	1.007	ENT_ARE	7.259	ENT_ARE	8.380		
3º	QNT_C	0.535	QNT_E	0.142				
4º	INT2	0.183						

Fonte: Autor

A análise de regressão dos elementos do uso do solo demonstrou resultados diferentes nas escalas analisadas. Como dito, na escala de segmentos, as variáveis relativas às quantidades foram mais significativas para a contribuição com a média daquelas relativas às áreas. Nos agrupamentos de 200 e 400 foram observados resultados intermediários, enquanto no de 600 as contribuições, tanto de áreas quanto de quantidades, apresentaram resultados semelhantes.

Nos agrupamentos, pode-se observar um comportamento padrão das variáveis. À medida que se ampliava o raio dos *buffers*, as variáveis das classificações individuais de uso do solo perdiam a influência na média e a significância no p-valor. Também, a medida de equilíbrio do uso do solo por Hill permaneceu importante, porém no último buffer (de 600 metros), o equilíbrio de Shannon por área foi a variável de maior relevância.

Nessa análise, pode-se concluir também que no nível dos segmentos de rua, a posição mais central e a existência de várias unidades de uso do solo diferentes contribuem para o fluxo de pedestres. Por outro lado, quando analisadas em uma escala ampliada da cidade a mistura de usos calculada pela área construída foi a variável que apresentou maior influência para o deslocamento a pé.

Outras características puderam ser notadas nessa primeira análise de regressão: as medidas de modelos de centralidade nesses agrupamentos não foram importantes na média frente aos outros valores. Entre os valores de modelos de

centralidade, o único valor significativo foi o de Integração calculado por vias axiais e por passos. Ainda assim, não teve grande influência na média nessa escala de análise. Além disso, as medições referentes à classificação residencial (tanto área quanto unidade) frequentemente apareceram com uma relação não linear com o modelo.

Os resultados da regressão com seleção livre de dados também mostraram variação entre os agrupamentos de dados (Quadro 18). Nos segmentos de rua, a variável com maior capacidade de explicar o fluxo de pedestres foi a medida de Integração por passos, e, na sequência duas quantidades de uso do solo (Institucional e Serviço).

**Quadro 18** - Variáveis com melhor efeito positivo na média da variável dependente nas análises de regressão livre de dados

VARIÁVEIS COM MELHOR EFEITO POSITIVO NA MÉDIA DA VARIÁVEL DEPENDENTE NAS ANÁLISES DE REGRESSÃO LIVRE DE DADOS		
	<b>Segmentos</b>	<b>Buffers de 600 metros</b>
<b>1º</b>	ENT_SIM	INT2
<b>2º</b>	INT2	
<b>3º</b>	RIQUEZA_BA	

Fonte: Autor

Nos agrupamentos de 200 e 600 metros, as medidas de centralidade aparecem como importantes, porém não mais relevantes que as variáveis de uso misto do solo. Nota-se também que, conforme amplia-se a escala analítica, verifica-se um aumento na quantidade de variáveis que apresentam relações não lineares com a variável dependente.

Analisando as medidas de centralidade, observa-se que elas apresentaram maior influência sobre a média na divisão por segmentos. Além disso, as medidas da sintaxe espacial demonstraram melhor capacidade de explicar a variável dependente do que as medidas pelo MCA.

Ainda na regressão com seleção livre de dados, puderam ser feitas algumas comparações com a regressão anterior. Mais uma vez, nos segmentos a maior influência foi do valor de equilíbrio do uso do solo. No entanto, dessa vez, com o equilíbrio de Simpson, calculado por área. Deve-se ressaltar que, apesar dessa diferença, na etapa das correlações foi possível observar que muitas mensurações obtiveram correlações muito altas. O valor de integração calculado por vias axiais e

passos também foi relevante para a contribuição com a média. A influência das unidades de uso do solo, evidenciada na regressão anterior, foi representada pela medida de riqueza como a terceira variável mais influente. Já no banco de dados do buffer de 600 metros, as variáveis de uso do solo não foram altas ou significantes, e a única a se destacar foi o modelo de centralidade por Integração calculado por vias axiais e passos.

As análises por correlações foram realizadas entre a variável dependente (metros percorridos) e as medidas de uso misto do solo e evidenciaram relações importantes entre elas. Primeiramente, foi possível observar que os agrupamentos por buffers de 200, 400 e 600 metros apresentaram resultados semelhantes: apesar da maior correlação linear com variável dependente ter sido com a medida de Equilíbrio de Shannon por área, a de Hill foi a que obteve melhor relação não-linear e, portanto, maior capacidade de explicá-la. Por outro lado, considerando os efeitos apenas das características contidas nos segmentos de rua, a medida de Equilíbrio de Shannon por unidades foi a que obteve melhor relação linear e não linear com a variável dependente.

Apesar dos resultados distintos, foi verificado também que os índices de equilíbrio do uso misto do solo apresentaram muitas vezes alta correlação entre si. Observando os resultados em todos os agrupamentos pode-se concluir que as medidas de equilíbrio por Simpson e por Shannon, tanto por área quanto por unidades, do ponto de vista estatístico, poderiam ser considerados a mesma variável. A medida de equilíbrio por Hill obteve, no geral, menores correlações com todas as outras.

Por fim, na análise de agrupamento dos segmentos mais carregados, foi possível observar agrupamentos de variáveis com características semelhantes. O resultado mostrou três grupos distintos de variáveis. Desses, um contém um conjunto de variáveis que se destacaram nas duas análises de regressão no agrupamento de segmentos – área e unidades dos usos institucional, comércio e entretenimento, medida de riqueza por Batty e equilíbrio do uso misto do solo por Shannon. Pode-se dessa forma concluir que esse agrupamento contém as variáveis que se relacionam melhor com a variável dependente.

## 5. DISCUSSÃO

A partir do referencial teórico, a pesquisa levantou variáveis quantitativas na busca de estimar a influência do uso do solo no deslocamento a pé no estudo de caso. Baseado nos recursos estatísticos utilizados, puderam ser observados alguns padrões de comportamento das variáveis.

A classificação de uso do solo utilizada pela pesquisa foi a proposta por Frank (2010) em 5 categorias. Analisando seus efeitos de forma individual sobre os metros caminhados, pode-se observar influência significativa somente nos agrupamentos por segmentos, além de diferenciação de influências por uso. Netto et al. (2012) também encontraram correlações diferentes com o movimento de pedestres dependendo (entre outras características) do uso do solo. Li et al. (2018) demonstraram, para o fluxo de pedestres, resultados diferentes para cada uso, sendo a maior correlação com o uso comercial. No estudo de caso, o uso institucional apresentou o melhor desempenho sobre a variável dependente na escala dos seguimentos de rua, seguido pelo uso comercial e serviço.

Entende-se, pela revisão de literatura sobre o uso do solo, que as atividades classificadas nesta pesquisa como comerciais, de serviços e entretenimento, necessitam de uma lógica de espacialização e de um conjunto de fatores (entre eles o fluxo de pessoas) que deem suporte ao seu funcionamento. A mesma lógica não seria necessária para os usos residenciais e institucionais. Provavelmente por este motivo, o uso residencial apresentou em diversas vezes relação não linear com os metros caminhados e até negativa. Por outro lado, a forte relação entre o uso institucional com os percursos a pé, mesmo sem a necessidade dessa lógica espacial demostre o fator de atratividade deste uso, principalmente em cidades com porte semelhante à do estudo de caso.

Apesar da importância das influências individuais, uma das variáveis com a melhor capacidade de predição dos metros percorridos foram os índices de uso misto do solo. Tais índices já foram também correlacionados com o deslocamento a pé em diversas pesquisas. Frank et al. (2010) e Duncan et al. (2010) utilizaram o índice de equilíbrio de Shannon e mostraram correlações positivas com o deslocamento a pé. Gehrke e Clifton (2014) experimentam sete medidas de equilíbrio em escalas e agrupamentos de uso do solo diferentes para verificar a melhor correspondência com a escolha modal. Os resultados da pesquisa evidenciaram, no estudo de caso, a

melhor correspondência, com a medida de equilíbrio de Hill.

No geral, assim como Gehrke e Clifton (2014), o índice de equilíbrio por Hill obteve melhores correlações através das escalas. Em segundo lugar, o índice de equilíbrio de Shannon calculado por área construída também se mostrou positivamente correlacionado.

As análises no agrupamento por segmentos, no entanto, apresentaram resultados diferentes. Nas correlações, a medida de equilíbrio por Shannon calculada por unidades apresentou resultados positivos. As unidades de uso do solo também se mostraram importantes no agrupamento por segmentos por meio das medidas de riqueza. Na regressão com seleção de dados livres, apesar de não ter apresentado uma contribuição maior que o índice de equilíbrio por Simpson, a medida de Riqueza por Batty (2004) teve influência significativa na média. O fato desses índices que utilizam unidades no seu cálculo apresentarem bons resultados estatísticos com o deslocamento a pé, apenas no agrupamento por segmentos, mostrou que, nessa escala, as quantidades e riqueza de usos parecem mais importantes para o deslocamento a pé do que o porte deles em área.

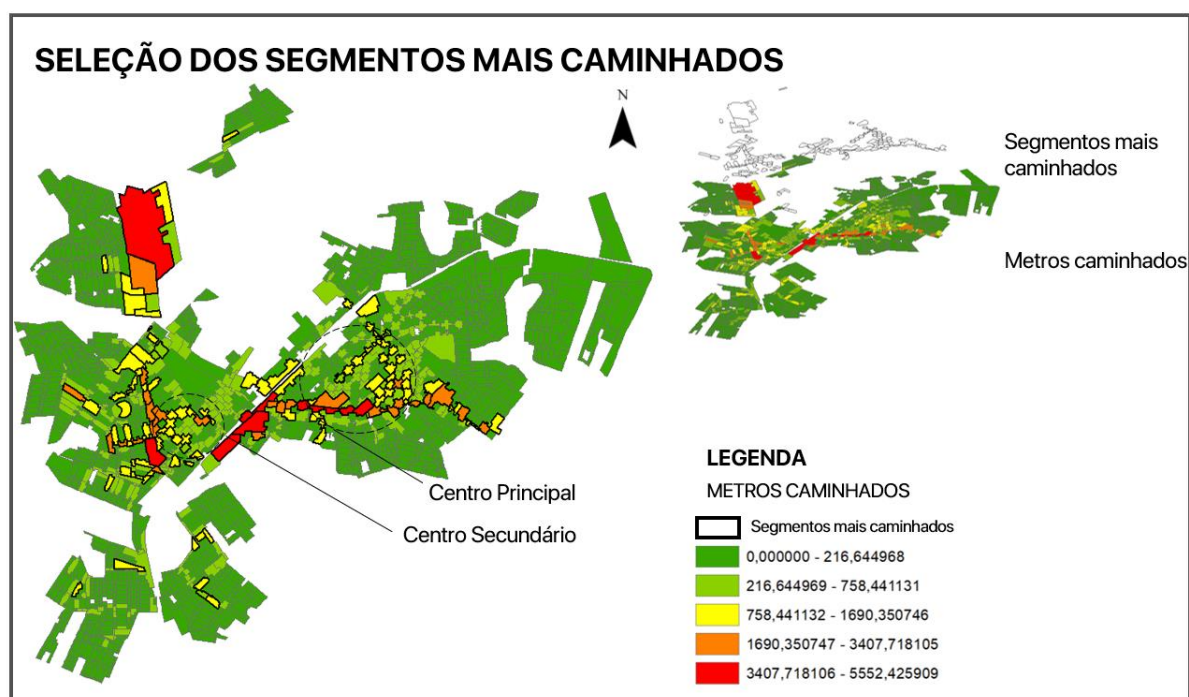
Assim como a influência dos usos variou conforme o agrupamento de dados, a influência dos valores dos modelos de centralidade também. Apesar de apresentar pouca relevância nas escalas menores (como o agrupamento por segmentos), pode-se observar uma maior importância dessas variáveis em escalas maiores. Na regressão com seleção livre de dados no agrupamento em *buffers* de 600 metros, o valor de integração é a variável com maior influência. Nota-se que, apesar dos valores calculados pelo MCA terem resultados positivos, as centralidades calculadas pela Sintaxe Espacial tiveram melhor desempenho. Nota-se também que, apesar os valores da Sintaxe serem calculados por segmentos e raios, a maior correlação encontrada nesta pesquisa foi com o modo mais tradicional, por vias axiais e passos. Considerando a semelhança no cálculo de valores de centralidade entre os métodos (como Integração com Eficiência e Escolha com Interposição), infere-se que a representação axial da Sintaxe Espacial tenha se aproximado melhor com a lógica de deslocamento a pé.

Os resultados estatísticos, de um modo geral, apontaram para a relevância de algumas variáveis: nos agrupamentos por segmentos, o uso do solo institucional e o valor de riqueza e equilíbrio por unidades, e, nos demais agrupamentos, a medida do modelo de centralidade por integração calculado por vias

axiais e passos, e os valos de equilíbrio do uso do solo.

