



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



FERNANDO DE SOUZA ANTUNES

**Distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis-RJ à luz da
análise de redes espaciais**

Rio de Janeiro
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Fernando de Souza Antunes

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de doutor em Geografia.

Orientador: Manoel do Couto Fernandes

Coorientador: Fahui Wang

Rio de Janeiro
2025

CIP - Catalogação na Publicação

A636i Antunes, Fernando de Souza
Investigação da distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis-RJ à luz da análise de redes espaciais / Fernando de Souza Antunes. -- Rio de Janeiro, 2025.
196 f.

Orientador: Manoel do Couto Fernandes.
Coorientador: Fahui Wang.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2025.

1. Análise locacional. 2. Redes espaciais. 3. Multiple Centrality Assessment. 4. Associação espacial. 5. Comércio varejista e serviços. I. Fernandes, Manoel do Couto, orient. II. Wang, Fahui, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Fernando de Souza Antunes

Investigação da distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis-RJ à luz da análise de redes espaciais

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2025.

Prof. Dr. Manoel do Couto Fernandes (orientador)
Departamento de Geografia, UFRJ

Prof. Dr. Fahui Wang (co-orientador)
Departamento de Geografia, UFRJ

Prof. Dr. Paulo Márcio Leal de Menezes
Departamento de Geografia, UFRJ

Prof. Dr. William Ribeiro da Silva
Departamento de Geografia, UFRJ

Prof. Dr. Paulo Roberto Alves dos Santos
Departamento de Análise Geoambiental, UFF

Prof. Dr. Phillippe Valente Cardoso
Departamento de Geografia, UERJ-FFP

À minha família, com todo o carinho do mundo:
Liz (*in memoriam*), Lenita, Lia, Evana (*in
memoriam*), Evanir Filho, Emanoela, Carolina,
Evanir e Lais. Somos muitos e estamos sempre
perto.

AGRADECIMENTOS

Escrever os agradecimentos é uma das partes mais prazerosas de fazer um trabalho acadêmico. Penso que isso ocorre porque temos sempre o que e a quem agradecer. Acredito que a pessoa que passar os olhos aqui certamente já deve ter lido ou ouvido que não se constrói uma tese sozinho. E, apesar de clichê, é a mais pura verdade. Afinal foram muitos anos, debates, embates e muito apoio acadêmico e familiar nesse processo todo. Nesse sentido, gostaria de expressar alguns agradecimentos, que certamente não encerram todas as pessoas que contribuíram para que esta pesquisa chegasse ao final.

Agradeço ao meu orientador/guru Manoel do Couto Fernandes, por todo empenho e confiança depositados neste pesquisador em formação desde 2009. Obrigado por estar sempre disponível e abraçar meus caminhos, muitas vezes tortuosos, na pesquisa acadêmica. Para além do apoio nos percalços acadêmicos, agradeço pelas conversas e suporte nas dificuldades da vida cotidiana. Como sempre falo, ter um orientador como o professor Manoel me permitiu chegar ao fim do doutorado com a mente sã.

Agradeço ao professor Fahui Wang que, desde o primeiro contato via *e-mail*, se mostrou totalmente disponível e muito receptivo na *Louisiana State University* durante meu período de doutorado-sanduíche. As orientações do professor Wang foram decisivas para que eu desse andamento à temática desta tese. Estendo à *Louisiana State University* meu agradecimento por esse período.

Agradeço ao professor Paulo Menezes, não só por ter aceitado prontamente a avaliação deste trabalho, mas por ter acompanhado de perto minha formação acadêmica e profissional ao longo desses quinze anos. Foram muitos os cafés que compartilhamos na copa ou em sua mesa, onde aprendi muito mais sobre cartografia e geoinformação que qualquer livro poderia me ensinar. Sorte a minha ministrar aulas das mesmas disciplinas que ele o fez ao longo de três décadas de dedicação ao Departamento de Geografia da UFRJ.

Agradeço ao professor Paulo Alves por estar entre os membros da banca. Mais ainda: agradeço por ter me apresentado nosso “escritório”, onde conversávamos uma série de assuntos de grande importância na minha corrida profissional e, sobretudo, pessoal. Foi um privilégio para mim, à época um geógrafo em formação, ter contato com um engenheiro cartógrafo do IBGE. Foram inúmeros aprendizados que levo atualmente para as salas de aula do Departamento de Geografia da UFRJ.

Agradeço aos professores William Ribeiro e Phillip Valente por aceitarem ler e avaliar esta tese. O professor William fez parte de toda a minha formação. Da graduação ao doutorado, ministrou disciplinas muito importantes que, sem sombra de dúvidas, me estimularam a seguir olhando para as cidades sob a lente dos mapas. O professor Phillip Valente também acompanhou de perto a minha formação acadêmico-profissional, quando, ao longo desses muitos anos, pudemos dividir nossas impressões sobre o mundo do trabalho e da pesquisa relacionada à geoinformação.

Agradeço aos professores e técnicos do Programa de Pós-graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFRJ, onde fiz toda a minha formação acadêmica e profissional. Obrigado pela base que permitiu com que eu terminasse minha tese, sempre na minha eterna tentativa de não ser especializado demais. Estendo meus agradecimentos aos técnicos da Biblioteca do PPGG, sempre tão receptivos e prestativos, cuidando tão bem daquele importante acervo.

Agradeço aos meus amigos, Kairo, Bruno, Juliana, Paulo Victor, Caiett e Alexandre por todos esses anos oferecendo seus ombros e ouvidos para as dificuldades encontradas no caminho. Mas, sobretudo, agradeço pelas amenidades que aproveitamos ao longo desses tantos anos. Agradeço a todos os colegas do Laboratório de Cartografia (GeoCart), onde me sinto em casa, por todo o apoio, risadas e bagagem teórica e operacional que trocamos ao longo dos anos.

Agradeço à CAPES pela bolsa de doutorado e doutorado-sanduíche: "O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001". Agradeço ao CNPq pelo financiamento do meu doutorado no PPGG/UFRJ.

Agradeço à Gabrielle por ter segurado as pontas nesses anos de tese, sobretudo no meu período de doutorado-sanduíche em tempos de pandemia, quando tivemos de ficar ainda mais distantes. Em muitos momentos Gabrielle foi o alento que me permitiu respirar para seguir em frente na pesquisa.

Agradeço, finalmente, às minhas irmãs e ao meu irmão, aos quais dediquei este trabalho. Agradeço à minha irmã Lia por todo incentivo e suporte ao longo desses anos de pós-graduação. Agradeço ao meu pai, Evanir, pelo apoio. Em especial, agradeço à minha mãe, Lais, por toda a sua incansável dedicação às filhas e aos filhos. Com todas as dificuldades que se apresentam, ela nunca deixa de se interessar e perguntar sobre meu doutoramento. A todas e todos, mencionados ou não, meu muito obrigado!

RESUMO

ANTUNES, Fernando de Souza. **Investigação da distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis-RJ à luz da análise de redes espaciais.** Rio de Janeiro, 2025. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Esta tese de doutorado aborda a distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis (RJ) sob uma perspectiva inovadora, utilizando análises de redes espaciais para compreender as dinâmicas locacionais em um território marcado por características geográficas e históricas singulares. Baseando-se no arcabouço teórico-metodológico da *Multiple Centrality Assessment (MCA)*, a pesquisa avalia índices de acessibilidade como *closeness*, *betweenness*, *straightness* e *gravity*, com o objetivo de identificar como a configuração da rede viária influencia a localização de atividades econômicas e sua possível interação com o mercado consumidor. A tese demonstra que a disposição das firmas não ocorre de forma aleatória, mas responde a fatores como a acessibilidade das ruas, características topográficas e interação entre diferentes tipos de atividades econômicas. Utilizando dados cadastrais de empresas e modelos espaciais operados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o estudo realiza uma análise detalhada da rede viária da cidade, correlacionando-a com a distribuição de comércios e serviços. A pesquisa também examina a associação espacial entre vinte setores de atividades econômicas, destacando como a interação entre setores pode gerar tanto aglomerações quanto isolamento espacial. A tese combina ferramentas de geotecnologias, estatística e abordagens teóricas, resultando em uma análise que vai além dos métodos tradicionais de análise locacional. A pesquisa enfatiza a importante compreensão do espaço urbano como uma rede complexa, onde ruas, quarteirões e pontos específicos interagem para moldar padrões de ocupação e uso do solo. As descobertas destacam a necessidade de políticas públicas que promovam o desenvolvimento equilibrado do comércio e dos serviços, considerando não apenas a acessibilidade, mas também a interação entre setores e as demandas do mercado local. A tese contribui significativamente para a ciência geográfica, ampliando as possibilidades de aplicação do MCA em contextos urbanos e reafirmando a relevância da análise locacional para o planejamento de cidades.

Palavras-chave: Análise locacional; redes espaciais; *Multiple Centrality Assessment*; associação espacial; comércio varejista e serviços.

ABSTRACT

ANTUNES, Fernando de Souza. **Investigação da distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis-RJ à luz da análise de redes espaciais.** Rio de Janeiro, 2025. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

This doctoral thesis addresses the spatial distribution of retail trade and services in Petrópolis (RJ) from an innovative perspective, utilizing spatial network analysis to understand locational dynamics in a territory marked by unique geographical and historical characteristics. Based on the Multiple Centrality Assessment (MCA) framework, the research evaluates accessibility indices such as closeness, betweenness, straightness, and gravity, with the aim of identifying how the configuration of the street network influences the location of economic activities and their potential interaction with the customers. The thesis demonstrates that the distribution of firms is not random, but responds to factors such as street accessibility, topographical characteristics, and interaction between different types of economic activities. Using cadastral data from businesses and spatial models operated within Geographic Information Systems (GIS), the study provides a detailed analysis of the city's street network, correlating it with the distribution of retail and services. The research also examines the spatial association between economic activities, highlighting how interaction between sectors can generate both agglomerations and spatial isolation. The thesis combines GIS tools, statistics, and theoretical approaches, resulting in an analysis that goes beyond traditional locational analysis methods. The research emphasizes the importance of understanding urban space as a complex network, where streets, blocks, and specific points interact to shape patterns of land use. The findings highlight the need for public policies that promote balanced development of trade and services, considering not only accessibility but also the interaction between sectors and local market demands. The thesis makes a significant contribution to geographical science, expanding the possibilities for applying MCA in urban contexts and reaffirming the relevance of locational analysis for city planning.

Keywords: locational analysis; spatial networks; Multiple Centrality Assessment; Colocation; retail and services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área atual do município de Petrópolis: seus cinco distritos e a área da Planta Koeler - área gênese do município.....	17
Figura 2 – “Planta de Petropolis (1846)” (adaptado de Antunes e Fernandes, 2020)....	18
Figura 3 - Esquema de construção e aplicação de modelos de representação e análise espacial (Fernandes, 2009).....	29
Figura 4 - Exemplo de grafo contendo cinco nós e cinco arestas.....	30
Figura 5 - Exemplo de rede.....	32
Figura 6 – Representação de rede de caminhos mais curtos entre restaurantes selecionados.	33
Figura 7 - Representação de redes direcionadas e não-direcionadas.....	34
Figura 8 - Fluxograma da metodologia.....	55
Figura 9 - Diferenças entre as representações das vias urbanas pela base cartográfica 1:2000 da Prefeitura Municipal de Petrópolis (linhas vermelhas) e pela base do OpenStreetMap (linhas azuis).....	56
Figura 10 - Identificação de erros de interseções de linhas de percursos de ônibus (em verde, a rede de ruas; em vermelho, os itinerários das linhas de ônibus; em azul, a seleção de alguns dos itinerários).....	57
Figura 11 - Network Dataset utilizado nas análises da pesquisa.....	58
Figura 12 - Distribuição da rede de ruas e da rede formada por itinerários de linhas de ônibus em Petrópolis.....	60
Figura 13 - Dados cadastrais de CNPJ ativos em 2019 em Petrópolis.....	61
Figura 14 - Parte da hierarquia dos tipos de atividades econômicas estabelecidas pela CNAE.	62
Figura 15 – Distribuição geral das firmas em Petrópolis.....	63
Figura 16 - tela principal da ferramenta Urban Network Analysis (UNA).....	66
Figura 17 - Esquema de extração de valores de pixel para correlação entre índices de centralidade e de densidade de atividades (adaptado de Porta et al., 2009).....	68
Figura 18 - Valores normalizados do índice <i>closeness</i> de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.....	71
Figura 19- Valores normalizados do índice <i>straightness</i> de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparadas a uma linha reta.	72
Figura 20 - Valores normalizados do índice <i>betweenness</i> de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi percorrido por caminhos mais curtos entre outro par de nós.....	73
Figura 21 - Valores do índice <i>gravity</i> de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce.....	74
Figura 22 - Valores normalizados do índice <i>closeness</i> (com peso) de pontos de ônibus, representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.	75

Figura 23 - Valores normalizados do índice <i>straightness</i> (com peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparada a uma linha reta.	76
Figura 24 - Valores normalizados do índice <i>betweenness</i> (com peso) para pontos de ônibus, representados como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi acessado por caminhos mais curtos entre outro par de nós.....	77
Figura 25 – Valores do índice <i>gravity</i> (com peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce. 78	
Figura 26 - Valores normalizados do índice <i>closeness</i> (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.	79
Figura 27 - Valores normalizados do índice <i>straightness</i> (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparadas a uma linha reta.....	80
Figura 28 - Valores normalizados do índice <i>betweenness</i> (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi acessado por caminhos mais curtos entre outro par de nós.....	81
Figura 29 - Valores do índice <i>gravity</i> (sem peso) de pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce.	82
Figura 30 - Localização das principais vias da cidade de Petrópolis.	95
Figura 31 - Distribuição das mercearias em Petrópolis.....	96
Figura 32 - Distribuição das oficinas mecânicas em Petrópolis.....	99
Figura 33 - Distribuição dos supermercados em Petrópolis, com raios de distâncias (1000, 1500, 2800 e 5100 metros) em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).....	103
Figura 34 - Distribuição do varejo de automóveis em Petrópolis.	107
Figura 35 - Distribuição dos serviços de alimentação.	111
Figura 36 - Distribuição das padarias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	116
Figura 37 - Distribuição dos estabelecimentos educacionais em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).119	
Figura 38 - Disposição da rede de itinerários sobre a topografia de Petrópolis.	122
Figura 39 - Distribuição de açougueiros em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	125
Figura 40 - Distribuição de imobiliárias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	129
Figura 41 - Distribuição das farmácias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	133
Figura 42 - Distribuição do varejo de móveis e iluminação, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	136
Figura 43 - Distribuição dos serviços de saúde humana em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).139	
Figura 44 - Distribuição do varejo de eletrônicos em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	143
Figura 45 - Distribuição de serviços de alojamento em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).....	148

Figura 46 - Distribuição do varejo de tecidos, cama, mesa e banho em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	152
Figura 47 - Distribuição do varejo de tecidos, cama, mesa e banho e índice gravity para pontos de ônibus em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	155
Figura 48 - Distribuição de bancos e instituições financeiras em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	158
Figura 49 - Distribuição de serviços advocatícios em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	163
Figura 50 - Distribuição de salões de beleza em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	167
Figura 51 - Distribuição do varejo de calçados em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	172
Figura 52 - Distribuição do varejo de roupas e acessórios em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).	176

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de atividades econômicas e suas quantidades em Petrópolis-RJ.....	64
Tabela 2 - Coeficientes de Correlação de Pearson entre os tipos de atividades e os índices de acessibilidade de interseções de ruas e dos pontos de ônibus.	84
Tabela 3 - Coeficientes de Correlação de Pearson entre os tipos de atividades e o índice gravity das interseções de ruas e dos pontos de ônibus (PO).	85
Tabela 4 - Classificação do coeficiente da correlação de Pearson (adaptada de Lopes (2016)).	87
Tabela 5 – Resultados da análise de associação espacial global entre os tipos de atividades econômicas (valores em negrito têm nível de confiança maior ou igual a 95%; células hachuradas indicam a diagonal da matriz de GCLQ).....	88
Tabela 6 - Continuação dos resultados da análise de associação espacial global entre os tipos de atividades econômicas (valores em negrito têm nível de confiança maior ou igual a 95%; células hachuradas indicam a diagonal da matriz de GCLQ).....	89
Tabela 7 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial e Multiple Centrality Assessment	179
Tabela 8 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial das atividades com maior correlação com o índice closeness.....	180
Tabela 9 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial das atividades com maior correlação com o índice straightness.....	181