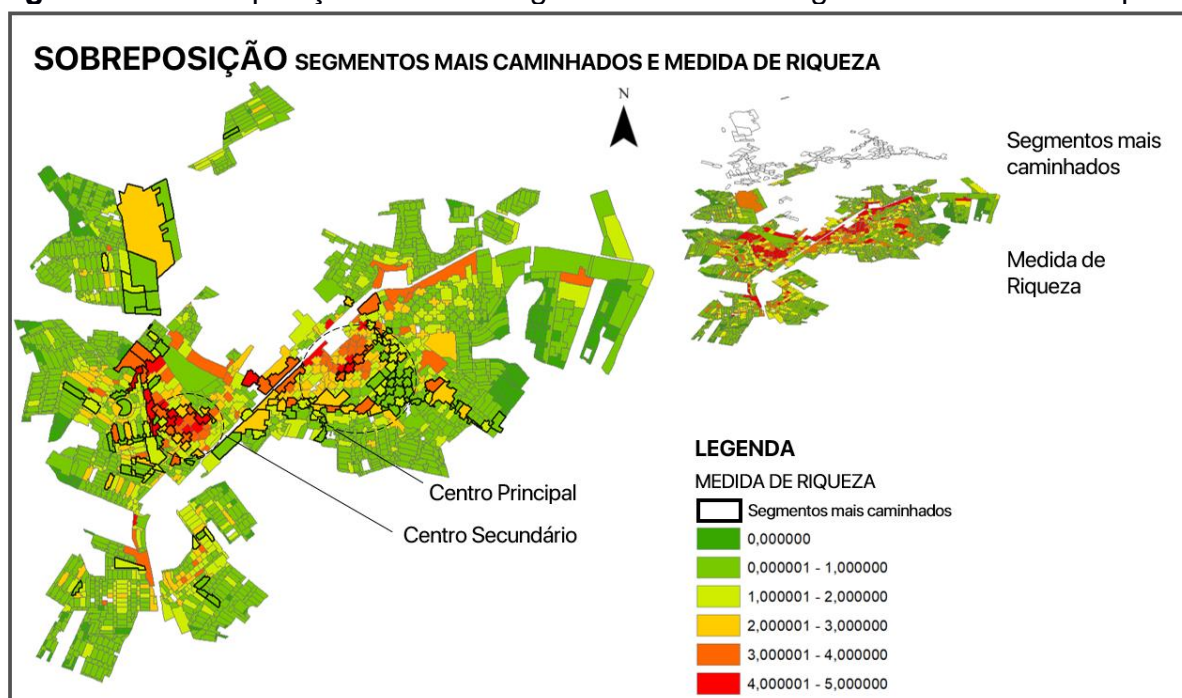
Na Figura 31, os segmentos de via com maior carregamento de viagens a pé, selecionados para a Análise de Agrupamento, foram destacados e sobrepostos em mapas com valores em escala de cor de Riqueza por Batty e Equilíbrio de Shannon por unidades (Figura 32 e Figura 33). Nota-se que, assim como demonstrado na correlação estatística, a correspondência não é total. As áreas correspondentes ao centro histórico principal e secundário aparecem com alto valor dessas medidas, mas não estão entre os mais carregados.

**Figura 31** - Seleção dos segmentos mais caminhados



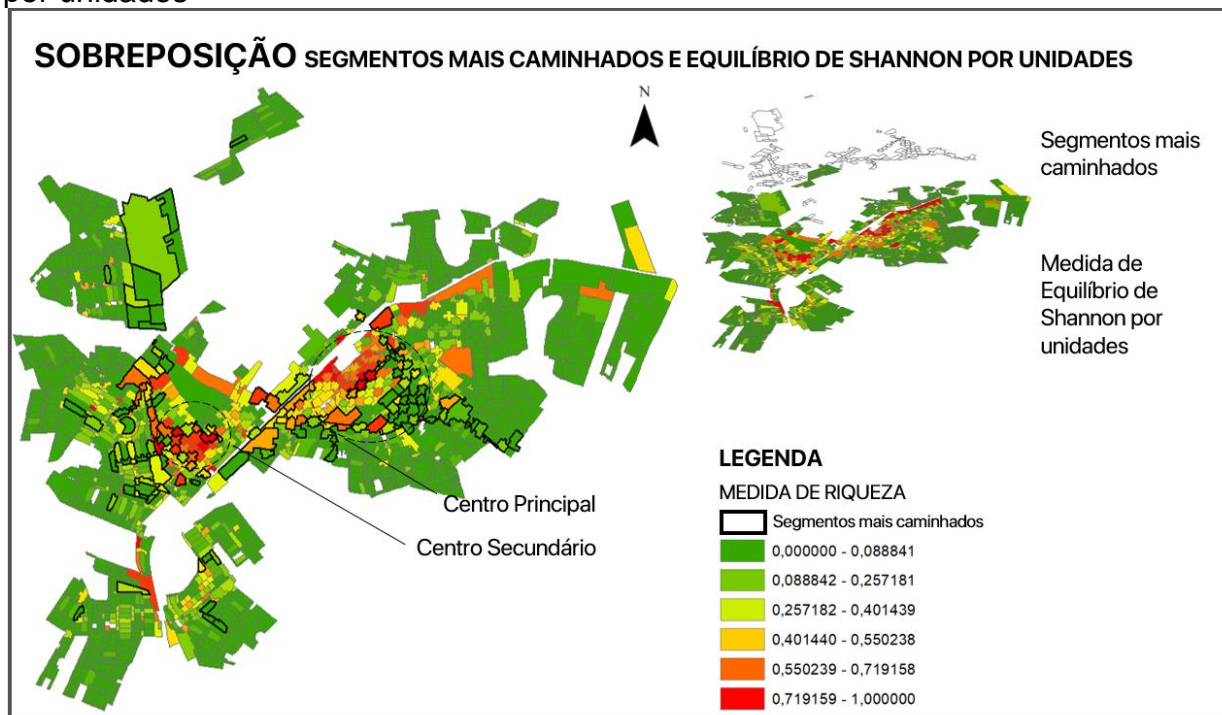
**Fonte:** Autor

**Figura 32 - Sobreposição entre os segmentos mais carregados e medida de riqueza**



Fonte: Autor

**Figura 33 - Sobreposição entre segmentos mais caminhados e Equilíbrio de Shannon por unidades**

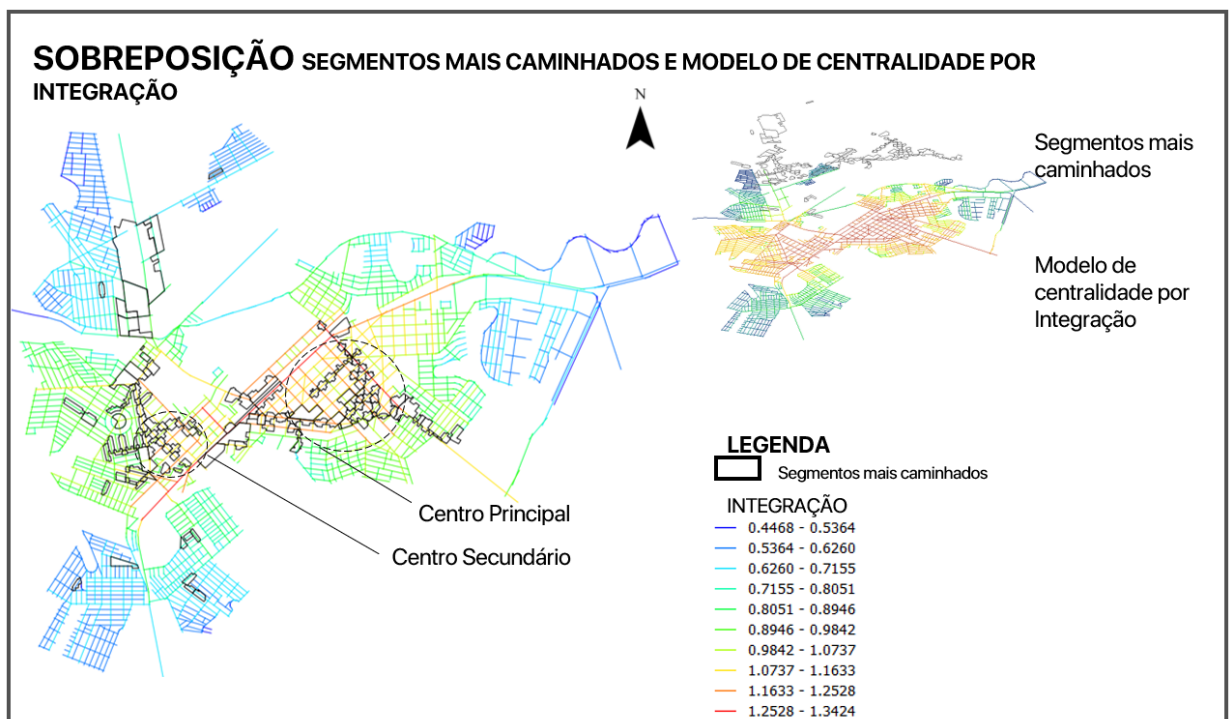


Fonte: Autor

As variáveis referentes ao uso misto do solo foram as que tiveram melhores correlações positivas com os metros caminhados no nível dos segmentos.

No entanto, é possível observar que os segmentos de rua com maiores valores de uso misto do solo não foram os mais caminhados (Figura 33). Ao invés disso, existe uma correspondência visual melhor dos segmentos mais caminhados com o mapa de Integração. Esta variável obteve o melhor desempenho em explicar a variável dependente na regressão com seleção livre de dados no agrupamento de 600 metros (Figura 34).

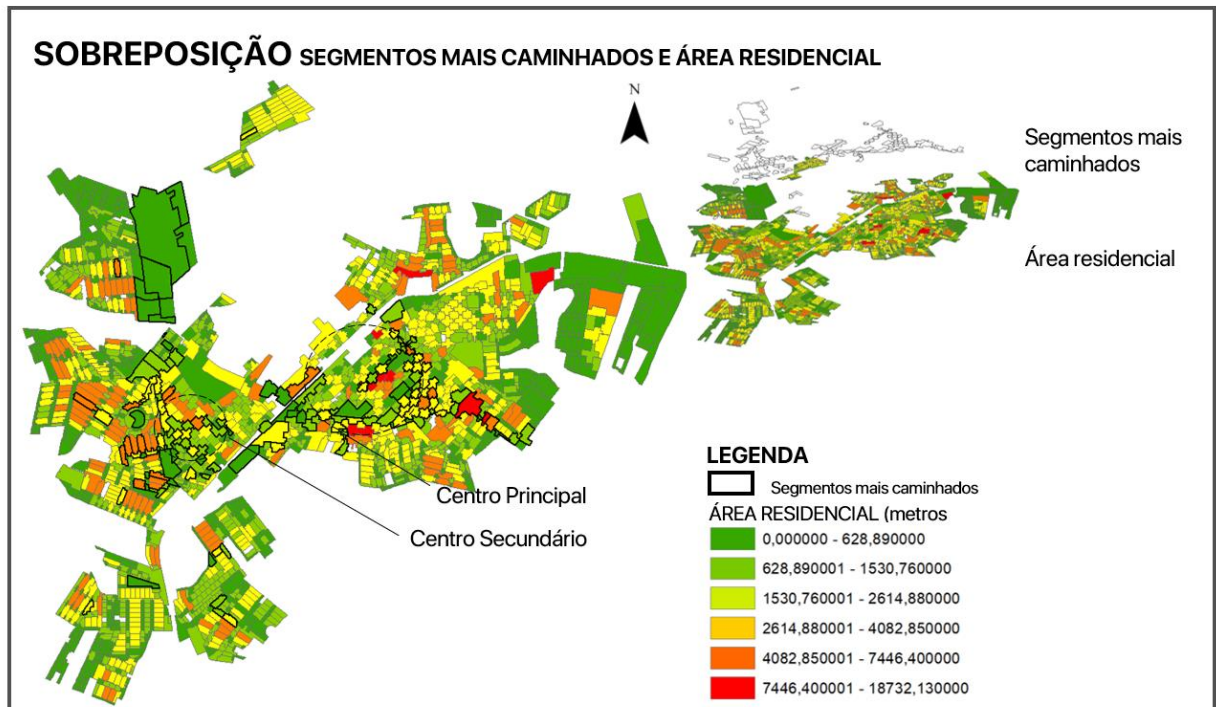
**Figura 34** - Sobreposição entre os segmentos mais caminhados com o modelo de centralidade por Integração



**Fonte:** Autor

As variáveis área residencial e quantidade de residências tiveram resultados não lineares e até negativos com a variável dependente. A sobreposição da variável quantidade residencial com os segmentos mais carregados ratifica esse resultado e mostra as áreas com maior quantidade residencial distribuídas por toda a cidade porém de forma mais densa em regiões ao redor dos centros principal e secundário (Figura 35).

**Figura 35** - Sobreposição entre os segmentos mais caminhados e área residencial.



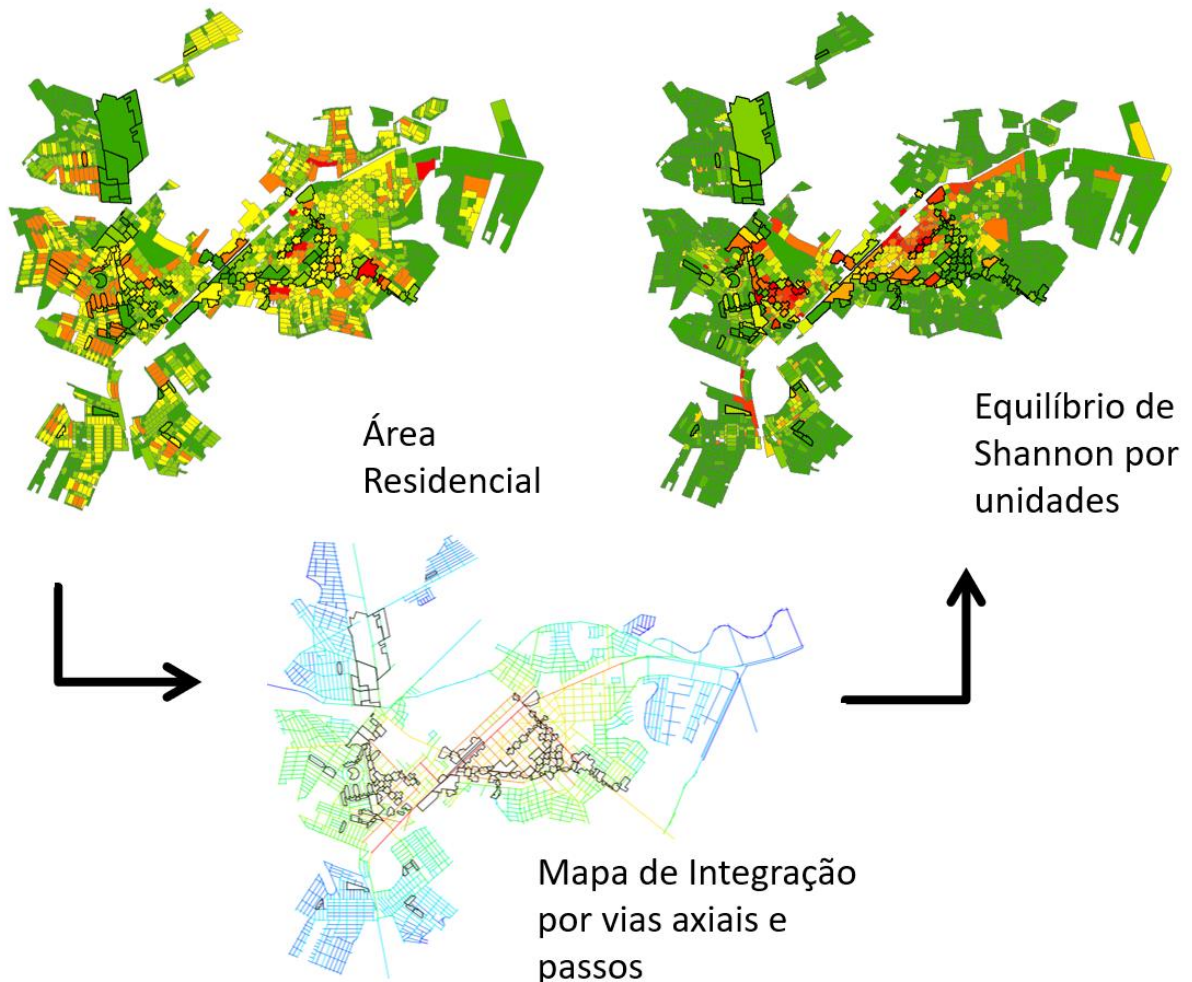
**Fonte:** Autor

Considerando as áreas residenciais como parte da rotina diária da população e origem de muitos deslocamentos diários, indagou-se a falta de correlação estatística dessas áreas com os caminhos percorridos a pé. Hillier et al. (1993) estabeleceu uma relação entre Configuração Urbana, Atração e Movimento, conforme mostrado na revisão de literatura. Segundo os autores, a configuração urbana (variável primária e de difícil transformação) tem a capacidade de influenciar o movimento de pessoas (movimento natural) e, por consequência, os atrativos de movimento (áreas de comércio, serviço e institucional). Por sua vez, os atrativos também influenciam o movimento de pessoas.