SUMÁRIO

1. Introdução	15
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivo geral	20
1.1.2 Objetivos específicos.....	20
1.2 Justificativa	20
2. Arcabouço teórico	22
2.1 Uma breve introdução sobre o espaço urbano	22
2.2 A Ciência da Informação Geográfica em análises de redes espaciais	27
2.2.1 Análise espacial de redes.....	30
2.2.1.1 Teoria dos grafos	30
2.2.1.2 Análise de redes sociais e Multiple Centrality Assessment	34
2.2.1.3 Análise de associação espacial – colocation.....	39
2.3 Teorias locacionais de varejo e de serviços	44
2.3.1 A aglomeração como escolha locacional	47
2.3.1.1 Configuração do ambiente construído como fator exógeno à aglomeração de firmas	48
2.3.1.2 Economia de tempo e no custo de transporte como fatores endógenos de aglomeração.....	50
2.3.1.3 Comparação entre produtos e condições de pagamento como fatores endógenos de aglomeração	51
3. Materiais e métodos.....	55
4. Resultados e discussões	70
4.1 Resultados e discussões gerais de MCA e de associação/isolamento espacial.....	90
4.2 Resultados e discussões das análises transversais entre firmas e índices de acessibilidade	93
4.2.1 Mercearias	94
4.2.2 Oficinas mecânicas.....	98
4.2.3 Supermercados	102
4.2.4 Varejo de automóveis/motocicletas	106
4.2.5 Serviços de alimentação	110
4.2.6 Padarias	114
4.2.7 Estabelecimentos educacionais	118
4.2.8 Açougue	124
4.2.9 Imobiliárias.....	128
4.2.10 Farmácias	131
4.2.11 Móveis e iluminação	135
4.2.12 Serviços de saúde humana	138
4.2.13 Varejo de eletrônicos.....	142
4.2.14 Serviços de alojamento.....	146
4.2.15 Varejo de tecidos	151

4.2.16 Bancos e instituições financeiras.....	156
4.2.17 Serviços advocatícios	161
4.2.18 Salões de beleza	165
4.2.19 Varejo de calçados	170
4.2.20 Varejo de roupas e acessórios	175
4.3 Síntese dos resultados	178
5. Considerações finais	184
Referências bibliográficas.....	191

1. Introdução

Estudos acerca da distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços, a partir de análises espaciais de redes, não são comuns no Brasil. Essa temática abordada em perspectiva espacial se torna ainda menos comum quando as áreas de estudo não são metrópoles. As atividades econômicas em questão neste estudo são as que apresentam maior clamor por informação sobre localizações de maior acessibilidade, já que permite que as firmas maximizem seus lucros, minimizando os custos, sobretudo em relação ao deslocamento de consumidores. Estudos sobre o entendimento de como o varejo e os serviços se distribuem em áreas centrais remontam à década de 1950, com trabalhos de Murphy e Vance (1954) e Murphy *et al.*, (1955) na delimitação do Distrito Central de Negócios (do termo em inglês, *Central Business District - CBD*). Há publicações ainda mais antigas acerca da configuração espacial do varejo em cidades estadunidenses fora do recorte espacial da área central, com destaque para Park (1915), Proudfoot (1937) e Hotelling (1929). No entanto, pesquisas que abordam tal distribuição na totalidade do território citadino são menos frequentes, sobretudo pela dificuldade no levantamento dos dados na escala da cidade.

Análises locacionais são importantes em estudos urbanos, sobretudo quando buscam entender a distribuição espacial de atividades econômicas, o mercado consumidor e as melhores localizações para instalação de novos negócios. Essa importância se destaca na possibilidade da investigação de determinados processos no espaço urbano, como a centralização, descentralização e recentralização de atividades econômicas (Silva, 2006). Nessa perspectiva, há alguns modelos que buscam entender o comportamento de comércio varejista e serviços, evidenciando áreas de influência de tais atividades, como o modelo de Huff (1963), que tem como objetivo estabelecer o ótimo locacional para a maximização de receitas. Esta pesquisa não tem o intuito de aplicar e analisar tais modelos, mas, sim, o de entender a escolha locacional do conjunto de firmas (comércio varejista e serviços) na cidade de Petrópolis (RJ).

O advento dos Sistemas de Informações Geográficas tornou a análise locacional de firmas do setor terciário mais assertiva, visto que avaliações quantitativas de padrões locacionais se tornaram inestimavelmente facilitados (Wang, 2014). Essa premissa também se aplica à análise de redes espaciais, que também faz parte desta pesquisa, visto que as observações de índices quantitativos de acessibilidade podem ser feitas de maneira automática.

Petrópolis, enquanto cidade polarizadora na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, tem importância histórica que vai além do seu objetivo inicial de construção. Além de cidade de cura e descanso, Petrópolis foi também uma cidade que atraiu indústrias de todos os portes (Magalhães, 1966; Antunes, 2017). Esse passado industrial vai ao encontro de sua colonização, por imigrantes alemães, em sua maioria, que tinham menor aptidão para a atividade agrícola – primeiro grande objetivo do plano de colonização. Na medida do possível, esses trabalhadores adaptavam seu trabalho agrícola com a produção de alimentos com algum tipo de transformação (compotas, laticínios, alimentos embutidos etc.) (Ambrozio, 2008; Silva, 2000).

Essa cidade foi a primeira planejada, sem fins militares, no período imperial brasileiro, estando inserida no bioma Mata Atlântica. Isso foi preponderante quando do seu planejamento, já que o arruamento, os lotes e as edificações foram planejados de modo a afetar o mínimo possível os rios e a vegetação (Rabaço, 1985). Ou seja, para Júlio Frederico Koeler, engenheiro-chefe do plano urbanístico de Petrópolis e autor da “*Planta de Petrópolis (1846)*”, também conhecida como Planta Koeler, a paisagem deveria ser um lugar também de preservação. O município de Petrópolis (figura 1) possui, segundo IBGE (2022), 278.881 habitantes, em uma área de 795,8 km² dividida em cinco distritos (1º distrito - Petrópolis – distrito sede; 2º distrito - Cascatinha; 3º distrito - Itaipava; 4º distrito - Pedro do Rio e 5º distrito - Posse).

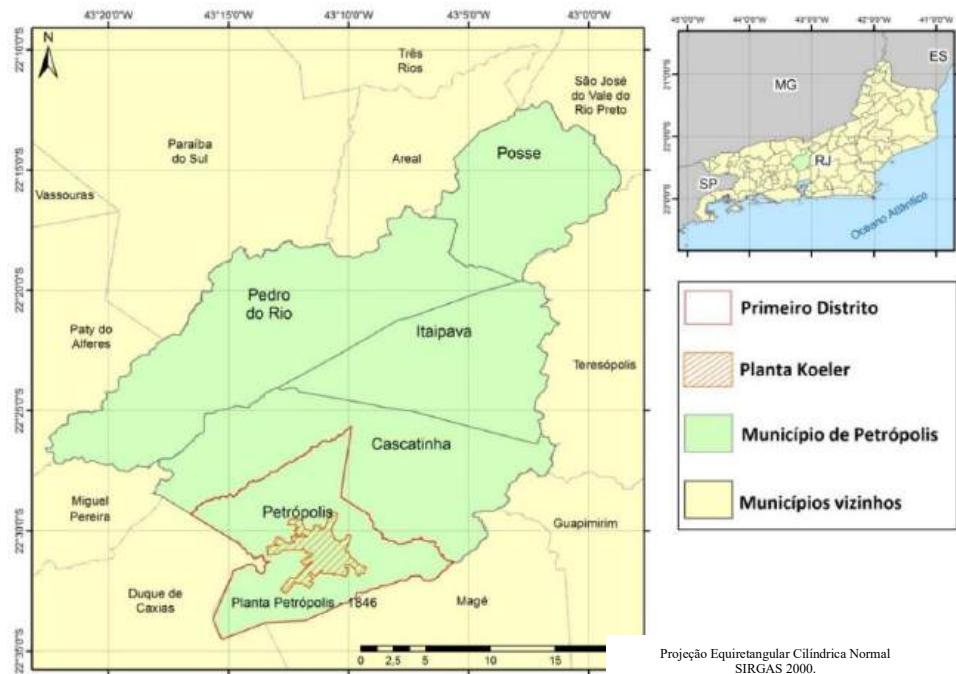


Figura 1 – Área atual do município de Petrópolis: seus cinco distritos e a área da Planta Koeler - área gênese do município.

Em meio à Mata Atlântica, Petrópolis é a principal cidade da Região Serrana do Rio de Janeiro. Ela também carrega um importante potencial turístico ligado não somente à natureza, como por seu cunho histórico. Em 1981, por meio de decreto, o então Presidente da República assegurou a Petrópolis o título de Cidade Imperial, o que fez elevar, frente à comunidade turística, o *status* da cidade (Souza, 2014).

As investigações da estrutura urbana através da análise da rede de ruas têm importância aumentada quando aplicada a Petrópolis, dada sua história de construção e desenvolvimento. Silva (2000) atenta para o fato de a cidade ter sido construída sob desenho tentacular, uma vez que o arruamento segue margeando os cursos fluviais. Esse padrão de desenho urbano pode ser visto nas formas evidenciadas na “*Planta de Petropolis (1846)*”, mapa que representa a área gênese de Petrópolis, na figura 2. Ou seja, a área edificada de Petrópolis fica totalmente encaixada entre seu relevo acidentado, não havendo espaço para grandes espraiamentos da malha urbana. Nesse sentido, a disposição das firmas no espaço pode responder muito mais à configuração das ruas da cidade do que áreas predefinidas (bairros). É nessa perspectiva que esta pesquisa atrela seus objetivos de investigação, apresentados na próxima seção. Tais objetivos devem responder a questionamentos como:

- É possível identificar alguma relação entre as escolhas locacionais de comércio varejista e de serviços com o grau de acessibilidade referente à rede de ruas?
- A configuração da rede de ruas revela maiores vantagens locacionais para determinados tipos de comércio e serviços ou essas atividades buscam aglomeração/isolamento espacial baseados nos tipos de atividade econômica das firmas vizinhas?
- A geomorfologia de Petrópolis influencia na relação entre a rede de ruas e os índices de acessibilidade?



Figura 2 – “Planta de Petropolis (1846)” (adaptado de Antunes e Fernandes, 2020).

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro esta introdução, com exposição de questionamentos e objetivos referentes à pesquisa e, por fim, a justificativa acerca do tema, da área de estudo e dos métodos de investigação utilizados.

O segundo capítulo traz o arcabouço teórico que fundamenta tanto a escolha dos métodos quanto a análise dos resultados. Nesse capítulo, são revisadas teorias relacionadas à análise locacional dos serviços e, sobretudo, do comércio varejista, além dos conceitos dos índices de acessibilidade e coeficientes associação/isolamento espacial, que são utilizados como componente operacional. O terceiro capítulo refere-se aos materiais e métodos utilizados na pesquisa, que garantem operacionalização dos dados e transparência sobre como os resultados foram adquiridos.

O quarto capítulo se materializa na apresentação dos resultados e nas discussões da pesquisa. Está dividido em três seções: a primeira traz um panorama geral dos resultados; a segunda traz a análise dos resultados para cada um dos tipos de atividades; a terceira traz uma síntese dos resultados derivados das análises espaciais referentes à distribuição geográfica dos tipos de atividades econômicas por *Multiple Centrality Assessment (MCA)* e por associação/isolamento espacial. O quinto capítulo traz as considerações finais da pesquisa.

1.1 Objetivos

A introdução deste estudo contextualiza os primeiros aspectos da pesquisa que se pretende empreender. Buscou-se oferecer não só uma breve exposição (i) sobre importantes autores e trabalhos que se dedicaram a alavancar a análise locacional na geografia, como também (ii) sobre a cidade de Petrópolis, de onde se obtém os dados para esta pesquisa. Frente ao enunciado anteriormente, questionamentos referentes aos dois aspectos surgiram e, a partir deles, foram elaborados os objetivos necessários para respondê-los.

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis, a partir de análises espaciais da rede formada pelas ruas que compõem os itinerários dos ônibus da cidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os tipos de atividades comerciais e de serviços, atuantes em Petrópolis;
- Desenvolver procedimento metodológico de aplicação da *Multiple Centrality Assessment* para análise locacional;
- Analisar as configurações espaciais dos diferentes tipos de atividades e a relação entre eles e índices de acessibilidade;
- Analisar associação e isolamento espaciais entre os tipos de atividades.

1.2 Justificativa

A busca pelo entendimento da estrutura intra e interurbana não é nova e tem movimento constante ao longo do tempo. Isso se dá pelo fato de que as cidades de todos os tamanhos e densidades mantém, de maneira constante, processos que atuam sobre sua superfície e seus habitantes. Tais processos têm origens diversas, mas quase sempre resultam em alguma modificação no espaço urbano.

A forma urbana, também entendida por Santos (1985) como configuração (ou padrão) espacial, tem aspectos diferentes em diversos momentos do tempo. A configuração espacial de um recorte espaço-temporal obedece às interferências da estrutura social corrente e anterior. Dessa maneira, elas vão determinar a intensidade da dinâmica da configuração espacial do recorte. Nessa linha, Silva (2014) lembra que há múltiplas possibilidades de entendimento quando se trata de espaços comerciais e de consumo, uma vez que as formas comerciais admitem a reprodução de relações produzidas em determinados recortes temporais, pois novos padrões de consumo, novas sociabilidades, novas formas de se viver e de se estruturar socialmente impõem-se.

A partir dos objetivos apontados e à luz da história do desenvolvimento de Petrópolis, defende-se que a busca pelo entendimento sobre a estrutura das atividades do setor terciário se faz premente. Como lembram Ambrozio (2008) e Antunes (2017), a indústria, que foi atividade econômica de grande destaque até a década de 1970 em Petrópolis, sofreu grandes perdas, com empresas de médio e grande porte transferindo-se, em sua maioria, para o estado de São Paulo. Foi justamente nessa década, quando o número de habitantes da cidade apresentava o maior incremento, que houve as mais impactantes intervenções no espaço da cidade. Tais intervenções, em grande parte, se deram com o início da ocupação dos morros e encostas e intensificação na construção de edifícios multifamiliares (Ambrozio, 2008).

Os métodos de análise espacial que têm como base representações cartográficas variadas ainda utilizam a distância euclidiana como principal propriedade. Essa propriedade não leva em conta as inúmeras formas presentes no espaço urbano, bem como o fato de que os fluxos na cidade se dão em redes (Fonseca e Oliva, 2013): rede de ruas, de metrô, de trem, de ônibus, de calçadas, de passarelas, de mergulhões e outras formas urbanas que contêm o movimento da cidade. Análises a partir de distância euclidiana não permitem entender os melhores caminhos entre uma origem e um destino. A avaliação dos melhores caminhos pode se dar por inúmeras motivações, dentre elas: serem acessados mais vezes; apresentarem menos desvios; estarem mais próximos de todos os outros; e exercerem maior atração de fluxos devido a outros benefícios.

O atual nível de incremento na disponibilidade de dados urbanos faz com que novos métodos de análise sejam criados. O levantamento *in loco* das firmas e seus tipos de negócios, ainda que muito importante, é oneroso tanto em termos financeiros quanto de tempo. O mesmo pode ser mencionado sobre as medições de distâncias em rede entre as localizações e todos os cálculos que se fazem necessários *a posteriori*. Essa alta demanda fez com que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ganhassem espaço nas análises espaciais. Finalmente, são também nessas bases que esse trabalho se apoia: na possibilidade de se trabalhar com uma grande massa de dados pontuais, originada da conversão de endereços em coordenadas geográficas e a utilização de extensa rede de ruas e medições de distâncias, além de outros cálculos.

2. Arcabouço teórico

2.1 Uma breve introdução sobre o espaço urbano

Para esta pesquisa, a partir dos objetivos propostos, o espaço da cidade tem fundamental importância, pois é nele que se desdobraram todas as análises e suas inerentes reflexões. No âmbito da Geografia, análises do e no espaço urbano se fazem considerando a organização espacial, no entendimento das formas, funções, estruturas e processos (Santos, 1985; Corrêa, 1986).

Corrêa (1989) salienta que o espaço da cidade é uma justaposição de usos do solo. Essa justaposição pode levar a concentrações e estas, por sua vez, podem, ao longo do tempo, dividir o espaço urbano em fragmentos, que serão articulados por fluxos de diversas naturezas. Os fluxos podem ser de pessoas, que vão à outra parte da cidade trabalhar, visitar, procurar lazer. Podem ser também fluxos de mercadorias, que são produzidas em um local e vendidas em outro, bem como de todo fluxo material que circula na cidade. Além disso, existem também os fluxos imateriais, que se configuram no espaço, como a circulação de decisões de investimentos de capital, salários, práticas do poder etc. Todos esses fluxos fazem parte de uma rede complexa, geográfica por natureza, que liga diferentes localizações, dando vida e movimento ao urbano.

A diversidade de ações que os agentes desenvolvem no espaço urbano resulta em sua constante reorganização espacial, entendida por alguns autores como produção do espaço urbano (Villaça, 1998). Esse processo pode se dar de diversas maneiras, tais como: densificação do uso do solo; ocupação de áreas impróprias para moradia; deterioração de certas áreas, renovação de outras; emprego diferenciado de infraestrutura; polaridades diferenciadas (centralidades funcionais); entre outros.