Considerando o exposto e, embora o uso residencial não ter tido boa correlação com a variável dependente, as áreas residenciais constituem a maior parte da área urbana e não significa que não participem da lógica de deslocamento de uma cidade. Os segmentos mais carregados não obtêm correspondência total com as áreas com maior quantidade de atrativos e menos ainda com as áreas residenciais. No geral estão relacionados com as vias mais integradas entre essas duas áreas. Dessa forma, pode-se observar que o movimento de viagens a pé aconteceu nas vias cuja configuração é capaz de concentrar o fluxo de pessoas (maior valor de

integração) entre áreas com maior concentração de residências e áreas com maior concentração de atrativos (maior valor de riqueza e equilíbrio do uso do solo) (Figura 36).

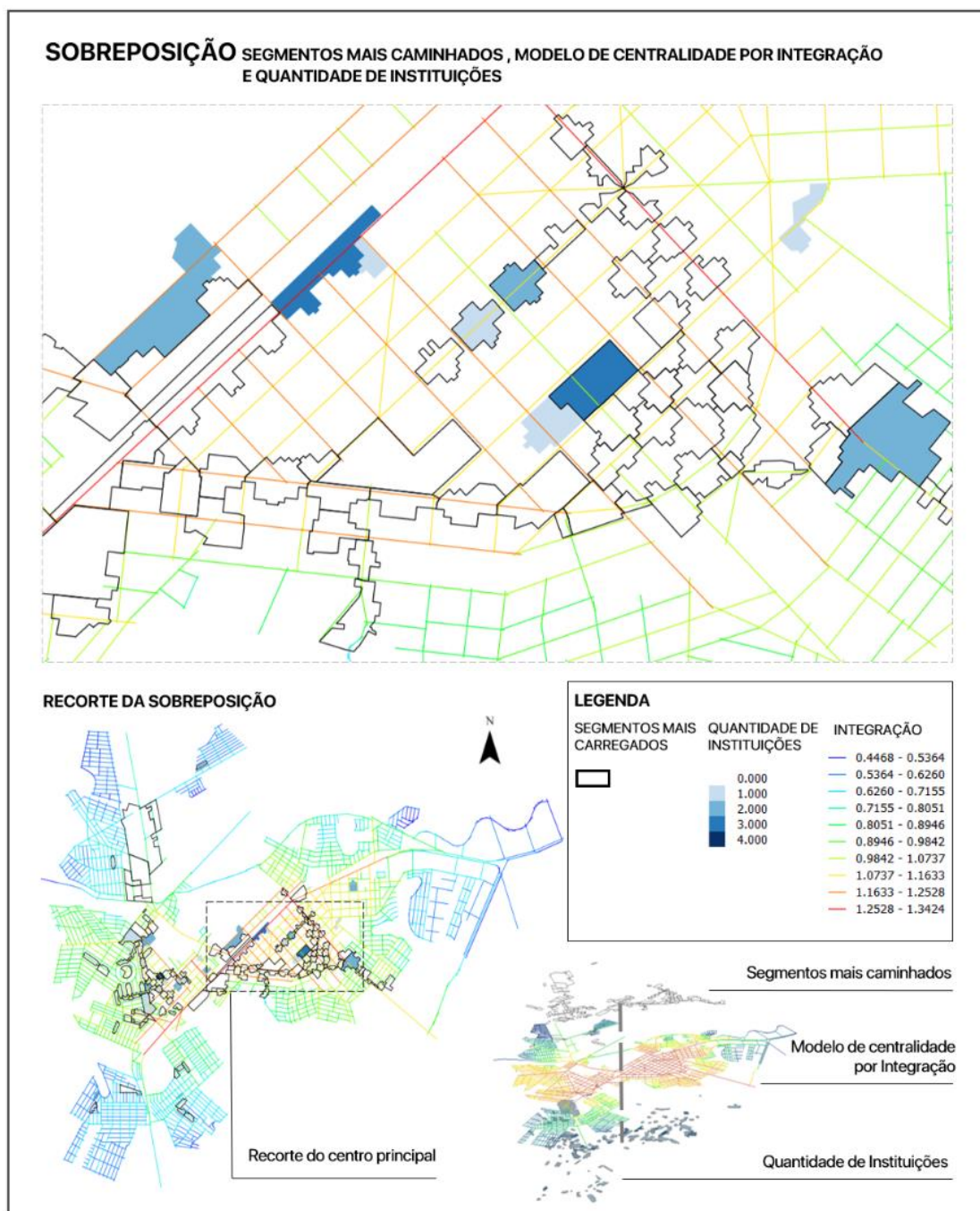
**Figura 36** - Posição dos segmentos mais carregados entre as variáveis área residencial, equilíbrio por Shannon e unidades e modelo de centralidade por Integração por vias axiais e passos.



**Fonte:** Autor

Ainda sobre a capacidade de certos usos atraírem movimento de pessoas, foi destacado, na Figura 37, o centro principal da cidade, onde essa correspondência aparece com maior evidência. Para isso, foram sobrepostos os segmentos mais carregados, as vias mais integradas e a quantidade de estabelecimentos institucionais (apontada nas análises estatísticas como a categoria de uso do solo mais correlacionada com a variável dependente).

**Figura 37** - Sobreposição entre segmentos mais caminhados, modelo de centralidade por Integração e Quantidade de Instituições.

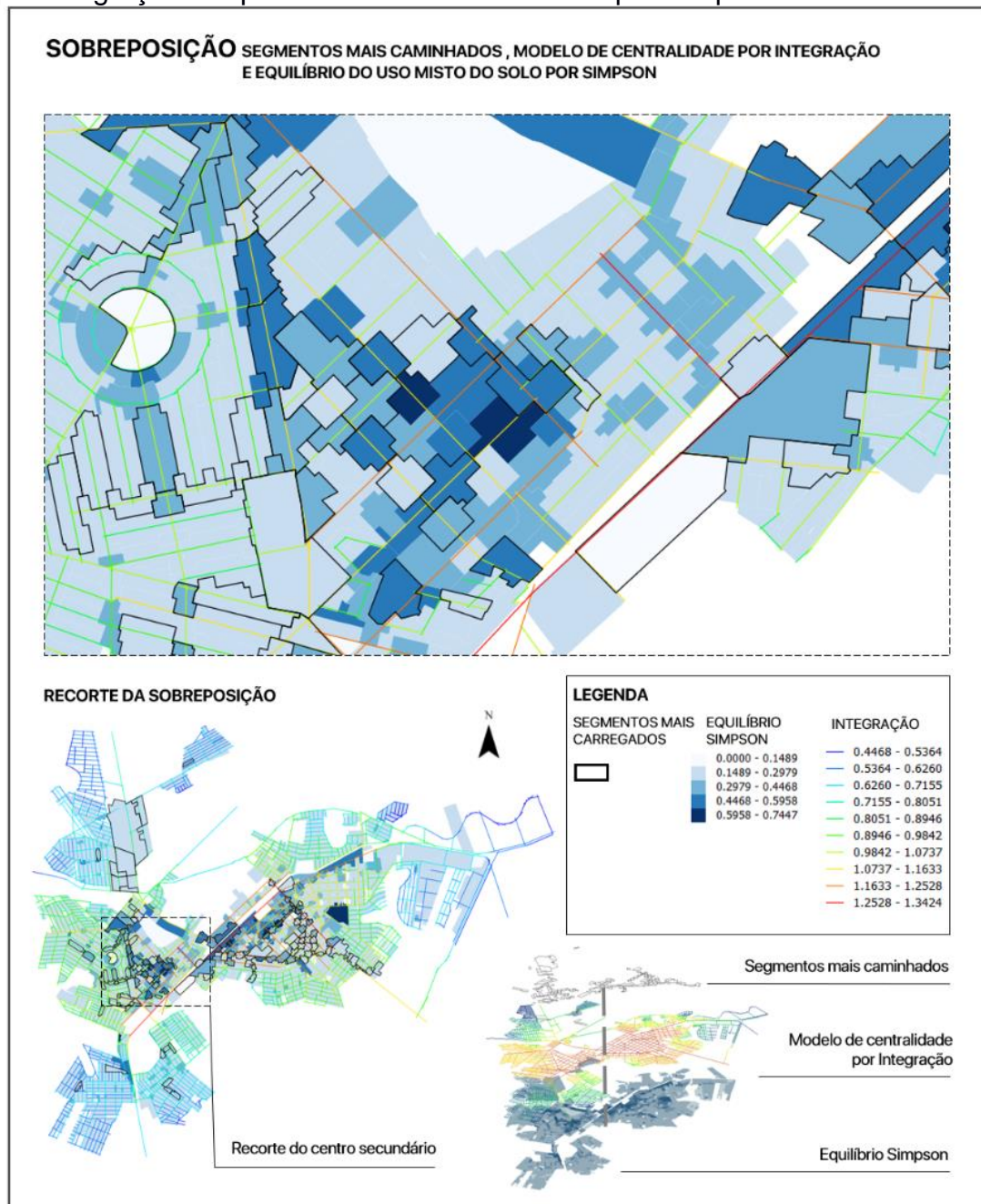


**Fonte:** Autor

É possível observar na Figura 37 a influência das duas variáveis destacadas sobre os segmentos mais carregados. Por vezes, os segmentos mais carregados de viagens a pé coincidem com vias axiais mais integradas e, por vezes, estão relacionados à proximidade com a quantidade de estabelecimentos institucionais.

As considerações sobre o setor terciário abordadas na revisão de literatura apontaram o fluxo de pessoas como variável relevante para a bom desempenho de atividades comerciais. No entanto, como já mencionado, apesar de correlações positivas, em alguns casos os segmentos mais carregados não necessariamente coincidiram com os maiores valores de uso do solo misto nem com as vias mais integradas. Essa relação pode ser observada na figura Figura 38.

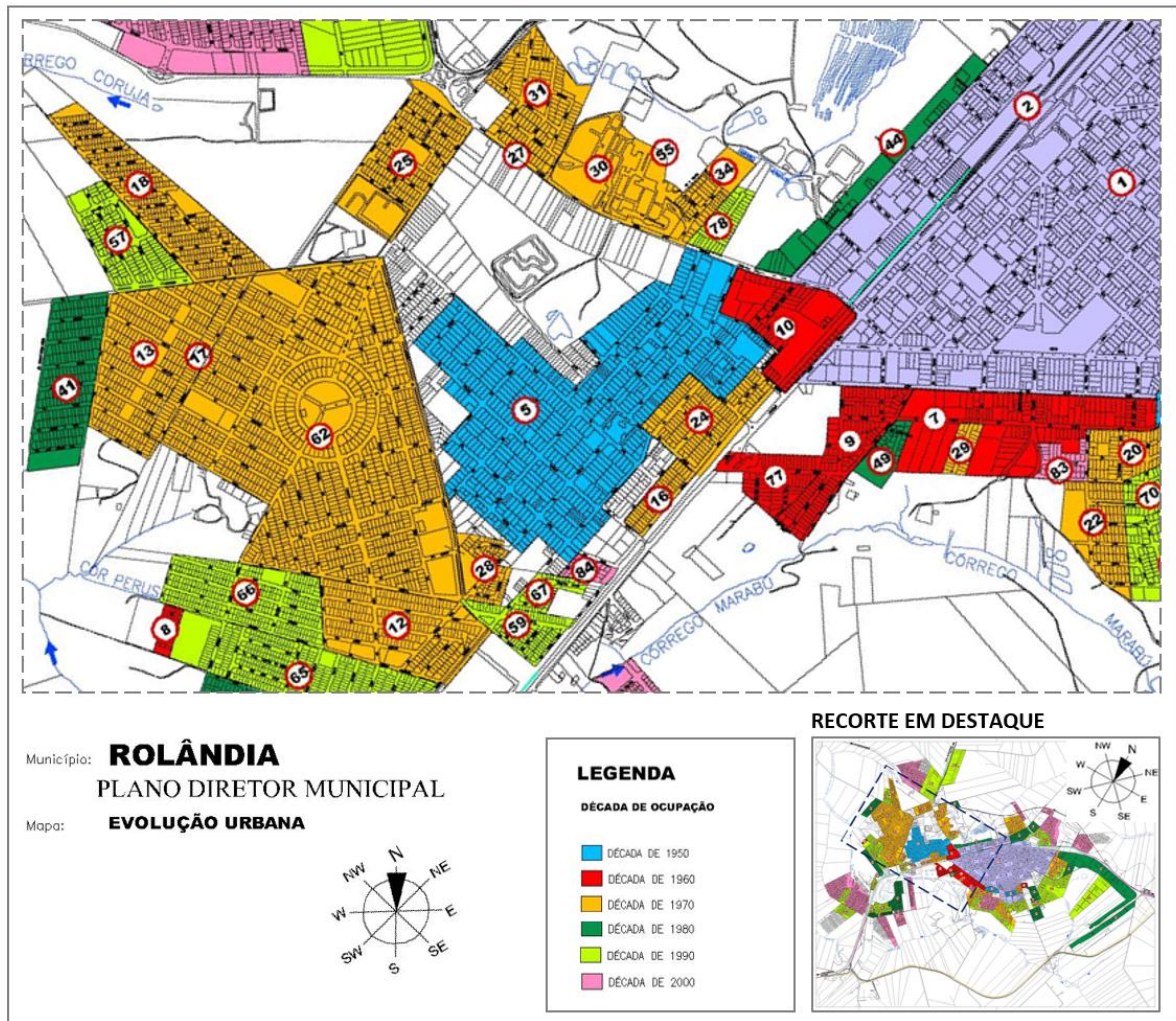
**Figura 38 - Sobreposição entre segmentos mais caminhados, modelo de centralidade por integração e equilíbrio do uso misto do solo por Simpson.**



Fonte: Autor

É importante ressaltar que, apesar de a lógica espacial apresentada por Hiller et al. (1993) ter sido observada, pesquisas que envolvem o meio urbano são complexas e a correspondência entre as variáveis quase nunca é exata. O recorte analítico da pesquisa para o deslocamento a pé foi o uso do solo e, como mostrado nas análises de regressão com seleção livre de dados, os modelos a partir do banco de dados dos segmentos e dos buffers de 600 metros foram capazes de explicar 31% e 33%, respectivamente, da variável dependente. Isso significa que, apesar de resultados significativos, grande parte do fenômeno ainda há de ser elucidado por outras variáveis. A correspondência observada na Figura 39, por exemplo, poderia ser analisada a partir da evolução histórica urbana do estudo de caso.