Na tentativa de analisar os diferentes espaços, Santos (1985) propõe um método para a geografia. Este método é a análise da organização espacial e é, atualmente, base epistemológica da ciência geográfica. Nesse sentido, a análise da organização/distribuição espacial tem caráter essencial nos estudos geográficos. Os trabalhos de Santos (1985) e Corrêa (1986) têm destaque nessa perspectiva, sobretudo porque suas ideias são as que melhor se encaixam nas análises do espaço urbano de Petrópolis. Esse destaque se dá porque esse método tem por princípio o entendimento da dinâmica espacial na cidade. Tal dinâmica espacial tem por base a análise das

transformações no espaço, sob o ponto de vista também dos padrões locacionais das atividades econômicas, que alimentam os mais diversos fluxos.

Com o desenvolvimento do espaço urbano no último século, os centros tradicionais elevaram fortemente o papel das atividades de comando das companhias. Ainda que a sobreposição de áreas onde os usos relacionados a essas atividades de comando e ao varejo e serviços não seja grande em cidades maiores, em Petrópolis, houve incremento dessas segundas atividades. Uma vez que a predominância na função dessas áreas tenha se voltado ao trabalho, o valor da terra foi se tornando cada vez maior, repelindo a função residencial. Em Petrópolis, as edificações dessas áreas tiveram sua função original alterada, já que ficou cada vez mais difícil manter uma residência de alto padrão no que hoje denomina-se Centro Histórico. Como consequência desse processo, houve alteração da função de muitas casas da elite petropolitana do Império brasileiro, edificadas junto com a ocupação inicial da cidade. O que antes servia à função residencial e/ou veraneio, deu espaço a clínicas médicas/odontológicas, instituições financeiras, escolas, dentre outras funções comumente encontradas em áreas centrais (Ambrozio, 2008; Antunes, 2017).

O estudo de atividades econômicas não pode passar ao largo do desenvolvimento de centros secundários, também conhecidos como subcentros (Villaça, 1998), que têm origem no processo de descentralização da área central (Corrêa, 1989). Esse processo tem motivação variada, mas ocorre, sobretudo, pela fuga das empresas das deseconomias engendradas pela aglomeração excessiva de firmas na região do centro tradicional. Essas deseconomias geram o que Colby (1933) chama de forças centrífugas, que podem ser entendidas como uma tendência à fuga de firmas da área central, ocasionada principalmente pelos seguintes fatores: i) aumento do preço da terra; ii) congestionamentos e problemas de mobilidade no centro; iii) baixa disponibilidade de terras para expansão dos negócios; iv) alterações na legislação e zoneamento urbano (Colby, 1933).

França e Soares (2007) lembram que também ocorre o processo de descentralização do centro tradicional em cidades médias, apontando novas expressões de centralidades. Essas novas expressões podem ser subcentros de comércio e serviços, supermercados, vias especializadas e *shopping-centers*. As autoras também afirmam que essas formas comerciais resultam do aumento populacional nas cidades, bem como a expansão dessa população no território. Essas novas características impõem uma resolução à necessidade de consumo dos

que residem em áreas distantes do centro principal, além da lógica de reprodução e maximização dos lucros do setor privado (França e Soares, 2007).

Ponto importante sobre os subcentros é que eles não têm o papel de substituir o centro principal, mas de complementá-lo no que diz respeito às atividades comerciais e de serviços. Essa complementariedade pode expressar-se na abertura de filiais de lojas presentes nos centros principais, bem como serviços com algum nível de especialização, tais como consultórios, escritórios de advocacia, restaurantes, bares. Nesse sentido, Villaça (1998) entende que:

O subcentro consiste, portanto, numa réplica em tamanho menor do centro principal, com o qual concorre em parte sem, entretanto, a ele se igualar. Atende aos mesmos requisitos de otimização de acesso apresentados anteriormente para o centro principal. A diferença é que o subcentro apresenta tais requisitos apenas para uma parte da cidade, e o centro principal cumpre-os para toda a cidade. (Villaça, 1998, p. 293).

A instalação das firmas nos subcentros obedece a um determinado padrão. Isso quer dizer que as firmas que saem do centro principal não se instalam em qualquer localidade, mas, sim, em localizações específicas, que atendem à demanda por: i) disponibilidade de terras com baixo preço e incentivos fiscais; ii) infraestrutura já disponível, geralmente implantada pelo Estado; iii) farta disponibilidade de transportes, que viabilizará a locomoção de mercado consumidor até o local; iv) qualidades do espaço, como topografia e drenagem, isso porque em algumas cidades como Petrópolis os problemas de enchentes levam prejuízos às firmas; v) flexibilização no controle do uso da terra; vi) amenidades locais que atraiam o consumidor (Corrêa, 1989).

Nas metrópoles, o surgimento de subcentros foi possível, sobretudo, com o desenvolvimento do transporte rodoviário (Corrêa, 1989; Villaça, 1998; França e Soares, 2007). Até essa flexibilização no deslocamento, o transporte se dava sobre trilhos de bondes e trens urbanos, que levavam ao centro principal. A partir do crescimento de linhas de ônibus, as origens e destinos das viagens foi dinamizada, favorecendo o desenvolvimento de subcentros. O mesmo raciocínio se aplica aos automóveis particulares, que, com o estímulo ao transporte rodoviário por parte do Estado, cresceram em quantidade, oferecendo deslocamento facilitado aos subcentros. Estes apresentavam melhorias locacionais em relação ao centro principal, como

tráfego mais livre, vagas de estacionamento mais baratas e maior ganho de tempo (Corrêa, 1989).

É importante levar em consideração essa forma urbana para o consumidor. Para ele, o surgimento de subcentros apresenta também um significado mais prático do que o pragmatismo do lucro das firmas. Esse significado está associado às facilidades cotidianas, como economia no transporte e no tempo de deslocamento; menores distâncias no trajeto casa-trabalho-casa, o que está associado à qualidade de vida urbana; e maior prática do consumo, que como chamam atenção Magrini e Catalão (2019), faz parte da vida social e direito à cidade, também da população de mais baixa renda:

É nesse contexto, portanto, que precisamos resgatar a dimensão política do consumo, considerando que o ato de consumir não é uma prática apenas individual, feita somente para satisfazer necessidades e desejos pessoais. Consumir, no âmbito da sociedade de consumo, é também um ato de se situar, de demarcar posições sociais, de subverter hierarquias, o que deve ser experimentado também pelos segmentos mais pobres, mesmo que reconheçamos que existem limitações na prática política do consumo que têm de ser superadas. (Magrini e Catalão, 2019, p. 150).

Parte das discussões referentes à temática do espaço urbano também se concentra na morfologia urbana, inclusive perpassando pelas discussões sobre o uso do solo e concentrações funcionais. Cabe mencionar como a morfologia urbana se relaciona com a busca do entendimento sobre a distribuição espacial das firmas de comércio varejista e serviços, sob o ponto de vista da rede de ruas da cidade. Capel (2002) aponta caminhos na direção da morfologia urbana, a partir de alguns pontos para análise. O autor estabelece que a morfologia urbana é definida pelo (i) plano da cidade, (ii) os edifícios e (iii) pelos usos dos terrenos. A análise do plano da cidade não deve se encerrar na configuração espacial das ruas, ou seja, na rede viária, mas, para além disso, levar em conta também outros elementos igualmente importantes. Segundo o autor, quatro elementos devem ser levados em conta para a análise do plano da cidade:

1. **As ruas e sua associação mútua em um sistema viário.** Ou seja, deve-se analisar esse fator, sobretudo, a partir de um entendimento de que as ruas formam uma rede. Pode-se

buscar a análise de ruas individualmente, sobretudo as ruas de maior importância econômica e/ou cultural, mas atentar-se sempre que tal importância sobressai justamente porque há uma interligação entre todas as outras vias da cidade;

2. **Os quarteirões delimitados por essas ruas.** Esta forma do plano urbano aglomera os lotes individuais, que abrigarão os edifícios, com diversos usos individuais ou coletivos. Para além de Capel (2002), muitos autores também trazem a importância dos quarteirões para a análise do espaço urbano, tais como Murphy e Vance (1954); Murphy, *et al.*, (1955); e Ribeiro Filho (2004). Nesses casos, os quarteirões são analisados e classificados de acordo com a proporção de atividades consideradas. Ou seja, o quarteirão é entendido muitas vezes como uma unidade geográfica de análise;
3. **Os lotes individuais.** Estes servem de base para o erguimento dos edifícios e, de acordo com o uso, podem ter dimensões diferentes. No caso de Petrópolis, quando de seu planejamento e construção, os lotes assumiram um papel central, uma vez que suas distribuições e dimensões variavam de acordo com o uso planejado: agricultura, artes, lazer/descanso etc. (Ambrozio, 2008; Antunes, 2017);
4. **Os andares das edificações.** Também teve muita importância para Murphy e Vance (1954); e Murphy, *et al.*, (1955) em suas análises para delimitação do distrito central de negócios. Determinados tipos de atividades econômicas ocupam diferentes lugares nos edifícios. Atividades que demandam maior visualização de produtos, como o varejo, ocupam as lojas térreas e as atividades que demandam menor acesso de pessoas ocupam andares superiores, como serviços de assistência jurídica, consultórios médicos, dentre outros. Assim, pode-se dizer que há uma distribuição espacial nos edifícios, tanto vertical, quanto horizontal. Nesse segundo caso, firmas que dispõem de maior quantidade de recursos financeiros podem escolher lojas de esquina, que apresentam maior grau de acessibilidade de possíveis clientes que vêm das duas ruas contempladas.

Os quatro pontos de investigação do plano urbano trazidos por Capel (2002), indicam que a análise se dá a partir de várias escalas: vai desde a rede de ruas da cidade, passando por

análises de ruas individuais; seguindo pelos quarteirões, enquanto conjunto de lotes; abrangendo os lotes, individualmente, e seus usos; até alcançar os edifícios e seus andares. Analisar todas essas formas não é tarefa de fácil resolução e nem sempre há dados e força de trabalho disponível: entende-se que é o cenário ideal e não o real. Diante de todo o exposto, o autor ainda afirma que as formas fundamentais no plano urbano são as ruas, havendo, portanto, maior significado funcional. Ele especifica que os eixos que ligam as polaridades urbanas ganham mais importância e que as ruas “*atuam como estruturas morfológicas que condicionam a gênese e o crescimento das formas subsequentes*” (Capel, 2002, p. 70).

Capel (2002) lembra que o estudo da rede viária foi amplamente aplicado às análises da morfologia urbana, sobretudo a partir dos anos 1960. O autor mostra que, a partir do entendimento da rede viária enquanto uma estrutura topológica, era possível aplicar a Teoria dos Grafos e buscar, matematicamente, padrões, aleatoriedades ou características da estrutura. Ao encarar o tecido urbano como uma rede topológica, lembra o autor, a partir de seus “*sistemas de percursos e nós, [que] é possível o estudo de características da rede como a dimensão, o diâmetro, a acessibilidade de cada ponto a toda a rede, a acessibilidade de diferentes partes [...]*” (Capel, 2002, p. 32). Dessa forma, entende-se que as análises realizadas nesta pesquisa também se encaixam em estudos de morfologia urbana.

2.2 A Ciência da Informação Geográfica em análises de redes espaciais

A crescente disponibilidade e uso de dados e de informações geográficas se deu a partir da disseminação da tecnologia da informação. Ressalta-se, no entanto, o papel das geotecnologias nesse processo. Com o advento da computação, também tratada por muitos como tecnologia da informação, as geotecnologias, componentes do geoprocessamento, alavancaram a disseminação de dados e informações geográficas (Popovich, 2014; Longley *et al.*, 2013; Menezes e Fernandes, 2013; Burrough e McDonnell, 1998).

Bonham-Carter (1996) pondera que as geotecnologias são uma área do conhecimento intensamente útil e aplicável às investigações espaciais. Diversos autores, como Burrough e McDonnell (1998); Aspinall (1999); Câmara, Davis e Monteiro (2001) e; Fernandes (2009),

apontam o uso das geotecnologias, sobretudo dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como ferramenta fundamental nas análises espaciais integrativas.

Nesse contexto de uso dos SIG, desenvolveu-se, e vem crescendo, o campo da ciência da informação geográfica (do inglês *Geographic Information Science – GIScience*). Esse campo do conhecimento teve em Goodchild (1992) o precursor, não só do termo, mas do raciocínio em identificar que tanto os SIG quanto os dados e as informações geográficas não existem apenas como uma caixa de ferramentas e insumos para análises espaciais, respectivamente. O autor afirma que há uma ciência que flui concomitantemente ao uso dos SIG e está atrelada a diversas outras ciências: ciência da informação, cartografia, geografia, ciência da computação, ciência cognitiva, estatística e outras. Ainda que não haja consenso em uma definição formal da ciência da informação geográfica, entende-se que a confluência das ciências acima para lidar com a informação geográfica é o mote da *GIScience*.

Lang e Blaschke (2009) ressaltam que os métodos de processamento de informações geográficas são adequados para apoiar as mais diferentes tarefas de planejamento, no que se refere à detecção da situação real e de uma flexível combinação de diferentes camadas de dados e informações. Além disso, os autores mencionam que essa tecnologia trabalha em diferentes escalas e, em razão disso, consideram particularidades do espaço. A harmonização e integração desses conjuntos de dados e informações são alguns dos desafios atuais também no planejamento do espaço geográfico. Devido à necessidade de integração na análise de dados e informações espaciais de naturezas diversas, o geoprocessamento é fundamental na operacionalização da construção de modelos de representação e análise do espaço geográfico. A utilização de modelos espaciais operacionalizados pelo geoprocessamento vai ao encontro da proposta de Fernandes (2009), que avalia que este é um método integrativo para trabalhar com a complexidade demandada pelo mundo real.

Ao encontro da visão de Fernandes (2009), o geoprocessamento encaixa-se nesta pesquisa como parte metodológica que se faz necessária para construção de modelos conceituais do mundo real. Nesse sentido, o geoprocessamento se distancia da concepção de simples gerador de mapas e passa a desempenhar o papel de integrador de diversos dados e informações, ou seja, vai ao encontro do que pode ser entendido como *GIScience*. A figura 3 exemplifica a utilização do geoprocessamento na operacionalização de modelos conceituais do mundo real.

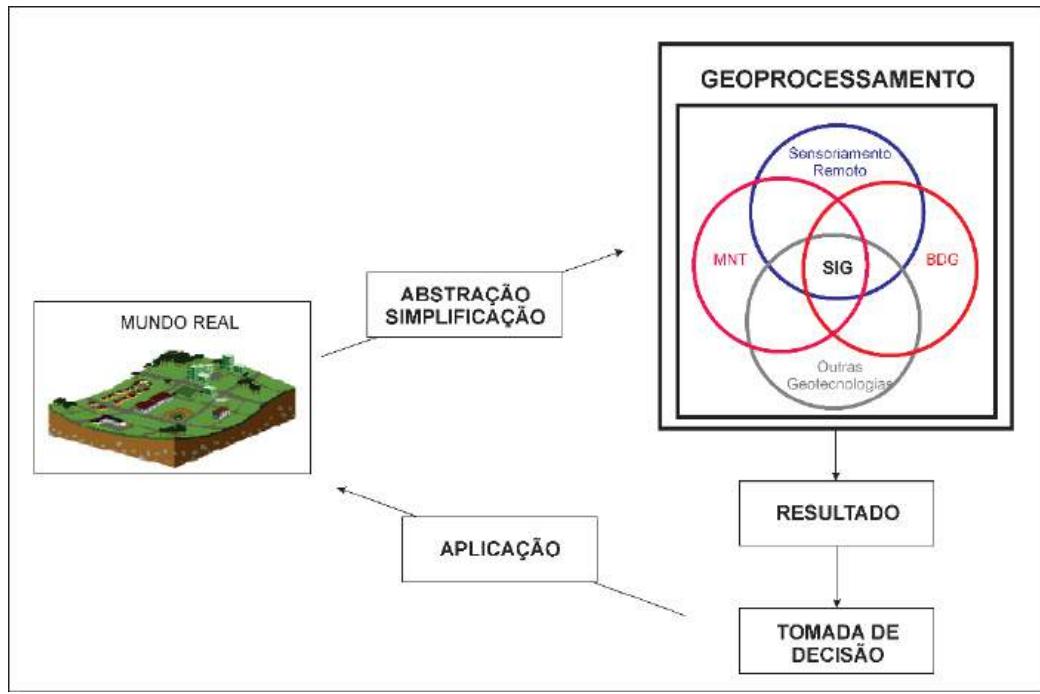


Figura 3 - Esquema de construção e aplicação de modelos de representação e análise espacial (Fernandes, 2009).

Usando as geotecnologias, os dados e informações do mundo real são coletados e processados e, a cada etapa, desde a coleta, há de se considerar que haverá algum tipo de abstração e simplificação da realidade. Nesse contexto, é possível integrar os dados e informações de diversas naturezas em um SIG, a fim de processá-los. Os resultados poderão ser representações espaciais do mundo real, também chamados por Menezes e Fernandes (2013) de modelos. Esses modelos poderão ser utilizados de diversas maneiras, inclusive aplicando no mundo real decisões que só foram possíveis através da visualização de um modelo da realidade.

A utilização de modelos de representação e análise espacial favorece a investigação de redes espaciais. Dessa maneira, viabiliza não só a operacionalização das análises, por meio da automatização das aplicações algébricas, como também auxilia na observação dos padrões espaciais expostos na rede. A representação gerada e a observação dos resultados são importantes, pois um SIG não resolve todas as questões emergentes das análises. Na verdade, é importante entender que o principal componente em qualquer análise geográfica é o fator humano (Longley *et al.*, 2013).

2.2.1 Análise espacial de redes

Estudos relacionados a redes são tradicionais na geografia. Corrêa (2006) mostra que é linha de pesquisa tradicional no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De modo geral, estas pesquisas mantinham estudos em escala nacional ou regional, como as REGIC (Regiões de Influência de Cidades). As pesquisas baseadas nas REGIC analisam, periodicamente, a hierarquia de centros urbanos, delimitando as regiões de influência que estão associadas a esses centros.

As análises em rede que se pretendem neste trabalho se fazem na escala local, da cidade. Busca-se entender como a rede de ruas interfere na configuração espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis. Para essas análises, pretende-se utilizar um arcabouço teórico-metodológico ainda inexplorado na geografia brasileira. Na seção a seguir, empreende-se uma tentativa de discutir os conceitos relacionados a redes de comunicação utilizadas nesta pesquisa, advindas, sobretudo, do campo da sociologia estrutural.

2.2.1.1 Teoria dos grafos

Segundo Freeman (1979), um grafo pode ser entendido como um conjunto de pontos (também chamados de nós) e um conjunto de linhas (também chamadas de arestas) que ligam esses pontos. A figura 4 apresenta um grafo, com cinco nós e cinco arestas.

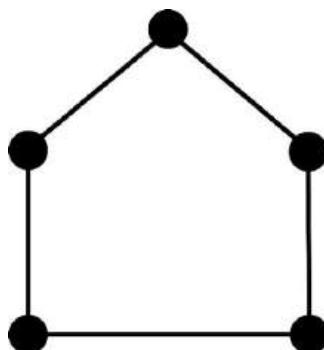


Figura 4 - Exemplo de grafo contendo cinco nós e cinco arestas.

A teoria dos grafos é a base de análises espaciais em redes, uma vez que oferece um arcabouço para entendimento visual e operacional de seu funcionamento. Nesse contexto, Wasserman e Faust (1994) trazem três razões principais que aproximam a Teoria dos Grafos ao estudo e à análise de redes sociais: (i) a teoria dos grafos fornece um vocabulário comum que serve como designação para muitas propriedades das estruturas sociais, onde tal vocabulário também fornece um conjunto de conceitos primários, que ajudam a trabalhar tais propriedades com bastante precisão conceitual; (ii) fornece um método, a partir de operações matemáticas e ideias com as quais muitas dessas propriedades podem ser quantificadas ou medidas; (iii) a partir do vocabulário e da operação matemática como método, a teoria dos grafos possibilita que se prove teoremas sobre gráficos e, portanto, sobre representações da estrutura social ou espacial.

Enquanto representação da estrutura social e espacial, a Teoria dos Grafos aproxima-se da Cartografia e da Geografia. Isso acontece na medida em que tal representação configura-se como um modelo de um sistema que consiste em um conjunto de atores e as relações entre eles (Wasserman e Faust, 1994). Esse ponto de vista vai ao encontro do que salienta Fernandes (2009), sobre mapas, produtos da Cartografia, serem modelos do mundo real. Como todo modelo, mapas e grafos são representações gráficas generalizadas, ou seja, uma simplificação da realidade. Esses modelos apresentam elementos da realidade, porém nem todos esses elementos são considerados nas representações. Com o intuito de evitar inconsistências, apenas os elementos que são imprescindíveis ao entendimento do tema proposto devem entrar no modelo de representação e análise (Fernandes, 2009; Wasserman e Faust, 1994). Nos Grafos, quando aplicados às redes sociais, os nós são chamados de atores e as arestas são os laços entre um par de atores. Neste texto, optou-se por utilizar a nomenclatura advinda da matemática (nós e arestas), ainda que o arcabouço teórico-metodológico tenha por base as análises de redes sociais.

Quando dois nós estão conectados pela mesma aresta, eles são chamados de adjacentes (A e B; A e E, por exemplo). A quantidade de nós a que um determinado nó está conectado é chamado grau. Dessa maneira, no grafo da figura 5, os nós D e B têm grau 3. Na Teoria dos Grafos, a distância entre dois nós obedece à topologia, ou seja, ao número de arestas que formam o caminho entre os nós em questão. Esse ponto apresenta uma diferença fundamental entre a Teoria de Grafos e a metodologia derivada desta, chamada de *Multiple Centrality*

Assessment: enquanto a primeira utiliza-se da distância topológica entre os nós, a segunda se utiliza de distância métrica. Dessa forma, neste trabalho a rede de ruas é tratada como um grafo, tendo as distâncias métricas entre os nós como impedância nas análises subsequentes.

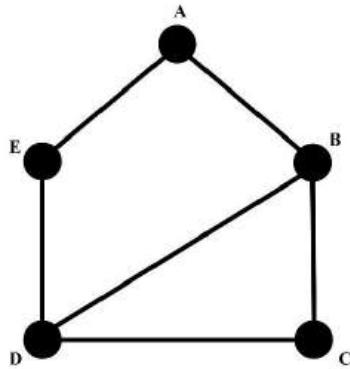


Figura 5 - Exemplo de rede.

Ainda sobre representações, Nooy *et al.*, (2005) e Pinho (2012) advertem que grafos e redes não são exatamente a mesma coisa. Em diferença com o primeiro, para que seja definida como rede, a representação tem de se constituir de informações adicionais, como mostra a figura 6. No exemplo da figura 6, é possível observar que existem informações relevantes que possibilitam o rápido entendimento dos elementos que formam uma rede, sobretudo a informação que caracteriza cada um dos nós (nome dos restaurantes). Em outras palavras, uma rede apresenta nós e arestas que representam atores e laços reais em uma rede, seja social ou não.

Rede formada pelos caminhos mais curtos entre restaurantes selecionados

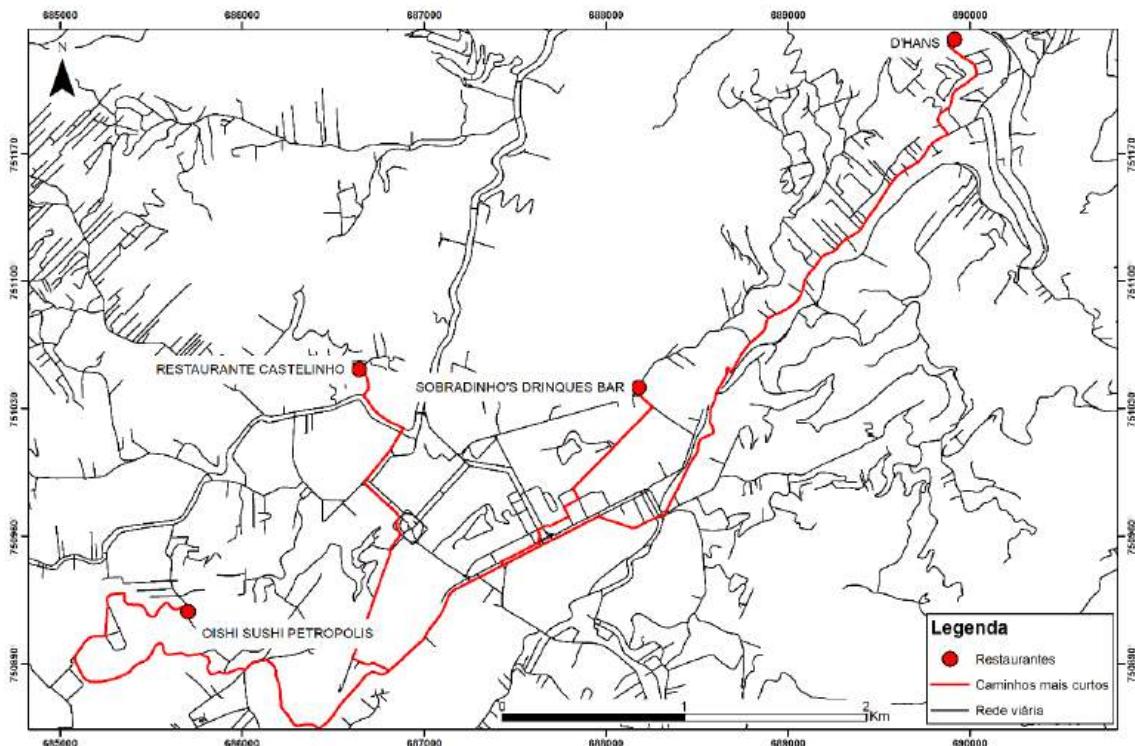


Figura 6 – Representação de rede de caminhos mais curtos entre restaurantes selecionados.

Há ainda duas características fundamentais dos grafos, que se aplicam diretamente a esta tese. Tais características dizem respeito ao direcionamento das ligações entre os nós. Os grafos podem ser classificados em direcionados, quando os fluxos possuem direções específicas que vão de um nó a outro (figura 7A); e não direcionados, quando os fluxos não possuem um sentido específica (figura 7B) (Wasserman e Faust, 1994; Pinho, 2012). A nomenclatura das linhas dos grafos também varia conforme haja ou não direcionamento nos fluxos: no primeiro caso, as linhas de fluxo são denominadas *arcos*, no segundo, *arestas* (Pinho, 2012). Não são considerados nesta tese os sentidos das linhas que compõem a rede de ruas de Petrópolis, portanto, *aresta* será o termo utilizado.

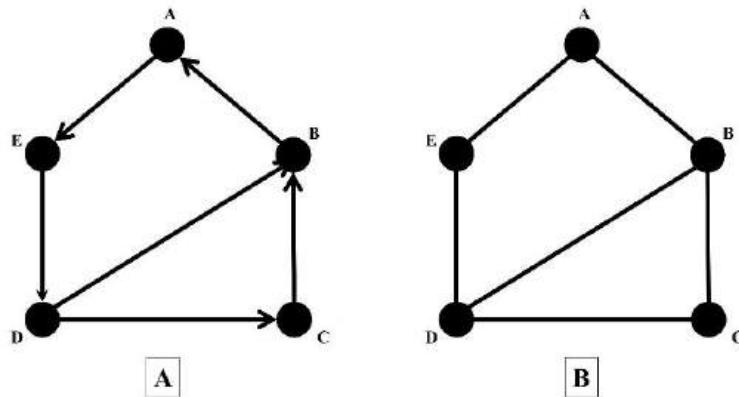


Figura 7 - Representação de redes direcionadas e não-direcionadas

2.2.1.2 Análise de redes espaciais e *Multiple Centrality Assessment*

Sevtsuk (2020) mostra que a análise locacional entre atividades comerciais e pontos de demanda (por exemplo, residência de consumidores) vêm sendo há muito tratada a partir da propriedade da proximidade entre estes dois entes (varejo/serviços e consumidores). O autor, contudo, chama atenção para uma nova propriedade espacial que tem despertado interesse nos pesquisadores que se debruçam sobre a análise locacional de atividades do setor terciário: a *acessibilidade*.

A linha reta para medir a impedância (distância ou o tempo de deslocamento) entre atividades econômicas e seus clientes já não é considerado o método mais eficiente para indicar quais atividades estão mais próximas do maior número de clientes possível. A maximização da acessibilidade dessas atividades econômicas a um grupo de consumidores visando o aumento do lucro pode levar a um maior distanciamento para outros grupos. Dessa maneira, pesquisadores têm buscado entender como se comportam os entes do comércio varejista e dos serviços na escolha locacional de suas lojas e escritórios, visando a maior quantidade de clientes possível.

As medidas de *acessibilidade*, também vistas na literatura especializada como medidas de *centralidade de redes*, surgiram para análises de transportes e foram posteriormente aplicadas à análise de redes sociais e à geografia econômica. Devem ser entendidas como um conceito central no entendimento e planejamento de como os diferentes locais do espaço urbano

estão espacialmente conectados aos consumidores (oportunidades de negócios) circundantes (Sevtsuk, 2020).

As análises de redes sociais, ou redes de comunicação entre grupos, tiveram início em meados do século XX, sobretudo a partir do trabalho de Leavitt (1950) e Smith (1950). Estes trabalhos, juntos com o de Bavelas (1948; 1950) e Bavelas e Barret (1951), iniciavam a discussão e prática sobre centralidades e acessibilidades em redes de comunicação entre grupos de pessoas. Freeman (1979) afirma que todos esses trabalhos davam conta de que a centralidade era uma propriedade que estava relacionada com a eficiência de um grupo na resolução de problemas, percepção de liderança e satisfação pessoal dos membros desse grupo. Bavelas (1948) contribuiu sobremaneira com o estudo de redes sociais ao concluir que a localização central de um nó na estrutura da rede (seja qual for a tipologia de fixo que este nó represente), tem conotação de “poder”, no que diz respeito a controle, independência e influência sobre os outros nós da rede.

Ao longo do tempo, o conceito de centralidade, que não é exclusivo de uma só ciência foi ganhando novos contornos. Na geografia, de maneira geral, centralidade pode ser entendida, na proximidade com estudos urbanos, como um processo que exprime a atração que um determinado espaço, ou mesmo um fixo, exerce aos fluxos mais variados. É nesse sentido que Sposito (2001) afirma, à luz da especialização funcional do setor terciário, que são tais fluxos os materializadores da centralidade. Eles permitem sua apreensão, estando essa circulação de todo tipo sujeita à mudança, na medida que as localizações das atividades também mudam.

Sobre a localização urbana e centralidade, pode-se dizer que não é novo o interesse de pesquisadores em entender como se dá a distribuição das atividades econômicas no espaço, formando um padrão bem conhecido ou inovador. Soma-se a isso a busca pelo entendimento de como a estrutura e funções urbanas levam a relações mutuamente dependentes (Porta *et al.*, 2011). Isso porque há grande variação no preço da terra e densidade das atividades econômicas, que são tratadas em modelos teóricos sobre o uso da terra, como o clássico monocêntrico (Hoyt, 1939; Mills, 1972). Esses modelos levam em consideração, principalmente, o acesso ao centro, no que diz respeito à distância para preferências de assentamentos residenciais. Ou seja, os que podem arcar com os custos financeiros preferem locais de maior proximidade com áreas centrais. Wang (2000) chama atenção para o fato de que, ao longo do tempo, as cidades tornaram-se policêntricas. Isto é, além do centro principal, centros secundários foram se

desenvolvendo. Nesse movimento, a preferência para a localização do uso residencial da terra tornou-se mais dinâmica, já que era maior a disponibilidade das facilidades vistas anteriormente somente nas áreas centrais. A esse respeito, Pintaudi (1999) afirma que atividades comerciais demandam centralidade e que, segundo a autora, isso significa acessibilidade, o mote central desta pesquisa.

Esta pesquisa vai além do sentido tradicional de centralidade na geografia, como brevemente foi exposto. Busca-se analisar *medidas de acessibilidade* (também chamadas de medidas de centralidade de redes), que podem facilitar a diferenciação espacial do espaço funcional do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis. Sobretudo, busca-se discutir a acessibilidade das ruas como destinos diretos de alocação das atividades econômicas aqui observadas. Aprofundada por Freeman (1979), com discussões acerca das medidas de acessibilidade em redes de comunicação genéricas, foi com Porta *et al.* (2006) que essas medidas (ou índices) foram aplicadas às redes de ruas da cidade. Porta *et al.* (2006) trouxeram as bases teórico-metodológicas para aplicar uma avaliação da distribuição de atividades econômicas na rede intraurbana. Essa avaliação é baseada em três índices de acessibilidade: *closeness* (proximidade); *betweenness* (intermediação); *straightness* (retidão); e *gravity* (gravidade).