**Figura 39** - Evolução urbana do Município de Rolândia.



Fonte: PMR (modificado pelo autor).

Rolândia é uma cidade relativamente nova (75 anos) e ainda em processo de expansão. Áreas no centro secundário da cidade, indicadas na pesquisa com maior valor de uso misto do solo, são áreas de urbanização mais antiga (década de 50). As expansões ao redor aconteceram posteriormente, variando entre as décadas de 70 e 2000. Mais recentemente, novas expansões ainda têm acontecido mais ao norte dessa região. Os modelos de centralidade utilizados na pesquisa consideraram apenas a configuração atual da cidade. Infere-se que as áreas hoje correspondentes ao centro secundário muito provavelmente corresponderam, em configurações urbanas mais antigas, a áreas com maior valor de centralidade. Tais áreas tradicionalmente permaneceram concentrando as atividades terciárias da região. Infere-se também, que, com a sedimentação do tempo, as áreas indicadas como mais integradas na configuração atual e com maior carregamento de viagens a pé podem passar a ter maior importância no sistema urbano e, eventualmente, vir a concentrar mais dessas atividades hoje encontradas no centro secundário.

## 6. CONCLUSÕES

A caminhabilidade destaca-se como discussão atual no planejamento urbano mediante as recentes demandas de cidades mais sustentáveis e hábitos de vida mais saudáveis para a população. Mudanças na forma como as cidades foram planejadas no século XX em detrimento ao deslocamento automotivo limitaram a capacidade do ambiente construído de incentivar o comportamento de caminhada. Esta pesquisa avançou na análise do uso do solo como integrante do ambiente construído com o objetivo de verificar sua influência no deslocamento a pé. Os resultados ajudaram a elucidar a correspondência dessas características e contribuíram com a pesquisa de cidades mais caminháveis.

Os principais resultados apontaram efeitos vinculados principalmente à escala espacial de análise. Nos segmentos de rua, diferentes classificações de uso do solo obtiveram efeitos diferentes no deslocamento a pé, com destaque para o uso institucional, o que deve-se provavelmente ao fato das instituições serem o destino de diversas viagens a trabalho e estudo. Nessa escala, a importância das unidades de usos foi evidenciada pela correlação com medidas de que consideram essa variável. À medida que os dados foram agregados em raios maiores, a influência das categorias individuais de usos do solo diminuiu. Porém, os efeitos do uso misto do solo ainda permaneceram evidenciados pelas medidas de equilíbrio. Em se tratando de agrupamentos em grandes escalas, a configuração de ruas (medida pelo modelo de centralidade de Integração) teve maior efeito sobre o deslocamento a pé.

A análise visual das variáveis mais correlacionadas com o deslocamento a pé nos recursos de geoprocessamento evidenciou algumas relações espaciais. No geral, pode-se observar que os segmentos de rua com maior quantidade de deslocamento a pé foram aqueles que ficavam em vias com maior valor de integração localizadas entre áreas residenciais e áreas com maior valor de uso misto do solo.

A análise dos resultados também deixou claro que, ainda que utilizado o mesmo banco de dados e a mesma variável dependente, os resultados variaram significativamente quando agrupados em diferentes escalas. Tal observação ratifica o problema do MAUP e a necessidade da realização deste tipo de pesquisa em diferentes escalas.

Algumas outras conclusões puderam ser feitas também em relação

às variáveis consideradas. Sobre as medidas dos modelos de centralidade, concluiu-se que aquelas provindas da Sintaxe Espacial e da forma de representação axial melhor representaram a lógica do deslocamento a pé e, por isso, tiveram melhores resultados estatísticos positivos. Ainda, o processo de mineração de dados mostrou evidências estatísticas de que a diferença de cálculo das medidas de centralidade tanto da sintaxe espacial quanto pelo MCA por raios não foi significativa. Infere-se que essa semelhança entre as medidas em raios tenha relação com o tamanho da cidade de estudo de caso e que essa relação talvez não seja a mesma em configurações urbanas maiores. O mesmo processo também evidenciou pouca significância no cálculo de diferentes variáveis do uso misto do solo.

Na pesquisa, foram utilizadas três formas diferentes de se quantificar o equilíbrio do uso misto do solo. Dessas, duas (Shannon e Simpson) apresentaram variação insignificante. O mesmo aconteceu com a variação de Shannon calculada por área e a mesma calculada por unidades. Apesar da primeira ter apresentado melhor correspondência com a variável dependente analisada, a perda estatística em utilizar qualquer uma das formas de medição é muito pequena. A utilização desses índices em unidades ao invés de área construída pode ser uma estratégia para pesquisas em contextos nos quais esse tipo de informação nem sempre está disponível de forma sistematizada nos órgãos públicos (MOTOMURA, 2017, LU et al., 2016; 2018). No geral, o desempenho positivo das variáveis dessas evidencia o poder de atração de usos do solo combinados para as viagens a pé.

A pesquisa atingiu seus objetivos, porém apresenta também algumas limitações. Primeiramente, assim como já mostrado na discussão, Rolândia é uma cidade relativamente nova e em expansão na qual algumas características ainda não estão bem sedimentadas. Acredita-se que essa condição possa exercer influência nos resultados. Outra limitação é em relação aos motivos das viagens. A pesquisa mostra resultados referentes à correspondência entre características urbanas com o quanto cada segmento de rua foi percorrido a pé como um indicador de caminhabilidade. Esses resultados indicam o quanto cada variável influenciou as viagens que foram feitas a pé, mas não contemplam o poder de influência delas na escolha pelo modo a pé frente à outras opções como o transporte motorizado.

Visto o exposto, traçam-se diretrizes para futuras pesquisas. O banco de dados fornecido pelo ITEDES utilizado nesta pesquisa conta com informações referentes aos motivos das viagens, bem como padrões de deslocamento das famílias

entrevistadas, se existe a possibilidade do transporte motorizado ou não, entre outras. O aprofundamento analítico desse banco de dados das viagens poderia elucidar questões acerca dos motivos da escolha pelo modal a pé. Futuras pesquisas poderiam também aprofundar as análises sobre as classificações de usos do solo.

Apesar desta pesquisa ter optado pela classificação em cinco categorias conforme proposto por Frank et al. (2010), outras categorias, como o uso industrial, ou outros arranjos poderiam aprofundar as especificidades dessas relações. Sobre o uso misto, conforme mencionado, apesar da forte correlação com o deslocamento a pé, os segmentos com maior valor dessa característica não necessariamente foram os mais caminhados. Indaga-se então se haveriam combinações entre classificações de uso do solo com maior correlação com o deslocamento a pé do que outras.

Por fim, visto as variáveis consideradas relevantes nesta pesquisa como o modelo de centralidade por Integração, a relevância das unidades e a influência do uso institucional, novas pesquisas poderiam considerá-las no desenvolvimento de novos índices de caminhabilidade, tais como propostos por Frank et al. (2010) e Koohsari et al. (2016), porém, com sugestões e propostas melhor adaptadas para o contexto nacional.

## REFERÊNCIAS

- BATTY, M et al., Representing Multifunctional Cities: Density and Diversity in Space and Time. **Built Environment**. v. 30; n. 4; p. 324-337, 2004.
- BECKMAN, M.J., MCPHEARSON J. City Size Distributions in a Central Place Hierarchy: An Alternative Approach. **Journal of Regional Science**, n. 10, p.25-33, 1968.
- BENEDIKT, Michael L. To take hold of space: isovist and isovist fields. **Environment and Planning B**. n.6, p.47-65, 1979.
- BERRY, B. J. L. **Geography of market centers and retail distribution**. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1967.
- BHAT, C., and R. Gossen. A Mixed Multinomial Logit Model Analysis of Weekend Recreational Episode Type Choice. **Transportation Research Part B**, n.38, p. 767–787, 2004.
- BORDOLOI, R. et al. Quantification of Land Use diversity in the context of mixed land use. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 1w n. 104, p.563 – 572, 2013.
- BROWN, B. B. et al. Mixed land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight, and obesity. **Health and Place**. n. 15, p.1130 – 1141, 2009.
- BRUNA, Gilda Collet. **A Problemática do dimensionamento de áreas comerciais para uso no planejamento urbano**. Tese, FAU/USP., 1972.
- BUUREN, S. V., & FREDRIKS, M. Worm plot: a simple diagnostic device for modelling growth reference curves. **Statistics in medicine**, n. 20, 1259-1277, 2001.
- CABRAL, P., AUGUSTO, G., TEWOLDE, M., ARAYA, Y. Entropy in Urban Systems. **MDPI AG Basel**, Suíça, v. 15, n. 12, 2013.
- CAMPOLI, J. **Made for walking: density and neighborhood form**. Massachusetts: Lincoln Institute of Land Policy, 2012.
- CERVERO, R and Seskin, S. An Evaluation of the Relationship Between Transit and Urban Form. National Research Council Transportation Cooperative Research Program, **Research Results Digest**, n. 7,1995.
- CERVERO, R., and M. Duncan. Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area. **American Journal of Public Health**, n.93, p. 1478–1483, 2003.
- 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.

CHRISTALLER, W. **Die zentralen Orte in Süddeutschland**, Gustav Fischer, Jena. 1933.

CHRISTIAN, H.E.; et. al., How important is the land use mix measure in understanding walking behavior? Results from the RESIDE study. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**. v.8, n.55, p.1-12, 2011.

DAVIDSON, W. DOODY, A., **Retailing Management**. The Ronald Press Company. Columbus, 1966.

DOESCHER, M.P; et. al, The built environment and utilitarian walking in small U.S. towns. **Preventive Medicine**; Oklahoma City, n. 69, p. 80-86.

DOVEY, K.; PAFKA, E. What is functional mix? An assemblage approach. **Planning Theory and Practice**, v. 18, n. 2, p. 249–267, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14649357.2017.1281996>

DUNCAN, M. J. et al. Relationships of Land Use Mix with Walking for Transport : Do Land Uses and Geographical Scale Matter? **Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine**, Nova York, v. 87, n. 5, p. 782–795, 2010.

DUNN, P. K., & SMYTH, G. K. Randomized quantile residuals. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, v.5, n.3, p.236-244, 1996.

DUNNE, P., LUSH, R., **Retailing**, The Dryden Press, Orlando, 1999.

ECHNIQUE, M. **Modelos Matemáticos de la Estructura Espacial Urbana. Aplicaciones em America Latina** (1. Ed). Ediciones SIAP: distribuidor exclusivo, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, p.287, 1975.

EILERS, P. H., & MARX, B. D. Flexible smoothing with B-splines and penalties. **Statistical science**, p.89-102, 1996.

EWING, R., and R. Cervero. Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010.

FRANK, L. D; PIVO, G. Impacts of mixed use and density utilization on three modes of travel: single-occupant vehicle, transit, and walking. **Transportation Research Record** v.1466, p.44-52, 1994.

FRANK, L. et al. International comparison of observation-specific spatial buffers: maximizing the ability to estimate physical activity. **International journal of health geographics**. Disponível em: <<https://ijhealthgeographics.biomedcentral.com/article>> , Acesso em maio de 2017.

FRANK, L. et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 44, n. 13, p. 924-933, 2010.

FRANK, Lawrence et al. Many pathways from land use to health. **Journal of the American Planning Association**, Chicago, v. 72, n. 1, p. 75-87, 2006.

FREEMAN, L.C., A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. **Sociometry**, n. 40, v. 1. p. 34-41, 1977.

FUJITA, M; **Urban Economic Theory – Land use and city size**. Cambridge University Press, 1989.

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

GEHRKE, S.R.; CLIFTON, K.J.; Operationalizing land use diversity at varying geographic scales and its connection to mode choice. **Transportation Research Record: Journal of the transportation research board**. n. 2453, p.128-136, 2014.

GEHRKE, Steven R. et al. Operationalizing Land Use Diversity at Varying Geographic Scales and its Connection to Mode Choice. **Transportation research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2453, p.128-139, 2014.

GILDA, B. C. **A Problemática do dimensionamento de áreas comerciais para uso no planejamento urbano**. Tese, FAU/USP., 1972.

GOSLING, D., MAITLAND, B. **Design and Planning of Retail Systems**. The Architectural Press, Londres ,1976.

GROAT, L.; WANG, D. **Architectural research methods**. Londodn: John Wiley & Sons, 2002.

HASTIE, T. J. Generalized additive models. In **Statistical models in S**. p. 249-307. Routledge, 2017.

HEALEY, M., **Location and Change: Perspectives on Economic Geography**. Oxford University Press, Oxford 1990.

HILLER, B.,PENN, A. HANSON, J., GRAJEWSKI T., XU, J.. Natural Movement or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement. **Environment & Planning B.**, v. 20, n.1, p.29 – 66. 1993.

HILLIER & HANSEN J, **The social logic of space**. Cambridge University Press, Cambridge, 1984.

HILLIER B, BURDETT R, PEPONIS J, & PENN A. Creating life: or, does architecture determine anything? **Architecture and Behaviour** 3, n. 3, p. 233-250, 1987.

HILLIER, B. & IIDA, S. Network and psychological effects in urban movement, **Proceedings of the Fifth Space Syntax Symposium**, Delft, 2005.

HILLIER, B. **Space is the Machine**, Cambridge University Press 1996.

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.