Todos esses índices são aplicados à rede de ruas, visando a determinação do quanto acessível ou central uma localização é em toda extensão da rede. Essa avaliação pode ser aplicada à própria rua, trazendo resultados do quanto uma rua é central na rede e, consequentemente, as atividades nela alocadas. Essas análises, empreendidas por Porta *et al.* (2009) e Porta *et al.* (2011), têm o foco na medida de acessibilidade das ruas em Bolonha (Itália) e Barcelona (Espanha). Já Wang (2014), buscou, utilizando os mesmos índices, medir a acessibilidade das localizações das atividades econômicas em Changchun (China). Sevtsuk (2010; 2014; 2020) trouxe o índice *gravity* à discussão de acessibilidade de ruas e localizações de serviços de alimentação em Cambridge e Somerville, no estado de Massachusetts, nos Estados Unidos.

O índice *closeness* (C_i) busca medir quanto próximo está um nó de todos os outros. Dessa maneira, aceita-se a ideia de que um nó (ou nós) com menor distância média para todos os outros é um nó mais central. O cálculo desse índice é definido na seguinte equação (Freeman, 1979; Sabidussi, 1966; Wasserman e Faust, 1994):

$$(1) \quad C_i = \frac{N - 1}{\sum_{j=1; j \neq i}^N d_{ij}}$$

onde, N é o número total de nós na rede e d_{ij} é a menor distância entre os nós i e j .

O índice *betweenness* (B_i) deve ser entendido como uma medida da frequência que um nó da rede é atravessado por caminhos mais curtos ligando todos os outros pares de nós da rede. Freeman (1979) salienta que esse índice é útil como indicador do potencial de um nó controlar a comunicação na rede. Do ponto de vista das atividades econômicas, uma loja posicionada nos principais caminhos da rede de ruas de uma cidade pode se beneficiar por permitir que um cliente, em seu trajeto a uma área central, consuma determinados produtos ou serviços oferecidos nesta loja. O cálculo desse índice é definido por Freeman (1979), na seguinte equação:

$$(2) \quad B_i = \frac{1}{(N - 1)(N - 2)} \sum_{j=1; k=1; j \neq k \neq i}^N \frac{n_{jk}(i)}{n_{jk}}$$

onde, n_{jk} é o número de caminhos mais curtos entre os nós j e k e $n_{jk}(i)$ é o número desses caminhos mais curtos que passam pelo nó i .

O índice *straightness* (S_i) avalia o quanto um caminho entre um nó e todos os outros nós da rede é maior do que uma linha reta ligando tal nó a cada um dos outros. Esse índice busca mostrar lugares mais acessíveis na rede, sob o ponto de vista de que, quanto mais curvas se faz para chegar a um ponto, menor é a acessibilidade deste em relação à posição de origem. A equação usada por Vragovic *et al.* (2005) para o cálculo desse índice é a seguinte:

$$(3) \quad S_i = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1; j \neq i}^N \frac{d_{ij}^{Eucl}}{Rd_{ij}}$$

onde, d_{ij}^{Eucl} é a distância euclidiana entre os nós i e j , e Rd_{ij} é a distância, na rede, entre os nós i e j .

O índice *gravity* (G_i) é comum em trabalhos que buscam medir e analisar a acessibilidade de diferentes locais em redes. Hansen (1959) foi o primeiro a discutir a importância de um índice de acessibilidade que têm como objetivo medir o potencial de atração para determinado nó na rede, em função de características de outros nós em seu entorno. Por exemplo, um restaurante localizado a 50 metros de uma estação de metrô servida por três linhas diferentes terá maior potencial de atração de clientes do que outro restaurante localizado a 50 metros de uma estação de metrô servida por apenas uma linha.

Nesse contexto, o índice *gravity* pressupõe que a acessibilidade de um nó (i) qualquer é proporcional à atratividade de outros nós (j) em seu entorno imediato tidos como destinos e inversamente proporcional à distância de i e j :

$$(4) \quad G_i = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{\beta \cdot d[i,j]}}$$

onde, G_i é o índice de gravidade da localização (nó) i ; $W[j]$ é o peso das localizações (nós) j no entorno de i ; $d[i,j]$ é a distância em rede entre as localizações de i e cada localização j ; β é o expoente de ajustamento do efeito de decaimento da distância. Dessa maneira, o índice *gravity* captura tanto a atração dos destinos quanto os custos de comprimento métrico das viagens necessárias para chegar a esses destinos. Caso não seja especificado nenhum valor de peso para os diferentes destinos, todos terão mesmo valor, ou seja, 1.

Alguns estudos anteriores, dentre eles Handy e Niemeier (1997), buscaram entender como o decaimento da atração dos destinos na rede se dá na medida que a distância entre origem e destino aumenta (β). Para caminhadas entre um nó e outro, medidas em minutos e em metros, os autores chegaram a um valor de decaimento equivalente a 0,1813 e 0,00217, respectivamente. Caso não seja definido um valor para β , o mesmo deverá constar como 0.

Porta *et al.* (2006) salientam que os índices aqui descritos, quando aplicados a redes espaciais, evidenciam diferentes maneiras de um lugar ser central. Assim, esse entendimento auxilia na formação da cognição dos espaços urbanos que envolve percepção e uso dos espaços urbanos. É nessa perspectiva que aponta o arcabouço teórico-metodológico da *Multiple Centrality Assessment (MCA)* para análises de acessibilidade de redes espaciais, trazendo três pilares: i) gráficos primários (dados vetoriais); ii) distância métrica; iii) diversos índices de centralidade (Porta *et al.*, 2006). Ponto importante da *MCA* é que o arcabouço traz alguns pontos de vista diferentes na análise do espaço urbano. Esses pontos de vista são mais argumentativos, ao invés de assertivos. Isso quer dizer que não se pretende determinar regras gerais de escolha locacional a partir dos resultados obtidos. Pretende-se com a *MCA* contribuir para a construção de uma proposta sobre como se dá a distribuição das firmas analisadas sob a ótica das redes complexas.

Nesse sentido, a análise de redes espaciais engendrada através da *MCA* considera os fixos do espaço como os nós e as ruas como as arestas que ligam os nós na rede. A partir dessa propriedade, Porta *et al.* (2006; 2011) mostram que é possível realizar uma série de análises sobre a acessibilidade da rede de ruas urbanas: relação entre acessibilidade de ruas e (i) crimes, (ii) densidade de uso da terra, (iii) preço da terra, (iv) localização de grupos sociais, (v) densidade de fluxo de pedestres e veículos, dentre outros. Pode-se dizer que a *MCA* é um arcabouço robusto e em pleno desenvolvimento para pesquisas de redes espaciais, havendo muito espaço para novas aplicações utilizando SIG (Batty, 2005; 2008).

2.2.1.3 Análise de associação espacial – *colocation*

Conhecida como Primeira Lei da Geografia, a Lei de Tobler (1970) afirma que todas as coisas estão relacionadas entre si, mas as coisas mais próximas estão mais relacionadas do que

as mais distantes. Esse raciocínio está intrínseco no que se entende na Geografia como *análise espacial*. As características e propriedades do espaço são marcas inseridas nas entidades geográficas que nele estão distribuídas. Essas marcas podem ser atrativas ou dispersoras, tanto de outras entidades geográficas quanto de pessoas. No contexto desta pesquisa, onde a distribuição espacial das atividades de comércio varejista e de serviços são o objeto de estudo, a chamada Lei de Tobler se cumpre apropriadamente, visto que a distribuição espacial destas atividades não é homogênea, no entanto, compartilham semelhanças. Dessa maneira, afirma-se que as atividades econômicas influenciam o espaço no qual elas estão inseridas, assim como o espaço as influencia, numa dinâmica de retroalimentação.

A análise de redes espaciais conta com diversos aportes teórico-metodológicos que podem evidenciar padrões de alocação de pontos, linhas ou polígonos, como indicado anteriormente. Um dos objetivos desta pesquisa, a análise de associação espacial, ou, termo em inglês, *colocation* (Leslie e Kronenfeld, 2011) tem relevância para processos de planejamento e organização de cidades. A associação espacial foi desenvolvida para entender, quantitativamente, como duas categorias diferentes de dados pontuais podem estar espacialmente associadas. Ou seja, baseado no entendimento pretérito de que categorias de tipos de atividades econômicas (ou até mesmo de uma mesma categoria) podem estar espacialmente associadas, foi desenvolvido um método quantitativo para medir o grau dessa associação.

O coeficiente de associação espacial (em inglês, *colocation coefficient*), concebido por Leslie e Kronenfeld (2011), é derivado de conceitos relacionados à “sobreposição espacial” e “correlação cruzada” (Wartenberg, 1985; Smith *et al.*, 2009). O termo “associação espacial” é comumente usado em outras vertentes de análise espacial para referir-se à autocorrelação espacial entre indivíduos de uma mesma população ou entre duas ou mais populações. Para o conceito e técnica desenvolvidos por Leslie e Kronenfeld (2011), a associação espacial está relacionada à análise de uma única categoria nominal (nesse caso, tipos de atividades econômicas) para dados pontuais que constituem uma população de interesse.

Não é difícil identificar na literatura, sobretudo internacional, pesquisas de análise espacial quantitativa, utilizando diversos conceitos e técnicas que dizem respeito à proximidade entre polígonos (áreas). Como exemplo, podem ser citadas as técnicas de Coeficiente de Moran, aplicada a dados nominais (Griffith, 2010), e *join count statistic* (Cliff e Ord, 1981). Para pontos de categorias nominais, contudo, segundo Leslie e Kronenfeld (2011), somente a função K

cruzada (Cressie, 1991) parece ter relevância na literatura. Esse último aporte teórico-metodológico, apesar de próximo ao *colocation*, leva em consideração duas populações diferentes e não apenas uma, de mesma categoria de análise, aliado ao fato de que o teste de hipótese nula, primordial para a confiança de análises estatísticas, não é adequado para dados categóricos de população única.

Nesse sentido, buscando suprir uma demanda de análises geográficas quantitativas de dados pontuais de categorias nominais, Leslie e Kronenfeld, professores de Departamentos de Geografia de universidades estadunidenses, desenvolveram o coeficiente de associação espacial global (na sigla em inglês, GCLQ). Esse coeficiente busca determinar se, dentro de uma mesma população, indivíduos de categorias diferentes são espacialmente associados e, caso sejam, saber o grau de associação e a direção que segue o processo.

Leslie e Kronenfeld (2011) explicam que o GCLQ supre uma demanda da Geografia Física e da Geografia Humana. Os autores exemplificam o uso do método para determinar as preferências de associação espacial entre empresas de diferentes tipos de negócios dentro de uma área metropolitana; ou na análise da associação espacial entre duas espécies de árvores em um ambiente florestal, possibilitando a identificação e o entendimento de possíveis relações interespécies. Nessa perspectiva, GCLQ pode ser usada na Geografia para inúmeras análises, necessitando apenas que os dados sejam pontuais de uma temática única, com categorias diferentes. No entanto, há de se atentar para as interpretações dos resultados, visto que:

Em ambos os casos, a distribuição subjacente é o resultado de dois processos espaciais conceitualmente distintos. Primeiro, a estrutura espacial da população geral pode fazer com que as localizações dos pontos sejam agrupadas ou dispersas. Em segundo lugar, aninhadas no padrão espacial geral, as relações entre as categorias podem resultar em algumas categorias sendo mais ou menos prováveis de ocorrer perto de outras. A falha em distinguir entre esses dois processos hierárquicos pode resultar em descobertas espúrias. Além de separar a associação espacial entre as categorias da aglomeração geral da população, também é importante reconhecer que os efeitos categóricos podem ser assimétricos. As relações assimétricas na ecologia incluem predador e parasitismo obrigatórios, em que um predador ou parasita é confinado a locais onde a presa ou o hospedeiro é encontrado, mas o inverso não é necessariamente verdadeiro. Na logística, as empresas mais abaixo na cadeia de suprimentos geralmente são dependentes (e, portanto, localizadas próximas) de seus fornecedores, enquanto os

fornecedores se localizam com base em recursos naturais e outros insumos.¹ (Leslie e Kronenfeld, 2011, p. 307).

O GCLQ baseia-se no conceito de associação espacial usado comumente em estudos de Geografia Econômica, como em Stimson *et al.* (2006). Especificamente, o GCLQ indica a associação espacial geral entre o número de pontos (localizações de entidades geográficas) de tipo B observados e esperados nas proximidades de pontos (localizações de outro tipo de entidades geográficas) do tipo A. A equação do GCLQ é definida como (Leslie e Kronenfeld, 2011):

$$(5) \quad GCLQ_{A \rightarrow B} = \frac{N_{A \rightarrow B}/N_A}{N_B/(N - 1)}$$

onde N representa o número total de pontos a serem analisados; N_A representa o tamanho da população de entidades do tipo A; N_B representa o tamanho da população do tipo B e; $N_{A \rightarrow B}$ representa o número de pontos do tipo A que tem pontos do tipo B como vizinhos mais próximos.

Leslie e Kronenfeld (2011) salientam que o numerador da equação (5) calcula a proporção observada de pontos do tipo B que são vizinhos mais próximos de pontos do tipo A

¹ Originalmente, em inglês: “In either case, the underlying distribution is the result of two conceptually distinct spatial processes. First, the spatial structure of the overall population may cause point locations to be clustered or dispersed. Second, nested within the overall spatial pattern, relationships between categories may result in some categories being more or less likely to occur near others. Failure to distinguish between these two hierarchical processes can result in spurious findings. In addition to separating spatial association between categories from overall population clustering, recognizing that categorical effects may be asymmetric is also important. Asymmetric relationships in ecology include obligatory predation and parasitism, in which a predator or parasite is confined to locations where the prey or host is found, but the reverse is not necessarily true. In logistics, businesses further down a supply chain often are dependent on (and therefore located near) their suppliers, while suppliers locate based on natural resources and other inputs.” (Leslie e Kronenfeld, 2011, p. 307).

e o denominador estima a proporção esperada dessa condição. Levando-se em consideração que um tipo de atividade econômica não pode ser ele mesmo o candidato a vizinho mais próximo, no contexto de análise desta pesquisa, assume-se $N - 1$. Assim, o GCLQ diferencia-se de outros indicadores pelo fato de poder analisar a simetria ou assimetria entre as entidades geográficas analisadas. Nesse sentido, $GCLQ_{A \rightarrow B}$ pode ser diferente de $GCLQ_{B \rightarrow A}$. Isto é, um tipo de negócio B pode ter sua escolha locacional que expresse dependência de um tipo de negócio A, mas o contrário pode ou não ocorrer, caracterizando, portanto, assimetria no processo de associação espacial. Para o cálculo de $N_{A \rightarrow B}$, tem-se (Leslie e Kronenfeld, 2011):

$$(6) \quad N_{A \rightarrow B} = \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{j=1}^{mn_i} \frac{f_{ij}}{mn_i}$$

onde i denota cada ponto de tipo A; mn_i denota o número de vizinhos mais próximos do ponto em questão i ; j denota cada um dos pontos que são vizinhos mais próximos de i ; e f_{ij} denota uma variável binária que indica se o ponto j em questão é ou não do tipo B em análise (1 indica “sim” e 0 indica que “não”).

Nesse sentido, um resultado de $CCLG_{A \rightarrow B}$ maior que 1 indica que há associação espacial entre os pontos de tipo A e B. Da mesma maneira, valores menores que 1 indicam que há maior predisposição dos pontos de tipo A isolarem-se dos pontos de tipo B. O resultado 1 indica que não há associação espacial entre os dois tipos de pontos. Em outras palavras, indica uma disposição espacial aleatória. De maneira mais específica, quanto mais distante de 1, para mais ou para menos, maior é a força de atração ou de isolamento espacial entre as categorias analisadas.

2.3 Teorias locacionais de varejo e de serviços

Geralmente atreladas a estudiosos do espaço urbano, inúmeras teorias locacionais do uso do solo foram desenvolvidas ao longo do tempo, sobretudo ao longo do século XX. Remontando às décadas de 1950 a 1970, pesquisas sobre a teoria de localização dos usos do solo despontaram na ciência econômica. Essas pesquisas foram desenvolvidas por nomes sempre presentes na literatura especializada, tais como Lösch (1954), Isard (1956), Alonso (1964), Berry (1967) e Mills (1967). Eles debruçaram-se sobre assuntos relacionados à distribuição espacial de usos e valores da terra urbana e escolhas locacionais de firmas. A pertinência desses estudos se apoia na necessidade de entender as peculiaridades do espaço urbano, que atraem ou dispersam os diferentes tipos de negócios, sobretudo de varejo e de serviços. Isso se dá porque há diferenças fundamentais no tecido urbano que muitas vezes são negligenciadas: “*A cidade é vista como se estivesse localizada em uma planície inexpressiva, na qual todas as terras são de igual qualidade, prontas para uso sem maiores melhorias, e livremente compradas e vendidas*”² (Alonso, 1964).