HILLIER, B. Using DepthMap for Urban Analysis: **A Simple Guide On What to Do Once You Have an Analysable Map in The System**. London: The Bartlett School of Graduate Studies, 2008.

HUFF, D. A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. **Land Economics** v. 39, n. 1, p. 81-90, 1964.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas por cidade e estado. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/rolandia.html?>. Acessado em 13/12/2018.

IPARDES (2018). **Índice de desenvolvimento humano municipal segundo os municípios do paraná** - 1991/2000/2010. Disponível em: [http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/IDHM\\_municipios\\_pr.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/IDHM_municipios_pr.pdf), Acesso em Julho 2018.

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

JONES, P. et al. **Rediscovering Mixed-use streets**. Marston book services, Oxford, 2007.

KOCKELMAN, K. Travel Behavior is a function of Accessibility, Land use Mixing and Land use balance: Evidence from the San Francisco Bay Area. **Transportation Research Record**. n. 1607, p. 116-125, 1997.

KOOHSARI, M. J.; SUGIYAMA, T.; MAVOA, S.; VILLANUEVA, K.; BADLAND, H.; GILES-CORTI, B.; OWEN, N. Street network measures and adults' walking for transport: Application of space syntax. *Health and Place*, n. 38, p. 89–95, 2016.

KOTLER, P., ARMSTRONG, G.. **Princ pios de Marketing**. Prentice Hall Brasil 12 edi o, 2007.

KRAFTA, R. Modelling Intraurban Configurational Development. **Environment and Planning B**, n. 21, p. 67-82, 1994.

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

LAS CASAS, A., **Marketing de Varejo**. Editora Atlas, São Paulo, 1992.

LEE, C.; MOUDON, A.V.; The 3 Ds+R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. **Transportation Research Part D**. n. 11, p. 204-215, 2006.

LI, X.; et. al. Investigating the association between streetscapes and human walking activities using Google Street View and human trajectory data. **Transactions in GIS**. p. 1-16, 2018.

LIMA, L. S. **Centralidades em Redes Espaciais Urbanas e Localiza o de Atividades Econ micas**. Disserta o. UFRGS, Porto Alegre 2015.

LOSH, A.. **The economics of location**. New Haven, Yale University Press, 1954.

LOTFI, S.; KOOHSARI, M.. Neighborhood Walkability in a City within a Developing Country. **Journal of urban planning and development**, n. 137, p. 402–408, 2011.

LU, Y. et. al. Commuting Mode Choice in a High-Density City: Do land-use density and diversity matter in Hong Kong? **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v. 15, n. 920, p. 1-13, 2018.

LU, Y.; XIAO, Y; YE, Y. Urban density, diversity and design: is more always better for waking? A study from Hong Kong. **Preventive Medicine**. n. 103, p. 599-5103, 2016.

MANAUGH, K.; KREIDER, T.; What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. **The Journal of Transport and Land Use**. v. 6, n. 1, p. 63-72, 2013.

MARTIN L., MARCH L., **Urban Space and Structure**, Cambridge University Press, Cambridge, 1972.

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

MOUDON, A.V.; et. al. Attributes of environment supporting walking. **The Science of Health Promotion**. v. 1, n. 5, p.448-459, 2007.

MOUDON, Anne; LEE, Chanam. The 3Ds + R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. **Elsevier: Transportation Research part D** n.11, p.204 – 215, 2006.

NETTO, V et al. L. Cidade e organização social: o papel do espaço. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. V. 10, n. 2, p. 249-267, 2017.

NETTO, V.M.; VARGAS, J.C.; SABOYA, R.T. Buscando os efeitos sociais da morfologia arquitetônica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 4, n. 2, p.261- 282, 2012.

NORMANDO, M. **Escalas da diversidade intraurbana**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

PENA, J. M., LOZANO, J. A., & Larranaga, P. An empirical comparison of four initialization methods for the k-means algorithm. **Pattern recognition letters**, v.20, n.10, p.1027-1040, 1999.

PML (2018). **Região Metropolitana de Londrina**. Disponível em: [http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=132%3Aregiao-metropolitana-de-londrina&catid=5%3Aa-cidade&Itemid=4](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=132%3Aregiao-metropolitana-de-londrina&catid=5%3Aa-cidade&Itemid=4), acessado em Julho de 2018.

PORTA et al. Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Itália **Sage Journals** v. 36, n. 3, 2008.

PORTA et al. Street centrality and land use intensity in Baton Rouge, Louisiana **Journal of Transport Geography** v. 19, 2010.

PORTA et al. Street centrality and location of economic activities in Barcelona **Urban Studies**. V. 36, n. 3, 2011.

PORTA et al. The Network Analysis of Urban Streets: a Primal Approach. **Environment & Planning B**, v.33, p.705-725, 2006.

PROUDFOOT, M. J. City Retail Structure. **Economic Geography** n.13, p. 425-428. 1937.

RAMIRES, T. G., CORDEIRO, G. M., KATTAN, M. W., HENS, N., & ORTEGA, E. M. Predicting the cure rate of breast cancer using a new regression model with four regression structures. **Statistical methods in medical research**, 0962280217695344, 2017

RAMIRES, T. G., HENS, N., CORDEIRO, G. M., & ORTEGA, E. M. Estimating nonlinear effects in the presence of cure fraction using a semi-parametric regression model. **Computational Statistics**, v.33, n.2, p.709-730, 2018b.

RAMIRES, T. G., NAKAMURA, L. R., RIGHETTO, A. J., ORTEGA, E. M., & CORDEIRO, G. M. Predicting survival function and identifying associated factors in patients with renal insufficiency in the metropolitan area of Maringá, Paraná State, Brazil. **Cadernos de saude publica**, v.34, n.e00075517, 2018c.

RAMIRES, T. G., ORTEGA, E. M., HENS, N., CORDEIRO, G. M., & PAULA, G. A. A flexible semiparametric regression model for bimodal, asymmetric and censored data. **Journal of Applied Statistics**, v.45, n.7, p.1303-1324, 2018.

REILLY, W. J. **The law of retail gravitation**. New York: Knickerbocker Press, 1931.

REIS, R. et al. Walkability and physical activity: Findings from Curitiba, Brazil. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 45, n. 3, p. 269–275, 2013.

RICHERT, Henry G. **Retailing: principles and practices** ed. New York: McGraw Hill, 1954.

RIGBY, R. A., & STASINOPOULOS, D. M. Automatic smoothing parameter selection in GAMLSS with an application to centile estimation. **Statistical methods in medical research**, v.23, n.4, p.318-332, 2014.

RIGBY, R. A., & STASINOPOULOS, D. M. Generalized additive models for location, scale and shape. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v.54, n.3, p.507-554, 2005

RODRIGUEZ, D., and J. Joo. **The Relationship Between Non-Motorized Mode Choice and the Local Physical Environment**. Transportation Research Part D, Vol. 9, p. 151–173, 2004.

ROUSSEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of computational and applied mathematics**, v.20, p.53-65. 1987

SÁ, TH. et al. Diferenças socioeconômicas e regionais na prática do deslocamento ativo no Brasil. Brasil: **revista de saúde pública**, 2016.

SABOYA, R., **Centralidade Espacial: Uma nova operacionalização do modelo baseada em um Sistema de Informações Geográficas**. Dissertação, UFRGS, Porto Alegre 2001.

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

SEVTSUK, A. **Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Sommerville, MA**. Tese (PhD in Urban Studies and Planning). Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge: 2010.

SEVTSUK, A.; KALVO, R. Patronage of urban commercial clusters: A network-based extension of the Huff model for balancing location and size. **Environment and Planning B: Urban analytics and City Science**, v.45, n.3, 2017.

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

SHANNON, C.E. **A Mathematical Theory of Communication Shannon**. Bell Telephone System Technical Publications, 1949. Disponível em <http://cm.belllabs.com/cm/ms/what/shannday/paper.html>, acessado em Julho de 2018.

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

SPOHN, Robert F., ALLEN, Robert Y. **Retailing**. Reston: Prentice-Hall, 1973.

STASINOPOULOS, D. M., & RIGBY, R. A. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R. **Journal of Statistical Software**, v. 23, n.7, p.1-46, 2007.

TSIOMPRAS, A. B.; PHOTIS, Y.N.; What matters when it comes to “Walk and the City”? Defining a weighted GIS-based walkability index. **Transportation Research Procedia**. n. 24, p. 523-530, 2017.

VARGAS, H. C. **Espaço terciário: o lugar, a arquitetura e a imagem do comércio**. São Paulo: SENAC, 2001.

VARGAS, H. C. **Formação dos centros comerciais e estruturação da rede urbana**. Trabalho programado 01. Universidade de São Paulo, São Paulo, Dezembro de 1981. Disponível em <<http://www.usp.br/fau/deprojeto/labcom/bibliografia.html>>. Acesso em: out. 2017.

VARGAS, H. C. O comércio e os serviços varejistas: principais agentes e sua inserção urbana. **GEOUSP Espaço e Tempo**, n. 8, p 77-87, dez. 2000.

VARGAS, H. C. O lugar do comércio e serviços na arquitetura e urbanismo. **VIRUS**, São Carlos, n. 9 [online], 2013. Disponível em: <[http://www.nomads.usp.br/virus/\\_virus09/secs/submitted/virus\\_09\\_submitted\\_3\\_pt.pdf](http://www.nomads.usp.br/virus/_virus09/secs/submitted/virus_09_submitted_3_pt.pdf)>. Acesso em: out. 2014.

VARGAS, H. C.; MENDES, C. F. O Comércio não planejado e arquitetura comercial de transição. **International conference in retailing and services science**, v 6., Porto Rico. Anais. Porto Rico: EIRASS, 1999.

VILLAÇA, F. **Espaço Intra-Urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

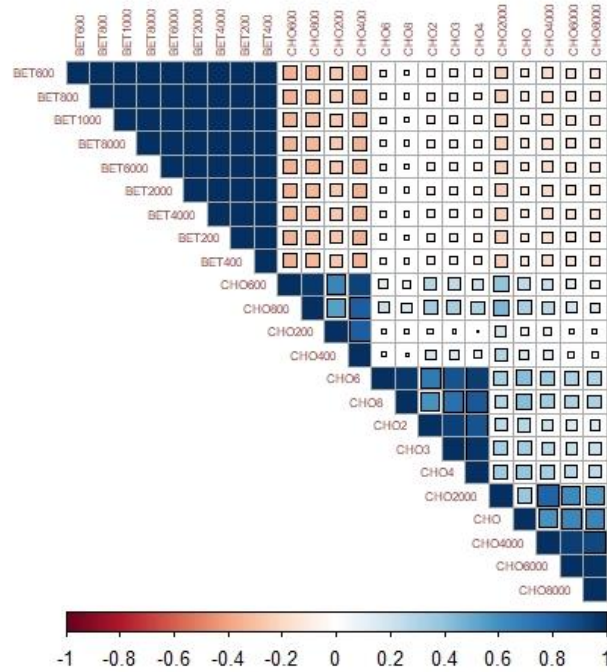
VOUDOURIS, V., GILCHRIST, R., RIGBY, R., SEDGWICK, J., & STASINOPOULOS, D. Modelling skewness and kurtosis with the BCPE density in GAMLSS. **Journal of Applied Statistics**, v.39, n.6, p.1279-1293, 2012

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**, 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 205 p., 2001.

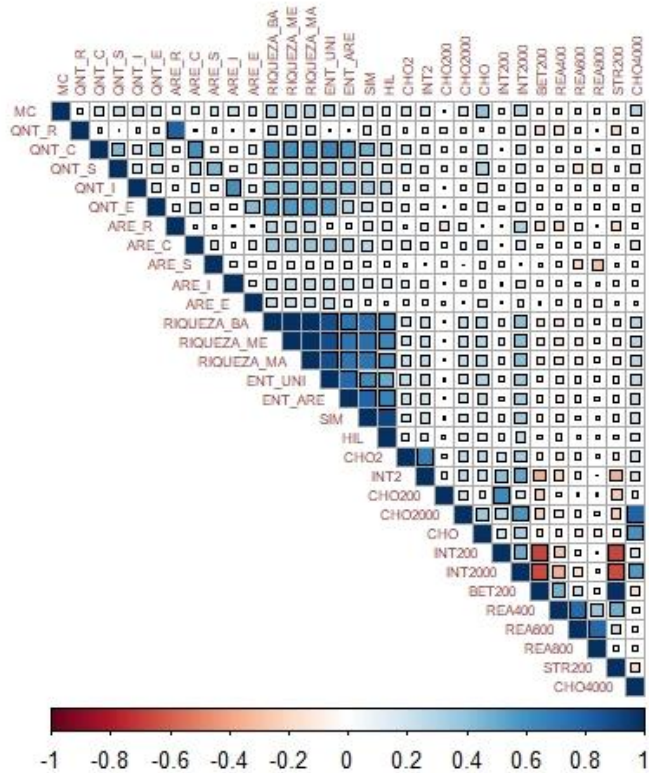
ZAMPIERI, F. **O Fenômeno social do movimento de pedestres em centros urbanos**. Tese, UFRGS, Porto Alegre 2012.



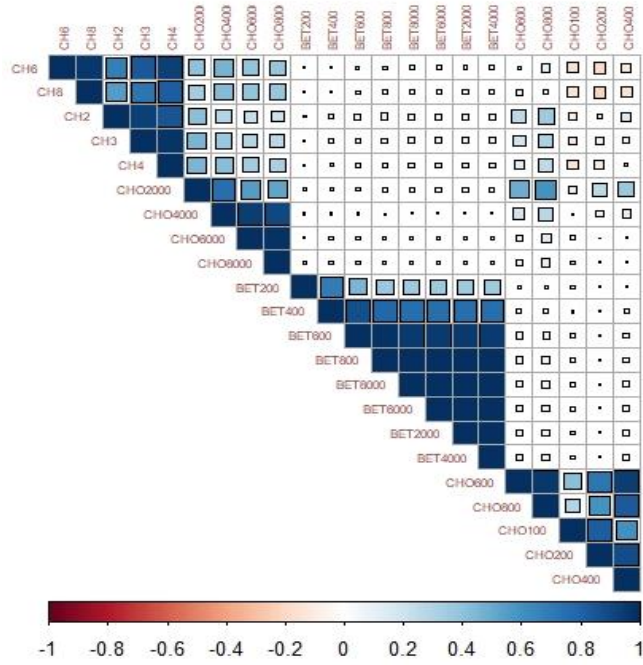
**APÊNDICE B** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Interposição na escala dos segmentos.



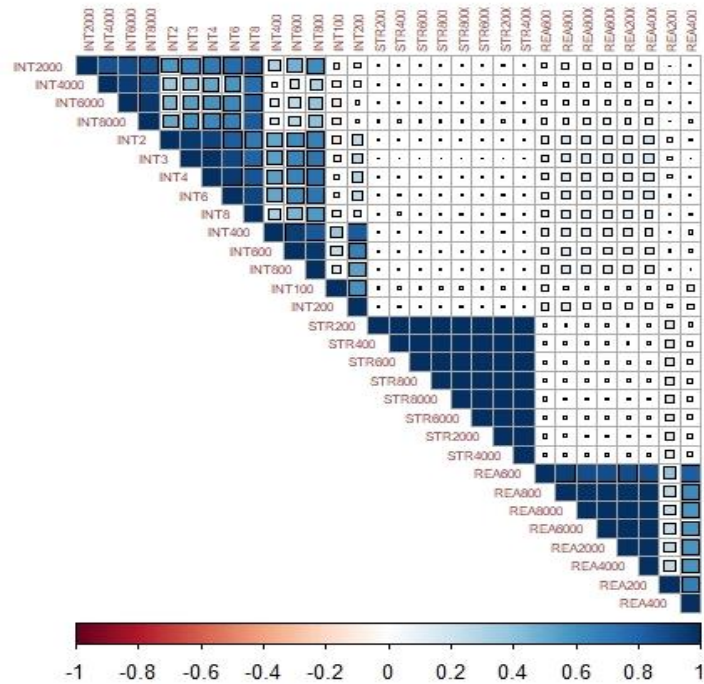
**APÊNDICE C** - Gráfico de correlação para a base de dados final do banco de dados dos Segmentos.



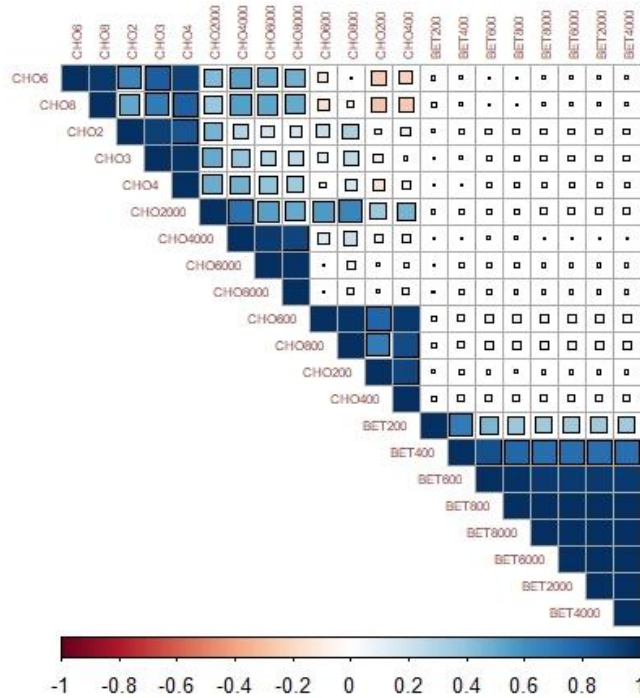
**APÊNDICE D** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Interposição na base de dados dos buffers de 200 metros.



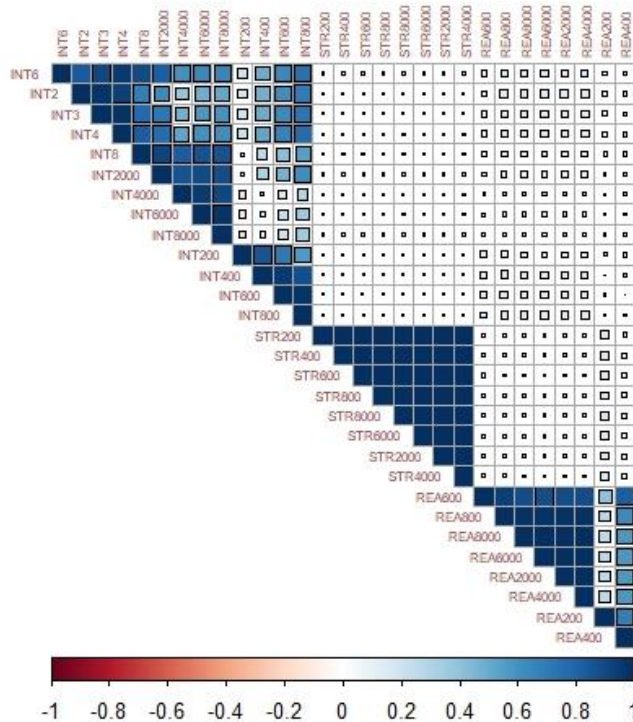
**APÊNDICE E** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Acessibilidade na base de dados dos buffers de 200 metros.



**APÊNDICE F** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Interposição na base de dados dos buffers de 400 metros.

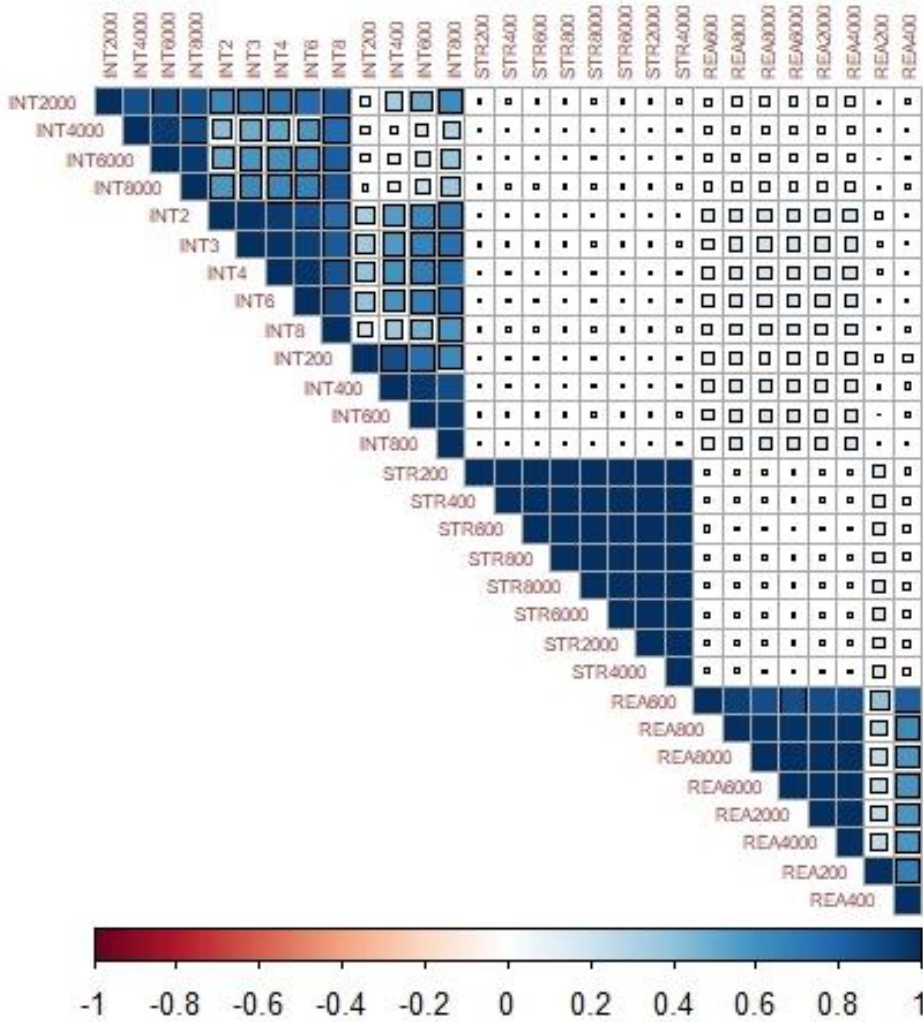


**APÊNDICE G** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Acessibilidade na base de dados dos buffers de 400 metros.

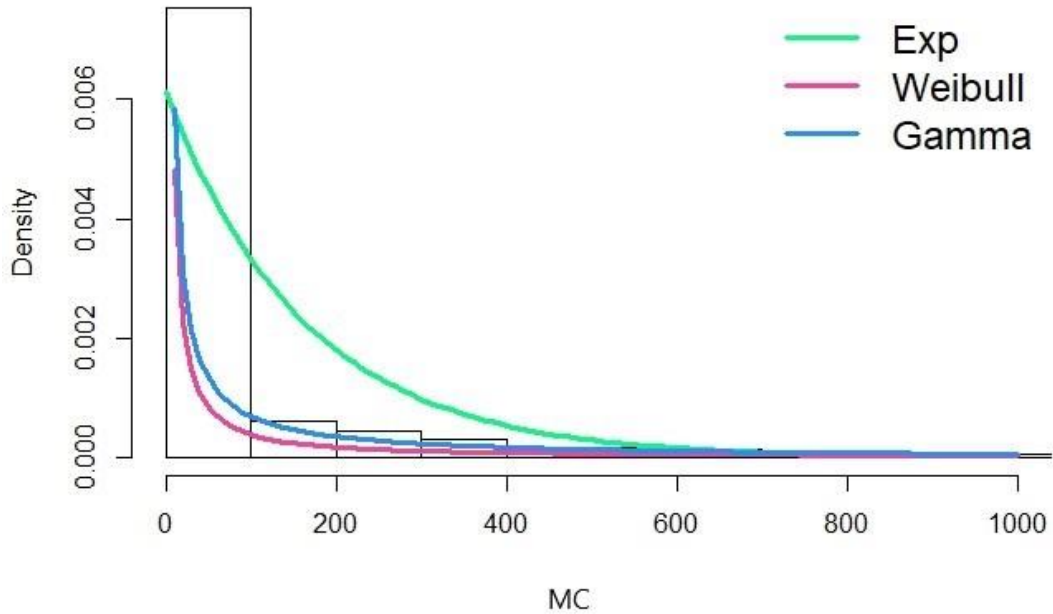




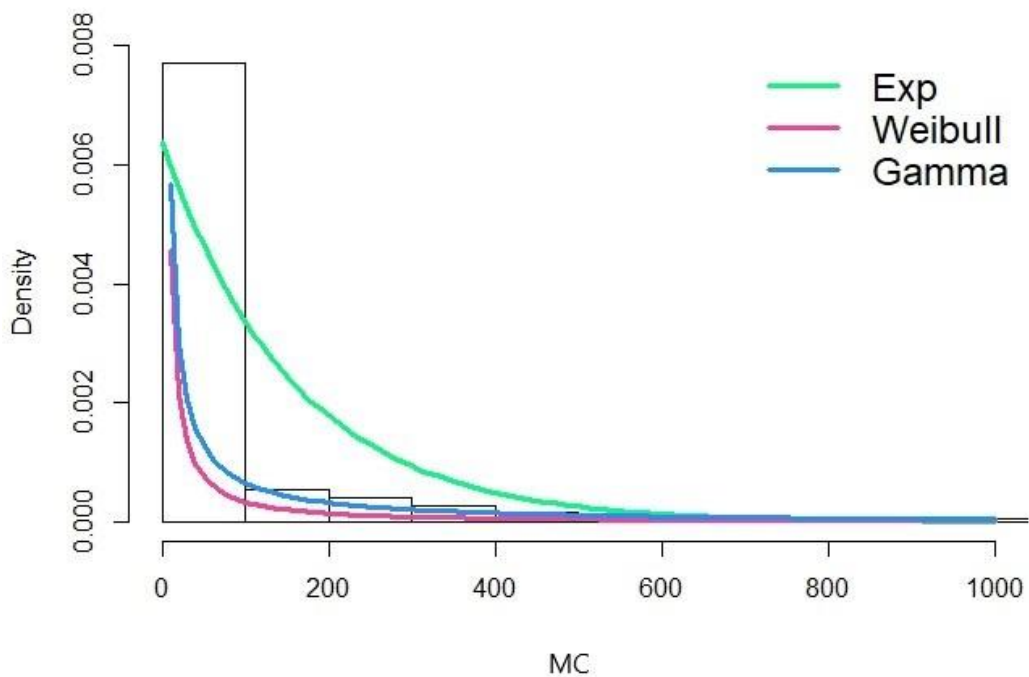
**APÊNDICE I** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Interposição na base de dados dos buffers de 600 metros.



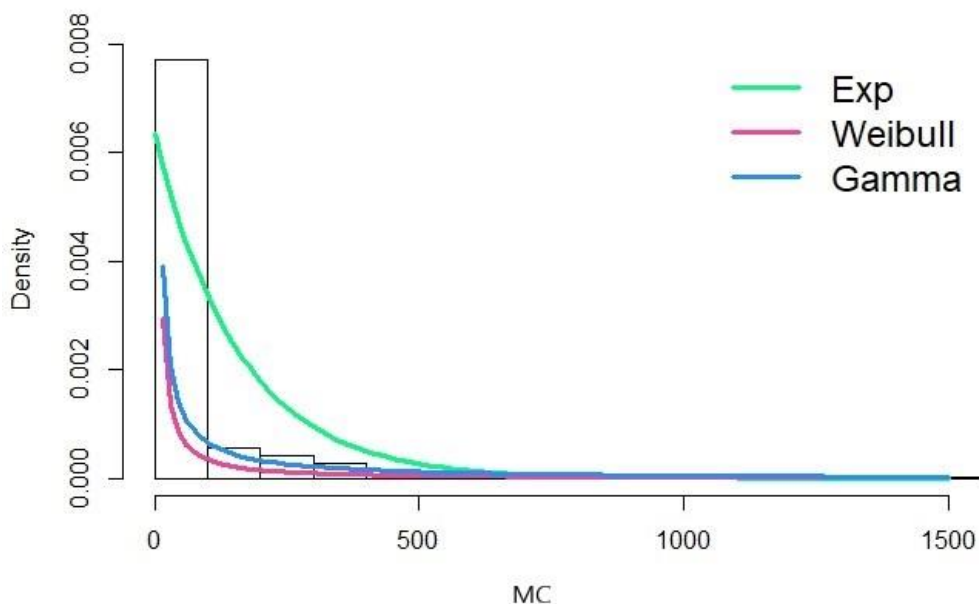
**APÊNDICE J** - Histograma com as densidades dos modelos ajustados para o banco de dados dos segmentos.