Sob a perspectiva da Ecologia Urbana da Escola de Chicago, Robert Park, já no primeiro quartel do século XX, salientava a já existente perspectiva das escolhas locacionais enquanto um serviço especializado:

Existe agora uma classe de especialistas cuja única ocupação é descobrir e localizar, com algo como precisão científica, levando em conta as mudanças que as tendências atuais parecem causar, restaurantes, lojas de charutos, drogarias e outras pequenas lojas de varejo cujo sucesso depende em grande parte da localização. Os agentes imobiliários não raramente estão dispostos a financiar um negócio local desse tipo em locais que eles acreditam não ser lucrativos, aceitando como aluguel uma porcentagem dos lucros.³ (Park, 1915, p. 95).

² Originalmente, em inglês: “*The city is viewed as if it were located on a featureless plain, on which all land is of equal quality, ready for use without further improvements, and freely bought and sold.*” (Alonso, 1964).

³ Originalmente, em inglês: “*There is now a class of experts, whose sole occupation is to discover and locate, with something like scientific accuracy, taking account of the changes which present tendencies seem likely to bring about, restaurants, cigar stores, drug-stores, and other small retail business units whose success depends largely on location. Real estate men are not infrequently willing to finance a local business of this sort in locations which they believe will not be profitable, accepting as their rent a percentage of the profits.*” (Park, 1916, p. 95).

Ainda nessa perspectiva, Proudfoot (1937) organizou os principais padrões geográficos do varejo da época em cinco categorias, de acordo com o tipo de mercadoria vendida, tipos de clientes e concentração ou dispersão de clientes, que até os dias atuais mantém algumas de suas características. São elas: i) distrito central de negócios (comumente chamado pela sigla em inglês, CBD – *central business district*); ii) centro periférico de negócios (*outlying business center*); iii) via comercial principal (*principal business thoroughfare*); iv) ruas comerciais de bairro (*neighborhood business streets*) e; v) aglomeração de lojas isoladas (*isolated store clusters*). Apesar de ser uma classificação antiga, possui características que são identificadas na configuração contemporânea da cidade e, portanto, vale um breve detalhamento dessas cinco categorias de padrões geográficos de varejo.

O distrito central de negócios é o local onde ocorria a maior quantidade de vendas por unidade de área de todo o território da cidade. Onde as lojas de varejo ocupam o térreo dos prédios multifinalitários, os serviços os andares acima e a ocupação residencial não existia ou é minoritária. Era possível, no entanto, encontrar serviços de hospedagem. As principais lojas são as de departamentos, lojas de roupas e calçados, móveis e demais bens que não têm compra constante, como joias. Por essa razão, essa localidade tende a atrair consumidores de inúmeras outras áreas da cidade, ou de outras cidades. Essa atração depende do tamanho do distrito central de negócios e de seu dinamismo. Em outras palavras, este local é um polo de concentração e dispersão dos fluxos da cidade: pessoas, mercadorias, capital, informações, transportes etc.

O centro periférico de negócios, segundo Proudfoot (1937), é uma réplica em menor escala do distrito central de negócios. Nessa formação, são encontradas as mesmas estruturas de comércio varejista e de serviços, ou seja, seguindo a mesma lógica, mas uma menor quantidade de lojas. Sevtsuk (2010) entende o *shopping center* como uma forma comercial urbana que, em termos, se iguala ao centro de negócios periféricos, uma vez que essas duas formas comerciais têm as mesmas características apresentadas anteriormente, além do fato de localizarem-se em pontos estratégicos de grande circulação de pessoas e, sobretudo, de transportes. Essa circulação é composta de longas distâncias na escala intraurbana, mas sem os ônus do deslocamento para o centro principal (ou mesmo em menor medida).

A via comercial principal é caracterizada por ser uma via de tráfego moderado que também apresenta uma quantidade moderada de firmas de serviços e varejo. Nessa forma comercial, as lojas tendem a ser maiores, visto que a concorrência por espaço é menor. Os produtos e serviços disponibilizados ao consumidor são os de conveniência, ou seja, menos específicos e mais corriqueiros, haja vista a maior proximidade com áreas residências. De maneira geral, Proudfoot (1937) entende que os consumidores não são atraídos para essas lojas por elas mesmas, mas porque passam por elas no caminho para seus destinos, muitas vezes de trabalho, no distrito central de negócios. Ou seja, são comércios e serviços que se beneficiam justamente por estarem nos principais caminhos mais curtos de importantes itinerários.

A rua comercial de bairro é uma forma comercial que tem sua área de atuação mais próxima das áreas residenciais. Em relação à rede de ruas, essa concentração está a uma caminhada de distância das residências, onde se pode encontrar sobretudo o varejo de alimentos e conveniências cotidianas, como açougues, padarias, mercearias, minimercados e farmácias. Não demanda grande fluxo de veículos, visto que estas lojas estão focadas em atender às necessidades dos pedestres. Proudfoot (1937) entende que as ruas comerciais de bairros, no Estados Unidos, são as que apresentam as rotas de ônibus, onde, naquele país, não são desejáveis para fins residenciais.

O aglomerado de lojas isoladas, segundo o autor, se apresenta usualmente como lojas de esquinas, onde a complementariedade das mercadorias comercializadas é o fator preponderante, em detrimento da competitividade. Tal forma urbana está no interior das áreas residenciais, onde pode ser alcançada, quando trazida para a realidade brasileira, por uma caminhada. Nessas lojas, são vendidas mercadorias de consumo mais corriqueiro por parte das famílias. Padarias, açougues, bancas de jornal, pequenas lanchonetes e pequenos bares são alguns dos exemplos mais comuns no Brasil.

Análises da estrutura comercial encontraram solo fértil para a construção e utilização de modelos. Muitos modelos foram elaborados para entender a dinâmica dos comércios varejista e atacadista e da indústria. Dentre esses, destaca-se o modelo unidimensional de localização do varejo e o modelo geral bidimensional, este último atrelado à Teoria dos Lugares Centrais, de Christaller (1966 [1933]) e, posteriormente, atualizado por Lösch (1954). Entende-se que esses dois modelos, entre os muitos existentes na literatura internacional, são importantes de serem citados.

Sevtsuk (2010) afirma que inúmeras forças econômicas moldam os padrões de localização do varejo e de serviços e suas densidades no espaço da cidade. Diferentes autores revisaram uma série de modelos matemáticos de previsão de possíveis localizações de atividades do setor terciário, dentre os quais dois se destacam: Huff (1963) e Ghosh *et al.* (1984). Assim, a premissa básica de que firmas do setor terciário devem se localizar em pontos de máxima atração de clientes levou à formulação dos dois modelos supracitados. É importante salientar que esses modelos apresentam deficiências relacionadas à heterogeneidade do espaço em realidade. Ainda que seja de comum acordo que modelos são abstrações e simplificações do mundo real e que não há pretensão de representá-lo com total fidelidade, Sevtsuk (2010) lembra que não foram poucas as críticas a esses modelos e aos prognósticos que eram produzidos por eles, sobretudo em relação ao modelo bidimensional da Teoria dos Lugares Centrais.

Há acordo de que firmas do setor terciário buscam, como dito anteriormente, as melhores localizações em relação aos clientes. Nesse contexto, entende-se que há necessidade de discussão acerca das características e práticas espaciais que regem as escolhas locacionais dessas firmas. Afinal, se o espaço do mundo real não é homogêneo como nos modelos, uma das principais críticas à Teoria dos Lugares Centrais, então presume-se que alguns lugares são mais vantajosos que outros. Ao encontro de Portal *et al.* (2006) e Wang *et al.* (2014) salienta-se que, mais do que a certeza de que alguns lugares são mais vantajosos que outros, algumas ruas e esquinas são mais vantajosas que outras, acarretando na aglomeração das firmas nessas localizações. Dessa maneira, a próxima seção abordará alguns fatores exógenos e endógenos, relativos a essas aglomerações de firmas de varejo e de serviços, que, em muito, explicam as razões pelas quais as firmas escolhem agruparem-se entre si.

2.3.1 A aglomeração como escolha locacional

É facilmente identificada nas cidades a tendência à aglomeração, seja de pessoas, seja de firmas. Nesse contexto, faz-se necessário abrir discussão acerca das características que favorecem a aglomeração de firmas de varejo e de serviços, trazendo à evidência seus principais fatores. Esses fatores estão relacionados, como lembra Sevtsuk (2010), à (i) configuração do ambiente construído, que é irregular e heterogêneo, e, portanto, há diferenças locacionais

ligadas a fatores exógenos; (ii) às economias em tempo e transporte, que favorecem alguns tipos de fatores endógenos e; (iii) à comparação de compras e produtos, que favorecem a outros tipos de fatores endógenos. Esses três tipos de fatores ou características que levam à aglomeração de firmas do setor terciário serão discutidos a seguir.

2.3.1.1 Configuração do ambiente construído como fator exógeno à aglomeração de firmas

Há nos modelos discutidos na seção anterior uma já mencionada limitação básica, referente à não consideração da irregularidade e da heterogeneidade do espaço urbano analisado. Formas de relevo, corpos hídricos, sistemas viários, amenidades diversas, dentre outras formas espaciais, levam a espaços mais ou menos favoráveis às diferentes práticas espaciais levadas a cabo pela população que os produzem. Nesse sentido, não é razoável desconsiderar essa heterogeneidade nas análises espaciais empreendidas, se o intuito é entender como se dá a distribuição do varejo e dos serviços em uma cidade. Não há, portanto, racionalidade em encarar o deslocamento até as firmas ou centros de consumo em linha reta. Assim, as redes complexas têm, há alguns anos, lugar nas análises locacionais urbanas, a exemplo da que se encontra em Porta *et al.* (2006), uma das mais importantes pesquisas sobre o tema.

Sevtsuk (2010) atenta ao fato de que as análises espaciais dos padrões do uso do solo urbano, tornam-se inconsistentes ao desconsiderar as peculiaridades da rede viária. Isso pode ocorrer porque, segundo o autor, a maioria dos deslocamentos em uma cidade se faz em ruas, seguindo por rotas com mais ou menos curvas, dentre as muitas alternativas possíveis. Assim, parece de pleno acordo que as análises espaciais devem levar em consideração o espaço construído quando se trata da investigação das escolhas locacionais das firmas do setor terciário.

As diferenças na acessibilidade das ruas de uma rede levarão a diferentes centralidades entre elas. E é nesse sentido que se formam as aglomerações de firmas. Essas características espaciais são entendidas por Sevtsuk (2010) como fatores exógenos, que têm como principal fundamento o aproveitamento da estrutura urbana existente (ou em planejamento). Como exemplo, podem ser citados: o cruzamento de ruas importantes; estações de metrô; e a

proximidade de edificações que apresentam grande demanda de pessoas, como instituições educacionais, hospitais, terminais rodoviários, dentre outros. Nesse sentido, a aglomeração de firmas de varejo e serviços se faz, principalmente, devido à configuração espacial da cidade, em detrimento da proximidade com fornecedores. Tal configuração espacial, reforça-se, traz maior acessibilidade ao local, levando à maior centralidade e ao maior consumo.

Na perspectiva do contínuo incremento de firmas às aglomerações de varejo e de serviços, este movimento pode se dar até o momento em que o lucro se torne estagnado ou decrescente. Sobre isso, Sevtsuk (2010) afirma que:

Espera-se que varejistas adicionais se juntem à aglomeração até que os lucros resultantes da acessibilidade vantajosa sejam atenuados pela concorrência. A aglomeração pararia de crescer quando um número suficiente de varejistas entrasse em uma aglomeração para reduzir os lucros para o mesmo nível da próxima melhor localização alternativa.⁴ (Sevtsuk, 2010, p. 20)

Essas novas localizações, via de regra, obedecem a características similares às encontradas no local de origem (Corrêa, 1989; Villaça, 1998; Sevtsuk, 2020). Esses movimentos de atração e repulsão de firmas são conhecidos como forças centripetas e centrífugas, respectivamente (Colby, 1933). Villaça (1998), assim como Corrêa (1989), reforça que as escolhas locacionais das firmas que têm o movimento de saída do centro principal, se fazem, preferencialmente, para os subcentros.

⁴ Originalmente, em inglês: “Additional retailers would be expected to join the cluster until profits resulting from advantageous accessibility are dampened through competition. The cluster would stop growing when enough retailers have entered a cluster to lower profits to the same level as the next best alternative location.” (Sevtsuk, 2010, p. 20).

2.3.1.2 Economia de tempo e no custo de transporte como fatores endógenos de aglomeração

Para além dos fatores exógenos, que, como mencionado na seção anterior, podem determinar o incremento das escolhas locacionais para determinadas partes da rede de ruas, há também os chamados fatores endógenos (Sevtsuk, 2010). Esses últimos estão relacionados à formação de um ambiente propício à aglomeração, seja de firmas complementares, seja de firmas concorrentes. Para firmas concorrentes, Corrêa (1989) usa o termo “monopólio espacial”, onde apresentam-se o que o autor chama de “ruas especializadas”. Isto é, uma concentração de firmas que comercializam os mesmos tipos de mercadorias ou serviços, tais como móveis, lustres, autopeças, tecidos, alimentação etc. Esse tipo de aglomeração será mais bem detalhado na próxima seção.

No que tange à aglomeração de firmas complementares, Corrêa (1989) e Sevtsuk (2010) explicam que há nessa estrutura o objetivo de induzir o consumidor a consumir também o que não estava nos planos iniciais de compras. Há, portanto, uma lógica de colocalização de firmas de vendas complementares para benefício mútuo. Existe também a aglomeração desses tipos de firmas com o intuito de atender ao objetivo de economia no transporte, seja a economia financeira, seja a economia de tempo. Uma série de pesquisas de teor empírico junto ao mercado consumidor de cidades evidenciaram a preferência pelo deslocamento para um centro (principal ou secundário) com o objetivo de aproveitar a complementariedade do comércio varejista e dos serviços; esse movimento acaba por compensar os deslocamentos maiores no espaço (Rushton *et al.*, 1967; Berry, 1967; Clark, 1968).

Sevtsuk (2010) afirma que compras multifinalitárias provocam externalidades entre as firmas e isso cria uma centralidade importante na rede de ruas. Nesse sentido, existe facilidade na ida a um centro quando há intenção de comprar uma quantidade considerável de mercadorias e serviços. Isso pode ocorrer em detrimento do deslocamento a várias firmas do varejo e serviços em localizações diferentes, a fim de atender às necessidades de consumo. Mulligan (1987) salienta também a retroalimentação gerada nesse movimento, uma vez que a maior variedade de produtos e serviços vendidos atrai mais consumidores, formando um ciclo e, então, aglomeração ainda maior de firmas heterogêneas.

Os padrões de distribuição do varejo e dos serviços em *shopping centers* não serão amplamente discutidos nesta pesquisa. Essa escolha tem motivação na busca pela análise locacional sob o ponto de vista de como as firmas supracitadas escolhem suas localizações na rede de ruas de Petrópolis. Ainda que sejam analisadas as localizações das firmas que estão instaladas em *shopping centers*, estas são tratadas em sua individualidade, mesmo que possuam o mesmo endereço. É importante ressaltar, no entanto, que há vasta literatura nacional que aborda a temática em tela, tais como Pintaudi (1987; 1989) e Silva (2020).

2.3.1.3 Comparação entre produtos e condições de pagamento como fatores endógenos de aglomeração

Os padrões de distribuição espacial do varejo e dos serviços, abordados anteriormente, são caracterizados por aglomerações de firmas complementares. Como foi visto, esses padrões têm suas existências ligadas à economia de transporte e ao transbordamento das demandas por clientes entre as firmas de diferentes tamanhos. Nesta seção, será abordado um dos padrões de localização de firmas do varejo e dos serviços que mais apresenta relevância nas cidades. Essa aglomeração de lojas homogêneas é chamada por Corrêa (1989) de ruas especializadas. Tais formas comerciais têm como característica principal a presença preponderante de varejo e de serviços que comercializam produtos e serviços do mesmo tipo. Notadamente, são lojas competitivas que formam um polo de demandas por consumidores. Como já mencionado, é possível encontrar, sobretudo em grandes centros brasileiros, ruas especializadas em varejo de tecidos e roupas, autopeças, bares e restaurantes, manutenção de veículos, lustres, dentre outros.