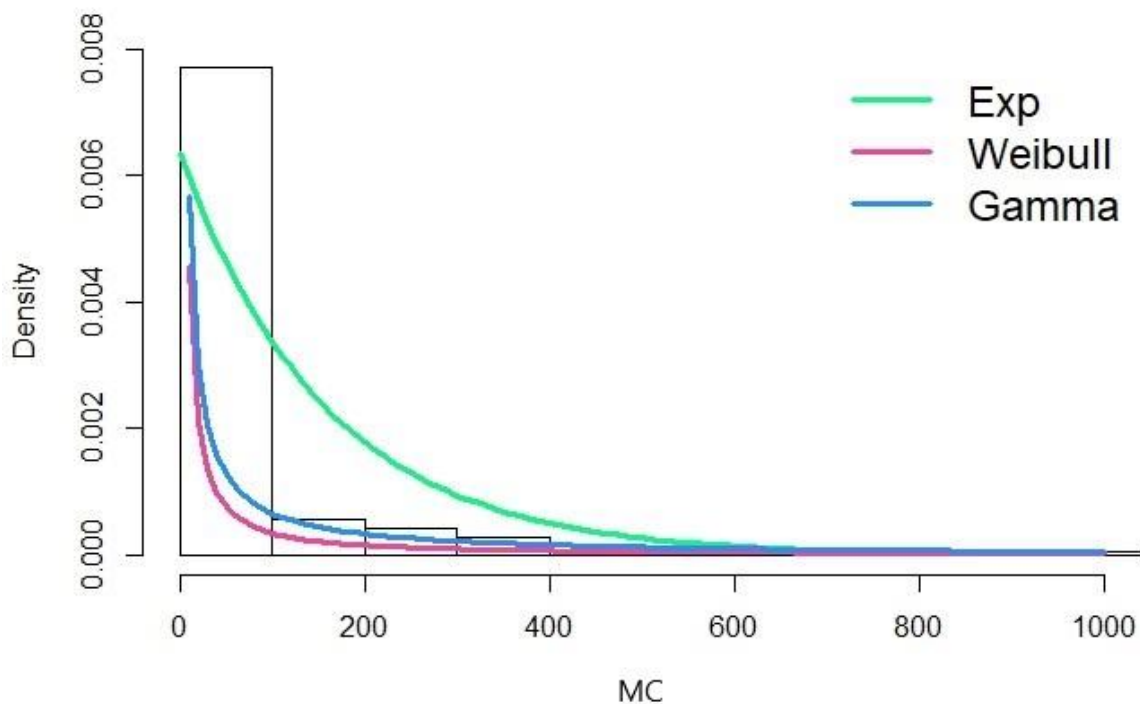
**APÊNDICE K** - Histograma com as densidades dos modelos ajustados na base de dados dos buffers de 200 metros.



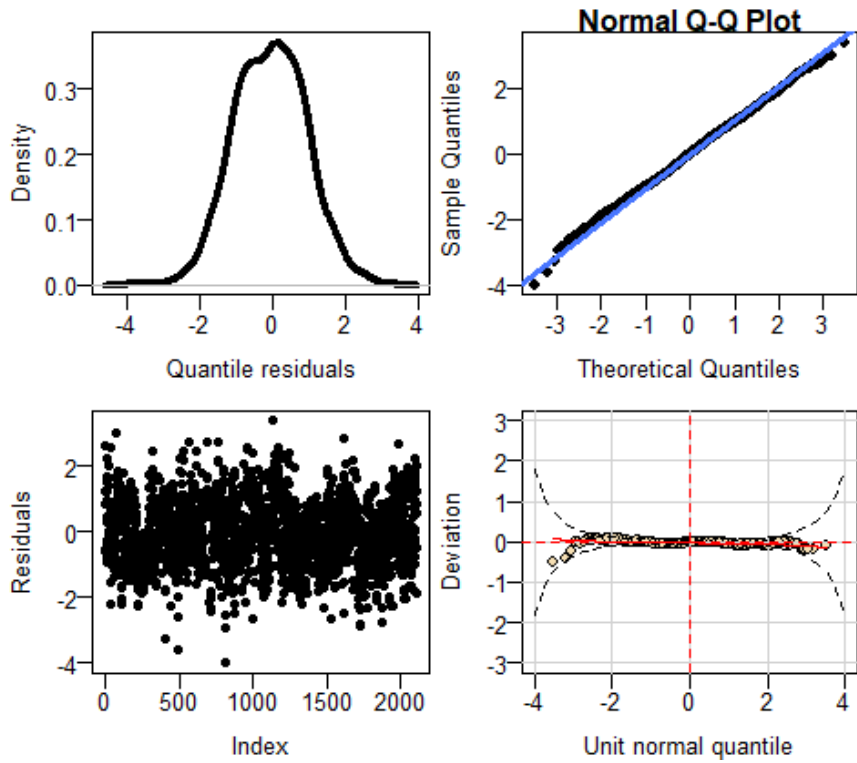
**APÊNDICE L** - Histograma com as densidades dos modelos ajustados na base de dados dos buffers de 400 metros.



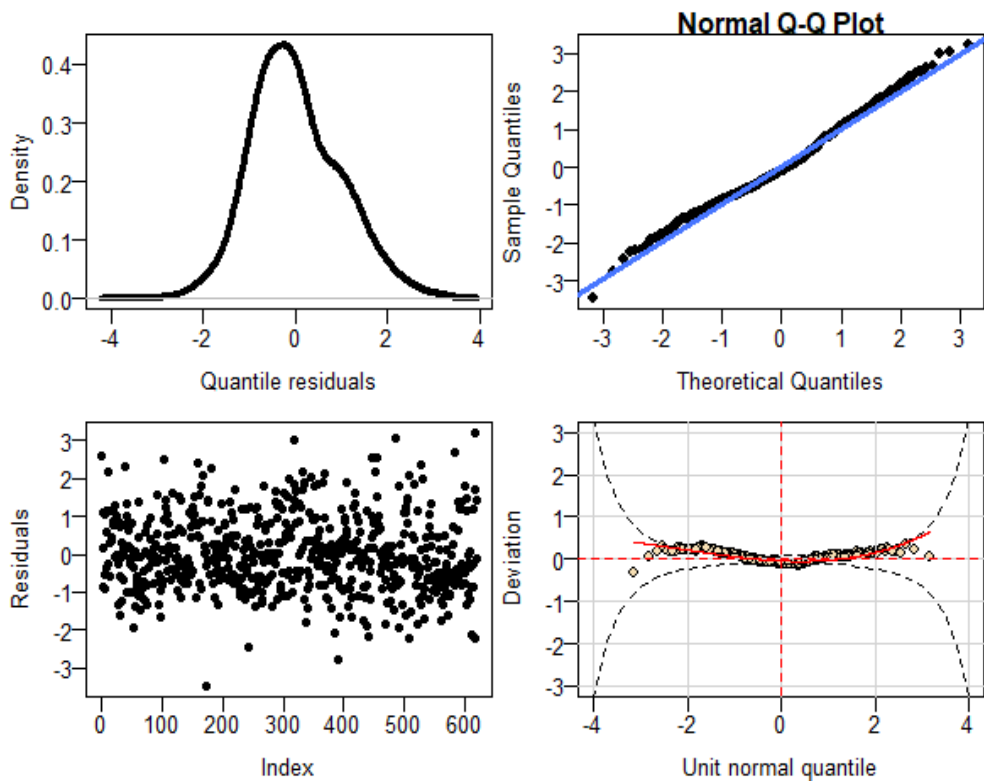
**APÊNDICE M** - Histograma com as densidades dos modelos ajustados na base de dados dos buffers de 600 metros.



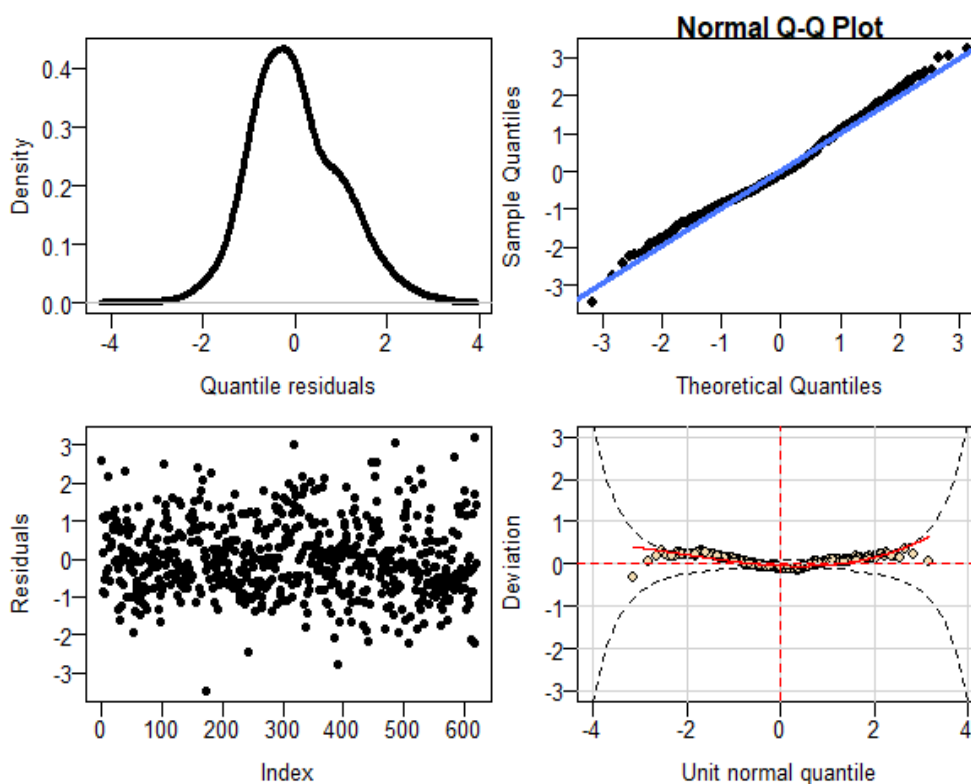
**APÊNDICE N** - Análise de resíduos do modelo final para a base de dados



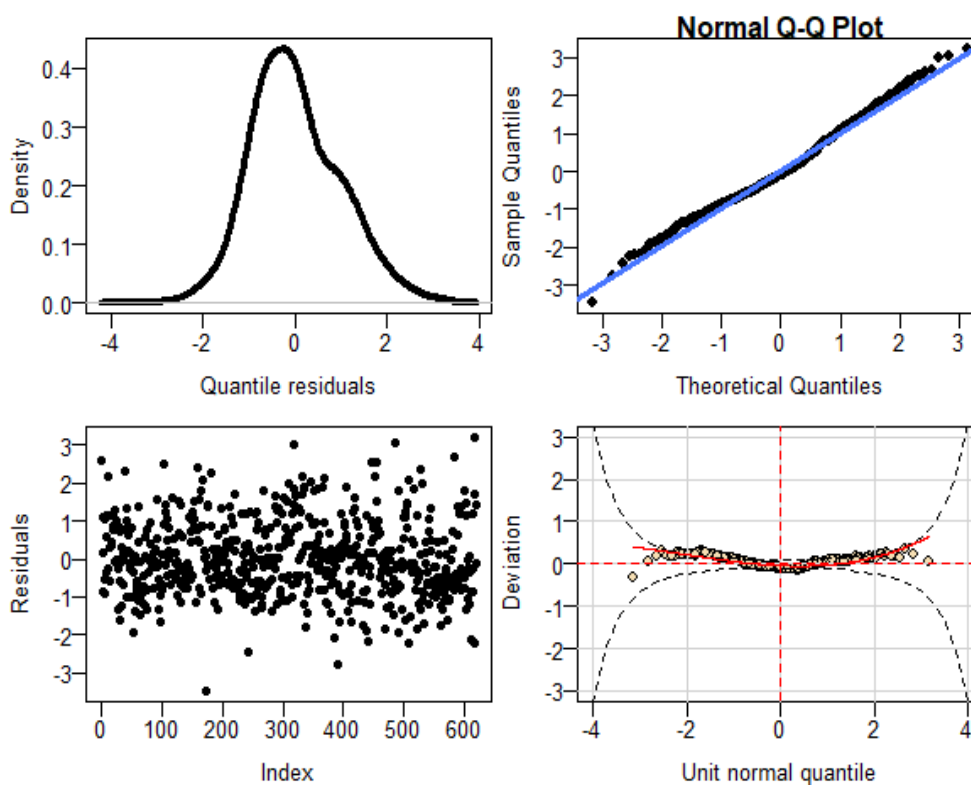
**APÊNDICE O** - Análise de resíduos do modelo final para base de dados dos buffers de 200 metros.



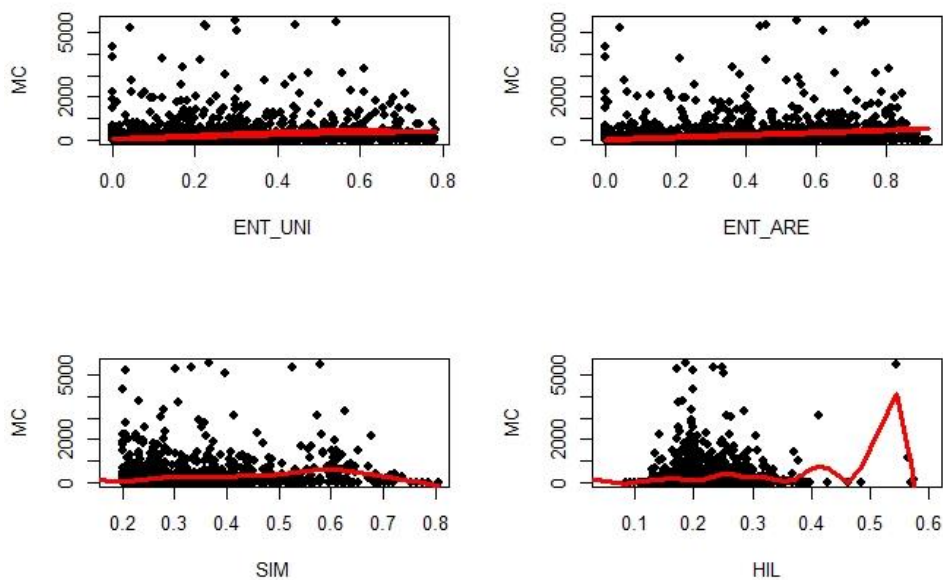
**APÊNDICE P** - Análise de resíduos do modelo final para base de dados dos buffers de 400 metros.