Fatores exógenos e endógenos podem explicar parcialmente a opção pela formação de ruas especializadas. O primeiro, lembrando, relaciona-se às facilidades da rede de ruas promovidas, sobretudo, pelo sistema de transportes, que facilitam a acessibilidade desses locais. Isso torna, por óbvio, estes locais altamente desejáveis e concorridos, inclusive por firmas concorrentes. Já os fatores endógenos tiveram explicação seminal, embora limitada, no famoso artigo “*Stability in competition*”, de Hotelling (1929). O autor buscava explicar, de maneira teórica, a tendência à aglomeração de firmas competitivas. Utilizou como exemplo dois vendedores de sorvete em uma praia de tamanho finito, com quantidade de clientes uniforme

em toda a praia, sem acréscimos posteriores. Assim, a teoria de Hotelling (1929) é explicada de maneira didática por Sevtsuk (2020):

Imagine uma situação em que dois carrinhos de sorvete operam na mesma praia. Os clientes estão distribuídos uniformemente pela praia e os dois quiosques vendem sorvetes quase idênticos. Se um vendedor se localiza no ponto a um quarto do caminho [entre uma extremidade e outra da praia] e o segundo vendedor no mesmo ponto do outro lado, então ambos os vendedores estão mais próximos do mesmo número de clientes e ganham a mesma receita. Isso constitui uma situação de equilíbrio socialmente ótimo para ambos os quiosques e todos os compradores de sorvete na praia, em que o menor tempo possível de caminhada é exigido dos clientes. Isso significa que não há melhor posição para os dois quiosques de sorvete reduzirem os custos de transporte para todos os banhistas coletivamente. Mas e se um dos vendedores aproximar seu quiosque do outro [...]? Isso aumentaria a área de mercado para o vendedor que se moveu, já que seu novo local agora está mais próximo de mais banhistas. O aumento ocorre às custas do segundo fornecedor, que agora tem menos clientes. Ver como o primeiro quiosque está se beneficiando de mais clientes dá ao segundo quiosque um incentivo para também mudar. Ao se aproximar do meio da praia, o segundo quiosque também pode atrair mais clientes. Assim, ambos os quiosques poderiam continuar se movendo olho por olho. A certa altura, eles acabarão se localizando ombro a ombro no meio da praia e descobrirão que, nessa situação, dividirão os lucros igualmente - nenhum dos quiosques se beneficia de mais clientes. Na verdade, sempre que um quiosque se afasta do centro, ele perde clientes para o outro fornecedor. O centro da praia é o único ponto onde o risco de movimentos do concorrente desaparece - um quiosque no centro não pode perder receita, não importa para onde o outro vendedor se move. Consequentemente, nenhum dos vendedores tem incentivo para se afastar do centro, porque uma mudança só causaria uma queda nas vendas.⁵ (Sevtsuk, 2020, p. 84)

⁵ Originalmente, em inglês: *Imagine a situation where two ice-cream carts operate on the same beach. Customers are uniformly spread throughout the beach and both kiosks sell almost identical ice cream. If one vendor locates at the point one-quarter of the way between the center and one end of the beach and the second vendor at the same point on the other side, then both vendors are closest to the same number of customers and earn the same revenues. This constitutes a socially optimal equilibrium situation for both kiosks and all the ice-cream buyers on the beach, whereby the least possible amount of walking is required from customers. That means there is no better position for the two ice-cream kiosks to reduce transportation costs for all beachgoers collectively. But what if one of the vendors moves its kiosk closer to the other [...]? Doing so would increase the market area for the first vendor, since its new location is now closer to more beachgoers. The increase comes at the cost of the second vendor, who now has fewer customers. Seeing how the first kiosk is benefiting from more customers gives the second kiosk an incentive to also move. By moving closer to the middle of the beach, the*

Contudo, o mercado consumidor é elástico e não uniformemente distribuído, além do fato de que a mudança locacional das firmas gera custos, que podem ser elevados, bem como a incerteza quanto aos lucros trazidos pela nova localização. Nesse contexto, o que pode ser apreendido da aglomeração de firmas homogêneas, a partir de fatores endógenos é a possibilidade facilitada de comparação de preços e condições de pagamento. Ainda assim, Sevtsuk (2010) chama atenção para dois possíveis efeitos negativos dessa aglomeração: (i) a divisão de clientes entre as firmas, e a cada nova firma, menor a parcela de cada uma e; (ii) a possibilidade de constante diminuição de preços, em decorrência da competição das firmas.

Finalmente, conforme Villaça (1998), ainda que as duas condições negativas trazidas sejam verdadeiras, a aglomeração pode compensar, o que corrobora a visão de Sevtsuk (2010). Assim, Villaça (1998) entende que:

A questão da diversidade e dosagem equilibrada de comércio e serviços é importante, pois há centros especializados (a rua da Consolação, em São Paulo, é especializada em lustres; a Santa Efigênia, em material elétrico e eletrônico; a avenida Duque de Caxias, em autopeças, etc.). Tais centros, é válido destacar, frequentemente atendem a toda a área metropolitana, ou a maior parte dela, como o faz o centro principal (Villaça, 1998, p. 293).

Dessa maneira, a economia nos custos, gerada pelas pesquisas de produtos em ruas especializadas, pode ter como consequência uma demanda positiva da parte dos clientes de forma que compense a alta concorrência. Acredita-se que a importância em trazer e detalhar as diferentes classificações de diversas formas comerciais, está no fato de que há nelas características iguais ou semelhantes, que podem se apresentar, inclusive, mescladas. Trabalhos como os de Erthal (1980), Serpa (1991), Reis (2001) e Ribeiro Filho (2004) apresentam, para

second kiosk also can attract more customers. Thus, both kiosks could continue moving tit for tat. At one point they will end up locating shoulder to shoulder in the middle of the beach and discover that in this situation, they split the proceeds equally—neither of the kiosks benefits from more customers. In fact, any time a kiosk moves away from the center, it loses customers to the other vendor. The center of the beach is the only point where the risk of competitor's moves vanishes—a kiosk at the center cannot lose revenue, no matter where the other vendor moves. Consequently, neither seller has an incentive to move away from the center because a move would only cause a decrease in sales. (Sevtsuk, 2020, p. 84).

diversas escalas geográficas, como as formas comerciais estão distribuídas no espaço intraurbano em cidades brasileiras, onde é possível identificar formas comerciais de diferentes classificações.

3. Materiais e métodos

A operacionalização da pesquisa segue etapas predefinidas (figura 8) que compõem toda a trajetória para atingir os objetivos específicos e, por fim, o objetivo geral, delineados anteriormente. As etapas são: aquisição dos dados; correções e adaptações dos dados; processos necessários para utilização dos dados em SIG; e análises pertinentes à pesquisa realizada.

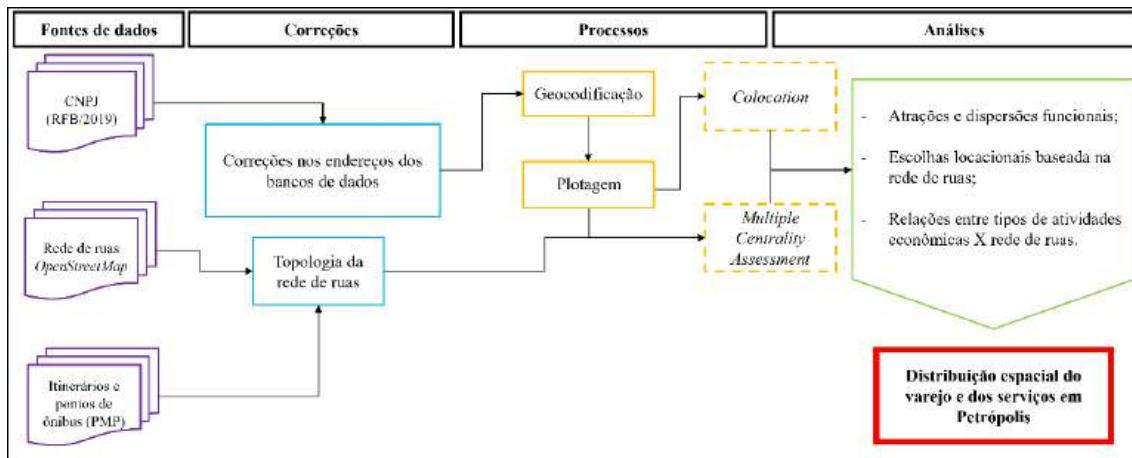


Figura 8 - Fluxograma da metodologia.

Os dados adquiridos na primeira etapa do trabalho fazem referência à rede de ruas extraída da base do *OpenStreetMap* (OSM), por onde passam 191 linhas de ônibus em Petrópolis; dos itinerários das linhas de ônibus que circulam na cidade e seus pontos de parada; e dos endereços das firmas de comércio varejista e de serviços.

A rede de ruas foi extraída da base digital do OSM a partir do plugin *QuickOSM*, do SIG QGIS. Essa ferramenta possibilita que sejam extraídas as geoinformações provenientes dessa base colaborativa e livre para uso, exigindo apenas a citação da origem dos dados. A base do OSM é reconhecidamente de boa qualidade cartográfica e, para este trabalho, foi comparada com a base cartográfica digital da Prefeitura Municipal de Petrópolis, na escala 1:2.000, de 1999. Essa comparação visual constatou a adequação das duas bases cartográficas. Ademais, como análises espaciais conduzidas não demandam grande acurácia cartográfica, sua escolha foi facilitada.

A decisão de utilizar esta base cartográfica digital para Petrópolis vai ao encontro da atualização da geoinformação disponibilizada pelo *OSM*. Além disso, a articulação de folhas da base cartográfica da Prefeitura de Petrópolis não está completa, o que não permitiria a aquisição de importantes vias que devem compor a rede espacial de ruas para a análise nesta pesquisa. Outro ponto importante a favor da base de ruas utilizada é a representação da via em relação ao seu eixo central. Isso quer dizer que cada via é representada por uma linha única, mesmo que apresente duplo sentido de circulação de automóveis, com a exceção de vias que são separadas por canteiros centrais. A base cartográfica da Prefeitura de Petrópolis não apresenta essa possibilidade, uma vez que as ruas são representadas pelas suas duas margens. A figura 9 mostra as representações das vias pela base cartográfica da Prefeitura de Petrópolis, em vermelho, e pelo *OSM*, com linha única, em azul. Outra vantagem que é possível ser vista a partir da figura 9 é que a base do *OSM* tem atualização constante e apresenta inúmeras ruas e servidões que não estão presentes da base da Prefeitura.

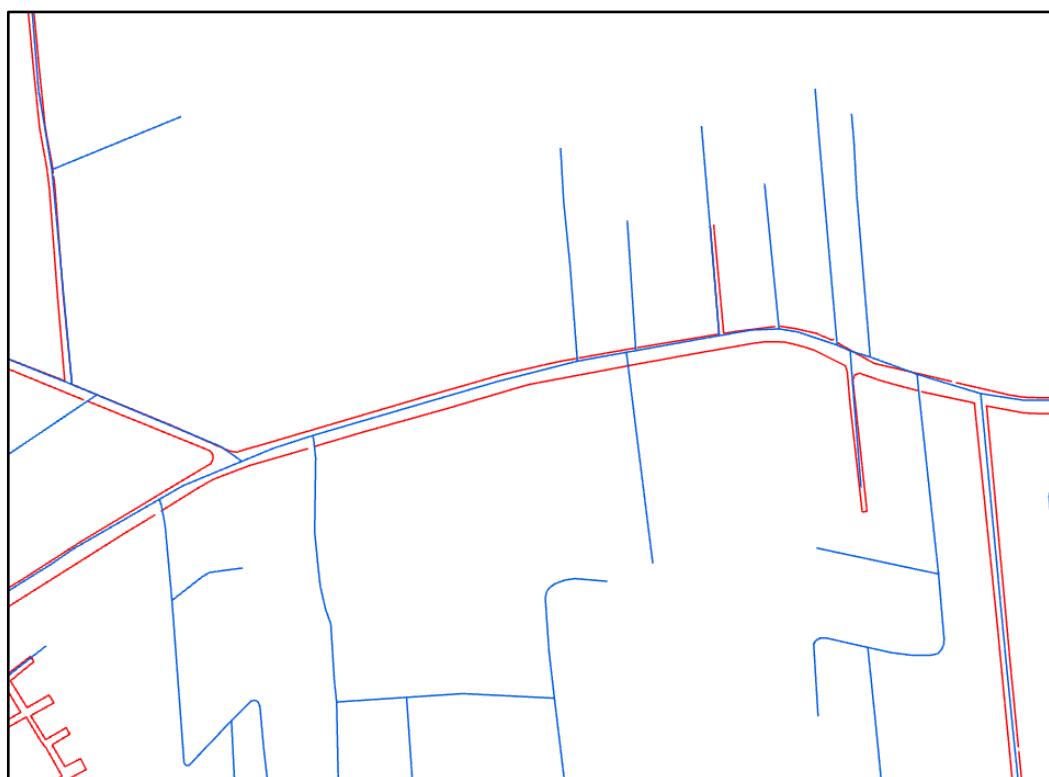


Figura 9 - Diferenças entre as representações das vias urbanas pela base cartográfica 1:2000 da Prefeitura Municipal de Petrópolis (linhas vermelhas) e pela base do *OpenStreetMap* (linhas azuis).

Os dados relacionados aos itinerários das linhas de ônibus foram gentilmente cedidos pela Companhia Petropolitana de Transportes (CPTrans), empresa pública da Prefeitura de Petrópolis. O acesso a esse dado se deu via Lei de Acesso à Informação. Apesar de o *shapefile* dos itinerários das linhas de ônibus apresentarem os percursos dos ônibus como polilinhas, elas não estavam totalmente alinhadas com a rede de ruas da cidade, visto que essas linhas são geradas por receptores GNSS instalados nos ônibus. A figura 10 mostra a falta de alinhamento entre a rede de ruas e os percursos dos ônibus. No recorte destacado é possível identificar que as linhas não se sobrepõem de maneira idêntica, o que poderia acarretar uma série de erros topológicos nas análises subsequentes. Na segunda etapa da pesquisa, essas correções foram feitas nesse conjunto de dados.

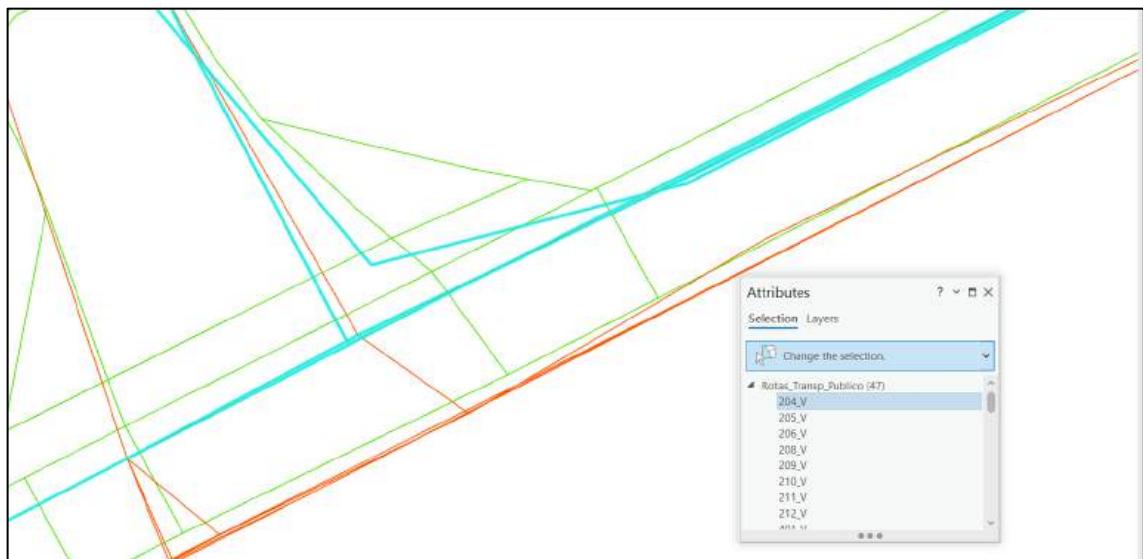


Figura 10 - Identificação de erros de interseções de linhas de percursos de ônibus (em verde, a rede de ruas; em vermelho, os itinerários das linhas de ônibus; em azul, a seleção de alguns dos itinerários).

Uma vez que as correções de alinhamento entre os itinerários das linhas de ônibus e a rede de ruas estavam finalizadas, foi possível criar um modelo de rede conhecido como *Network Dataset*. Esse modelo é necessário para as análises em rede dos índices de acessibilidade previamente mencionados. O *Network Dataset* utilizado na pesquisa foi construído no SIG ArcGIS Pro®, e consiste em um conjunto de dados que modela a conectividade entre pontos da rede. Foi desenvolvido para análises de recursos de transporte e pode apresentar ou não características das vias, tais como sentidos de circulação, curvas permitidas ou não, velocidades

das vias, túneis, viadutos etc. Esse conjunto de dados em rede (ou modelo) é composto por pelo menos dois arquivos: um arquivo *shapefile* de arestas (polilinhas), que ligam pelo menos dois nós; e um arquivo *shapefile* de nós (junções) que se localizam nas extremidades das arestas com a função de interconectar umas às outras, como mostra o exemplo da figura 11, que apresenta um *Network Dataset* de todas as vias de Petrópolis.