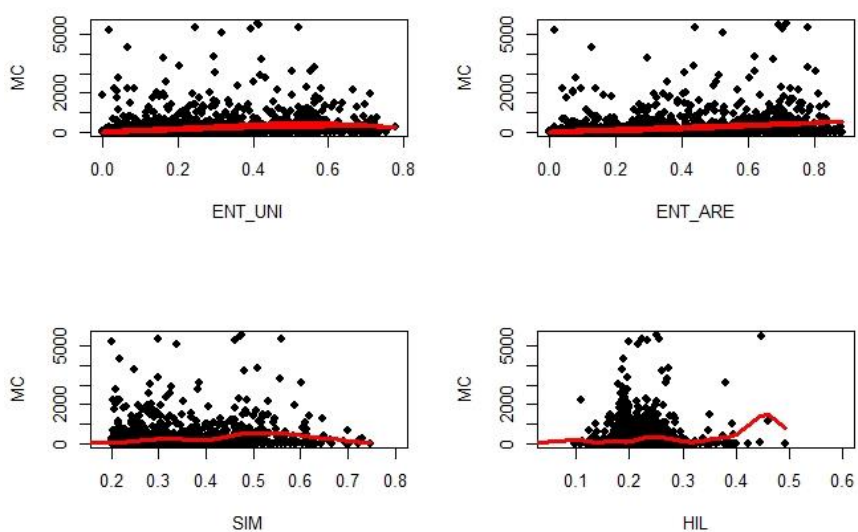
**APÊNDICE Q** - Análise de resíduos do modelo final para base de dados dos buffers de 600 metros.



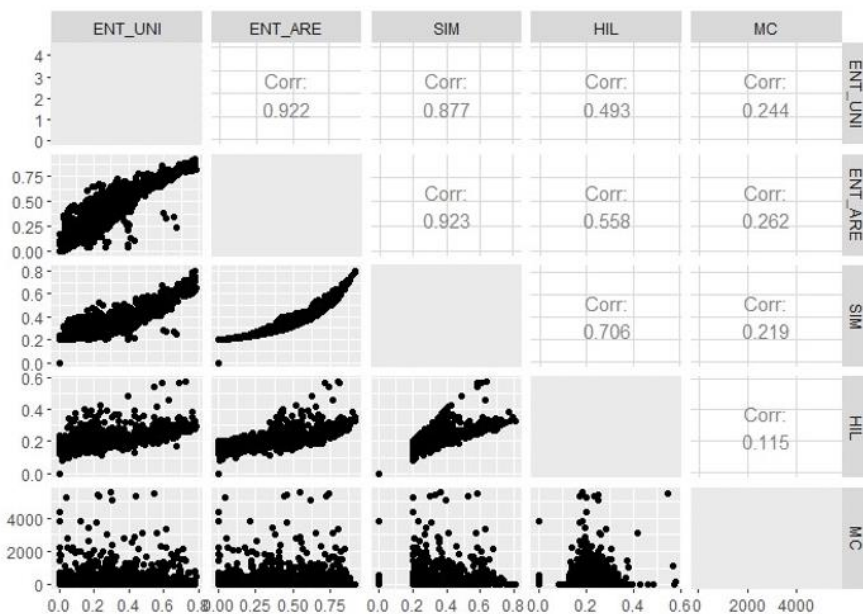
**APÊNDICE R** - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos buffers de 400.



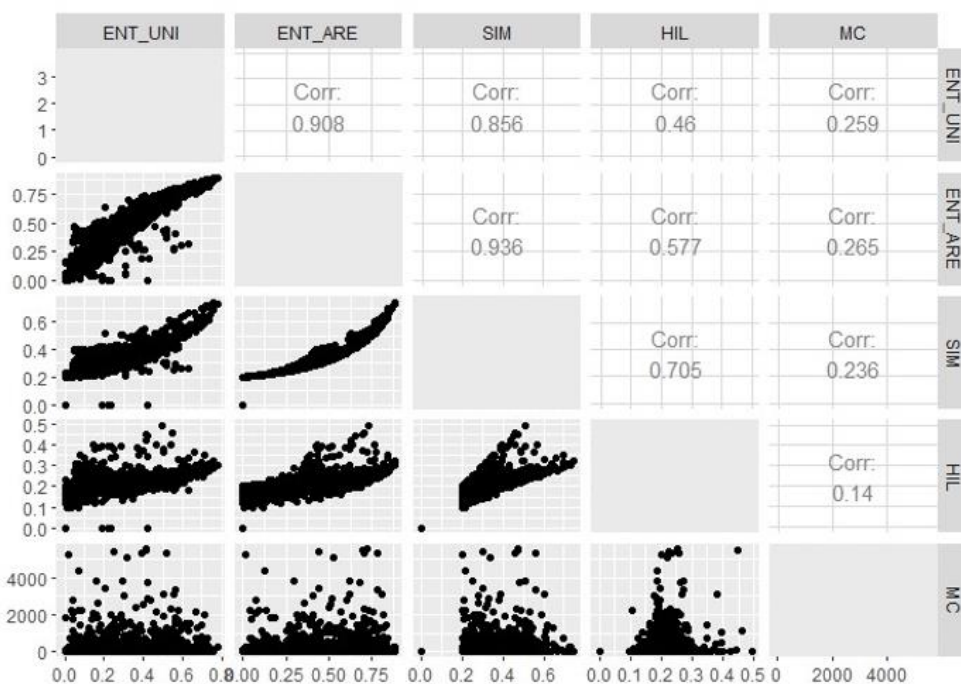
**APÊNDICE S** - Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo, com os respectivos modelos ajustados (vermelho), nos buffers de 600.



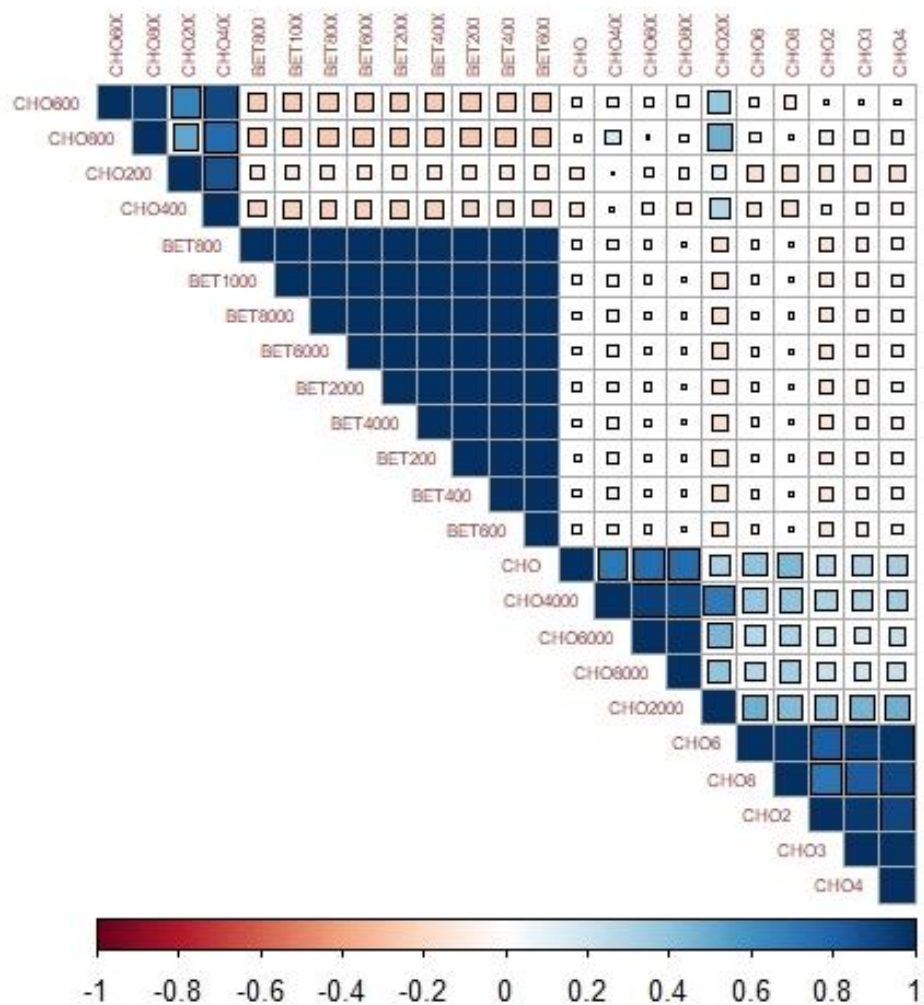
**APÊNDICE T** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos buffers de 400.



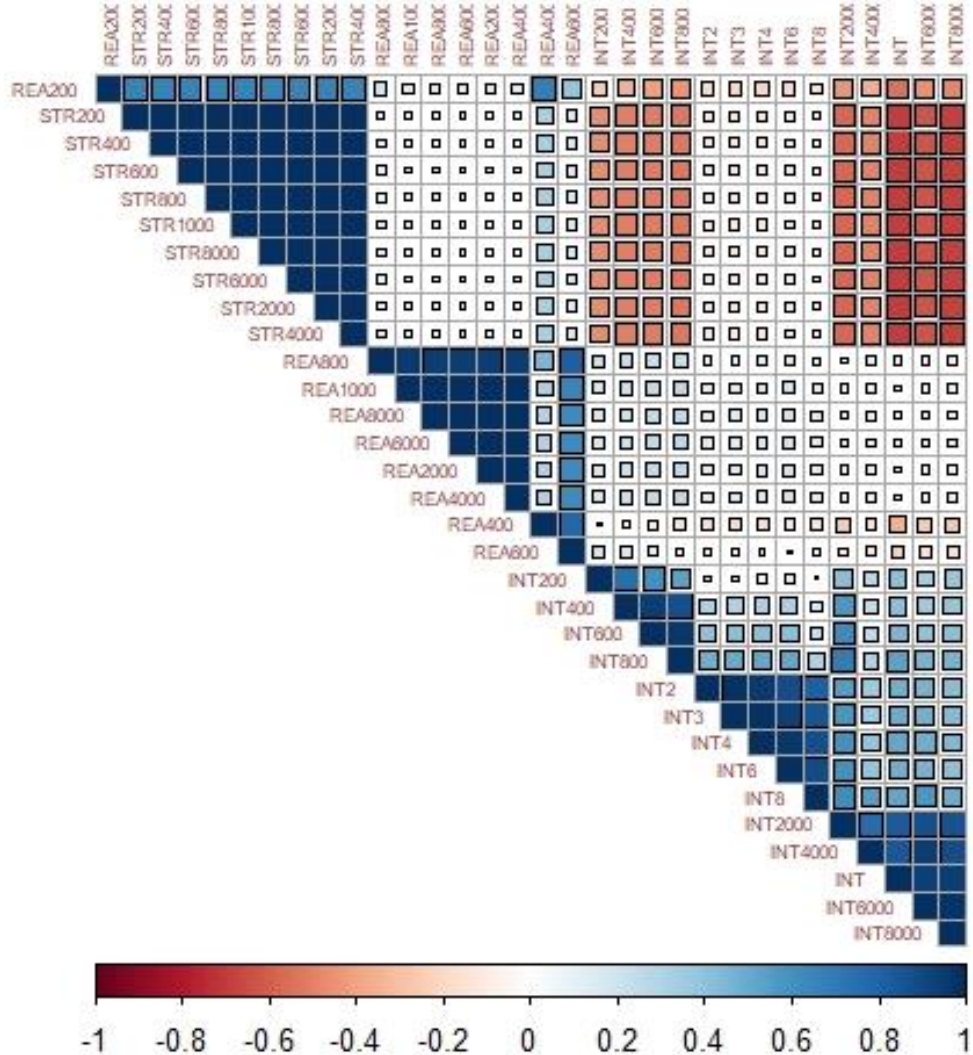
**APÊNDICE U** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas às medidas de Equilíbrio do uso misto do solo nos buffers de 600.



**APÊNDICE V** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Interposição na base de dados dos segmentos mais carregados.



**APÊNDICE W** - Gráfico de correlações para as variáveis relativas aos modelos de centralidade por Acessibilidade na base de dados dos segmentos mais carregados.







2. CÓDIGO DO QUESTIONÁRIO:

<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 6 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>12 15</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	
<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 6 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>12 15</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	
<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 3 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>06 45</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	
<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 9 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>18 20</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	
<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 9 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>22 00</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	
<p>Em que lugar estava quando saiu ontem pela 1ª vez? E depois de onde saiu?</p> <p>ORIGEM</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COBA</p>		<p>Saiu para onde?</p> <p>DESTINO</p> <p>Endereço Bairro Cidade Referência</p> <p>COXA</p>		<p>Por que motivo saiu do endereço 1 para ir ao endereço 2?</p> <p>MOTIVO</p> <p>De Para</p> <p>1 Trabalho/Indústria 1</p> <p>2 Trabalho/Comércio 2</p> <p>3 Trabalho/Serviços 3</p> <p>4 Escola/Educação 4</p> <p>5 Compras 5</p> <p>6 Médico/Dentista/Saúde 6</p> <p>7 Recreação/Visitas 7</p> <p>8 Residência 8</p> <p>9 Outros 9</p> <p>45 9 46</p>		<p>Quais condições utilizou para chegar no endereço?</p> <p>MODO</p> <p>ÔNIBUS 1</p> <p>ÔNIBUS FRETADO 2</p> <p>ÔNIBUS ESCOLAR 3</p> <p>VAN 4</p> <p>MOTO 5</p> <p>DIRIGINDO AUTOMÓVEL 6</p> <p>PASSAGEIRO DE AUTO 7</p> <p>TÁXI 8</p> <p>BICICLETA 9</p> <p>A PÉ 10</p> <p>OUTROS 11</p> <p>TÁXI POPULAR 12</p> <p>48 9 49</p>		<p>Se a viagem FOI a pé, porquê?</p> <p>A PÉ</p> <p>1. TRANSPORTE PÚBLICO DEFICIENTE/RUMICARO</p> <p>2. PEQUENA DISTÂNCIA</p> <p>3. OUTROS MOTIVOS</p> <p>50</p> <p>Se a viagem NÃO foi a pé, porquê?</p> <p>1. DISTÂNCIA EXCESSIVA</p> <p>2. INSEGURANÇA</p> <p>3. PERIGO ATROPELAMENTO</p> <p>4. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</p> <p>5. TOPOGRAFIA/SUBIDAS</p> <p>6. OUTROS MOTIVOS</p> <p>51</p>		<p>A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>HORA SAÍDA</p> <p>19 00</p> <p>52 53</p>		<p>Quanto tempo levou andando?</p> <p>Do endereço de origem até a 1ª condução</p> <p>56</p>	