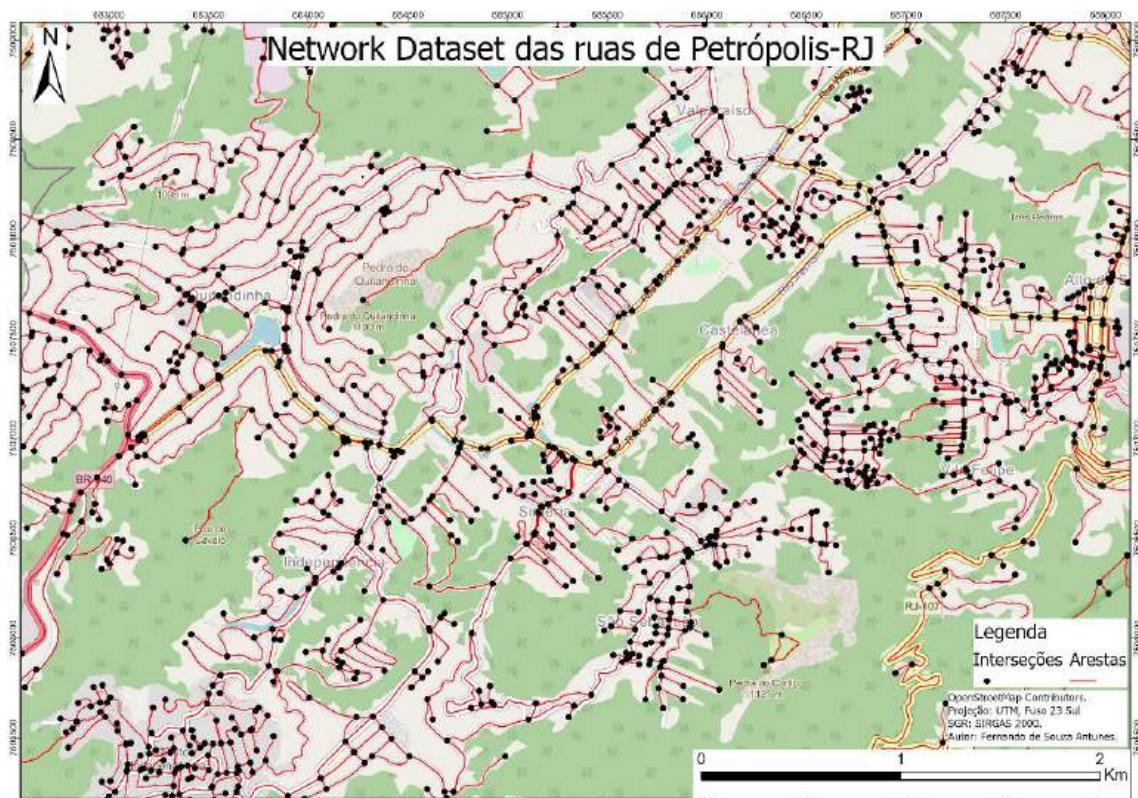


Figura 11 - *Network Dataset* utilizado nas análises da pesquisa.

Ao contrário de Antunes *et al.* (2022), Wang *et al.* (2014) e Porta *et al.* (2009), busca-se nesta pesquisa verificar se os índices de acessibilidade podem indicar preferências locacionais não em toda a rede de ruas de Petrópolis, mas somente nas ruas que formam a rede de rotas de ônibus da cidade. Também é preciso chamar atenção para o fato de que, parte importante da população se desloca utilizando ônibus em Petrópolis, diferentemente de áreas urbanas de maior porte, sobretudo dos Estados Unidos, que foram objeto de estudo de muitos dos trabalhos que utilizaram a *MCA*.

Nesse contexto, entende-se que a investigação da rede reduzida, em detrimento da rede completa de ruas da cidade, pode levar a um resultado mais acurado, uma vez que há menor generalização dos resultados. Esse raciocínio tem fundamento, sobretudo, nas dimensões das redes mencionadas. Enquanto a rede completa de ruas de Petrópolis tem 2.108 km de extensão total, a rede reduzida apresenta um total de 448 km de extensão, isto é, uma redução de 370%. Utilizando o SIG e o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) para o Censo Demográfico de 2022, do IBGE, foi possível identificar 130.436 domicílios em até 10 minutos de caminhada de pontos de ônibus (medição utilizando a rede de ruas). Essa quantidade corresponde a 94,1% do total (138.596 domicílios). Segundo o IBGE (2022), Petrópolis tem 278.881 habitantes, resultando em uma média de dois moradores por domicílio. Em suma, estima-se que, ao menos, 260.872 pessoas vivam em até 10 minutos de caminhada de um ponto de ônibus. A figura 12 mostra a rede de ruas formada pelos itinerários dos ônibus.

Seguindo a mesma lógica de utilização da rede formada pelas ruas que compõem os itinerários dos ônibus, para a análise definiu-se a utilização dos pontos de ônibus, além dos nós das interseções e inícios de vias. Essa decisão baseia-se na tentativa de aproximar as análises espaciais desta pesquisa à realidade encontrada no cotidiano da cidade. Junta-se a esse critério, o fato de que alguns tipos de lojas podem ter maior dinamismo se localizados próximos do ponto de parada dos ônibus. Estes são origens e destinos de pedestres que estão deixando ou entrando no sistema de transporte público, respectivamente. Os pedestres podem ser potenciais clientes, sobretudo, para o varejo.

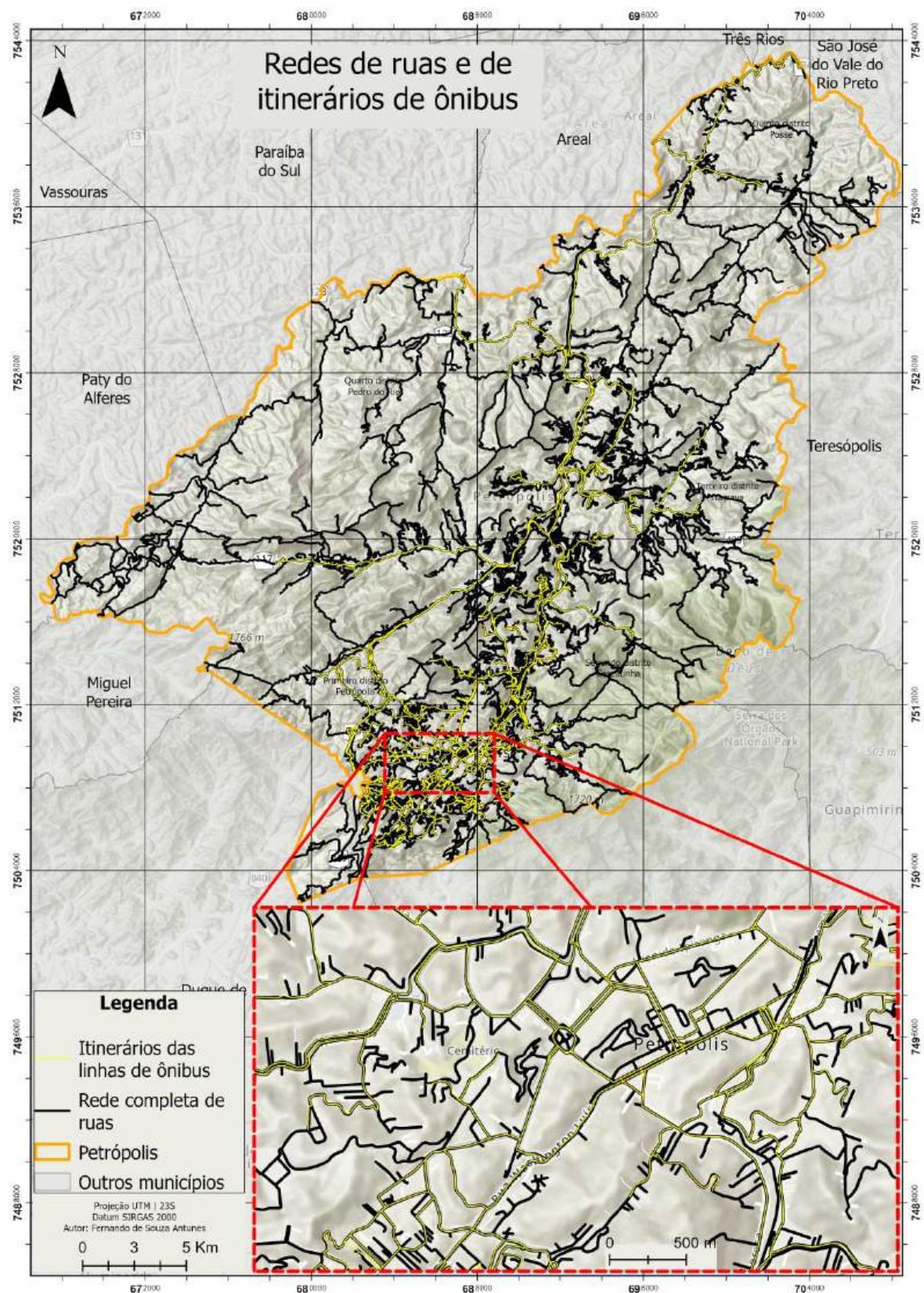


Figura 12 - Distribuição da rede de ruas e da rede formada por itinerários de linhas de ônibus em Petrópolis.

Em relação aos dados referentes às atividades econômicas, foram extraídos da base do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ), disponibilizado *online* pela Receita Federal Brasileira (RFB) para o ano de 2019, isto é, antes da pandemia de Covid-19 (figura 13). Os dados extraídos do *website* da RFB não possuem informações referentes às coordenadas geográficas para localização das firmas em um SIG, apenas informação relativas aos seus endereços. Estes, dentre outros dados cadastrais de cada um dos CNPJ, são abertos. Dessa maneira, foi possível geocodificar esses endereços, a fim de convertê-los para coordenadas geográficas. O processo de geocodificação foi realizado no Google Earth Pro®.

	cnpj	identificador_matriz_fili	razao_social	nome_fantasia	data_inicio_ativida	descricao_tipo_logradou	logradouro	numero
310	2140318100181		1 CLAUDIO GABRIEL FERREIRA SILVA 16743411728		07/08/2015 ESTRADA		Nossa Senhora Da Glória	1.017
311	6368875000183		1 T. SPECTOR MOVEIS LTDA	G'S MOVEIS	22/03/2004 RUA		DO IMPERADOR	1.03
312	24895618000125		1 PLENTY MÓX COMÉRCIO DE ALIMENTOS EIRELI	PLENTY FRUIT	30/05/2016 RUA		DO IMPERADOR	1.047
313	195842460001380		1 ANVAGOM ALUMINIZACAO LTDA		23/01/2014 RUA		DO IMPERADOR	1.065
314	30013734000191		1 SMART SERIA ALAHOM MIA INTELIGENTE LTDA		26/04/2018 RUA		DO IMPERADOR	1.085 / 1.083/1.059
315	21487267000191		1 JENIFER DANIELE PAULINO 12854187907		07/12/2014 RUA		ATILIO MAROTTI	1.09
316	6037817000110		1 MECÂNICA I & CAR LTDA		27/11/2003 RUA		CEL. DIÁRTE DA SILVEIRA	1.094 / 01A
317	20073316000139		1 CALIBRA EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS EIREU		27/08/2014 ESTRADA		DO IBERABA GRANDE	1.1 RUA B
318	22469414000105		1 NASEBRA MOVEIS LTDA		18/05/2015 ESTRADA		DO IBERABA GRANDE	N. 28
319	12985700000161		1 POSTO AMARELINHO DE PETROPOLIS LTDA	POSTO AMARELINHO	27/04/2009 RUA		TEREZA	1.114
320	174880210000194		1 CONDOMINIO CASTELANEIA VILLAGE	CONDOMINIO CASTELANEIA	01/12/2010 RUA		OLAVO BLAC	1.135
321	209369448610406		1 WANDERLEY PAIXAO 29750469704	W Y P DESPACHANTE COFFEE	24/01/2013 RUA		WASHINGTON LUIZ	1.159
322	6034680448610406		1 BANCO BRADESCO S.A.	BRADESCO AG. BAHIA BNIG	15/03/2010 RUA		DOUTOR PAULO HERVE	1.162
323	18675015000196		1 REGINALDO PEREIRA DE MERCEDES 1015269371999 BAIR F MERCERIA		14/08/2013 RUA		CORONEL DIÁRTE DA SILVEIR	1.22 CASA / LOJA
324	15802443000173		1 AUTO POSTO ONIX 1288 LTDA		28/06/2012 RUA		GENERAL RONDON	1.243
325	26742210000124		1 LUIZ FELIPE KASPER SILVA 12124107773		20/12/2016 ESTRADA		DO IRMÃ	1.265
326	7023045000113		1 LSN LOCADORA E SERVICOS LTDA		04/10/2004 RUA		QUSSAMA	1.275 PARTE
327	15630057000141		1 AUTO POSTO NAT LTDA		30/05/2012 RUA		QUSSAMA	1.275
328	5046207000116		1 NOG UBRAS E GUERRA MATERIAIS DE CONSTRUÇAO MARCELO'S MATERIAIS PARA		06/05/2002 ESTRADA		DA SAUDADE	1.279
329	62958415000150		1 BOCCK E ARAUJO MERCADINHO LTDA	MERCADINHO ALVORADA	26/04/2004 RUA		DR. PAULO HERVE	1.293 CAIBLA
330	4836014000109		1 PEDROGO MOTOS LTDA	PETRO MOTOS	22/11/2001 RUA		QUSSAMA	1.294 A
331	2851354000175		1 MJ SCHMITT MYMERCADO LTDA		23/10/1998 RUA		QUSSAMA	1.301
332	2781418000179		1 MIRIAN DE ARAUJO SILVA SOUZA 12277704718		25/05/2017 RUA		DOUTOR THOUZET	1.32 LOTE 26 QUADRA B
333	5657020000134		1 GATTO DUE COMÉRCIO DE MAIAS LTDA		28/04/1994 RUA		DR PAULO HERVE	1.375 BOX 17
334	3265627000200		2 ARMA & ESPUMA CONFECOES LTDA		14/01/1995 RUA		DR PAULO HERVE	1.375 BOX 08
335	3108082000942		2 ASSOCIAÇÃO FAJULADES CATÓRICAS PETROPOLITANAS		15/12/1998 RUA		DR PAULO HERVE	1.435
336	7262783000145		1 CESSO RAIA BAR		24/10/2005 RUA		TERESA	1.468

Figura 13 - Dados cadastrais de CNPJ ativos em 2019 em Petrópolis.

A segunda etapa diz respeito ao tratamento dos dados. Os dados provenientes do CNPJ já pertenciam a um banco de dados razoavelmente organizado. Ainda assim, foi necessário realizar uma adequação na tabela exportada desse banco de dados e deixar somente os dados que interessam à pesquisa: razão social/nome de fantasia; componentes do endereço e; código CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas). Essa classificação se apresenta por um código numérico que faz referência à classificação dos tipos de atividades econômicas em que pode se encaixar ao CNPJ de cada de atividade econômica no Brasil. Na figura 14, uma pequena amostra das categorias CNAE utilizadas. Todo registro de CNPJ apresenta pelo menos um código de subclasse, ou seja, o nível mais detalhado da hierarquia. Dessa forma, foi possível separar e extrair do banco de dados somente as firmas do comércio varejista e dos serviços.

Hierarquia	
Seção:	G COMÉRCIO; REPARAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS
Divisão:	47 COMÉRCIO VAREJISTA
Grupo:	47.2 Comércio varejista de produtos alimentícios, bebidas e fumo.
Classe:	47.22-9 Comércio varejista de carnes e pescados - açougue e peixarias
Subclasse:	4722-9/01 Comércio varejista de carnes - açouguerias
	4722-9/02 Peixaria

Figura 14 - Parte da hierarquia dos tipos de atividades econômicas estabelecidas pela CNAE.

Dos CNPJ ativos em Petrópolis em 2019, foram selecionados somente os que não estavam cadastradas como Microempreendedor Individual (MEI). Essa seleção é necessária, uma vez que a grande parte desses registros têm como referência o endereço residencial do responsável pelo CNPJ. Para esta pesquisa, deseja-se somente os endereços corporativos/comerciais. Ao final da seleção, restaram 5.671 firmas de varejo e de serviços, distribuídas pelo território municipal (figura 15).

Os endereços dos CNPJ foram conferidos e corrigidos quando necessário. Tais correções devem ser entendidas como adequações de abreviações, que muitas vezes não são reconhecidas pelo motor de geocodificação. Outro ponto importante diz respeito aos registros que apresentavam endereço incompleto, como a falta de número. Para esses registros, definiu-se que seriam removidos do banco de dados e, portanto, excluídos do conjunto geral usado na pesquisa.

Fato muito comum nos municípios brasileiros, muitos logradouros são alterados ao longo do tempo devido a inúmeras motivações. O caso de Petrópolis é bem representativo, visto que um dos objetivos de construção da cidade era o descanso e lazer da Família Imperial (Ambrozio, 2008). Com a mudança da estrutura política de Império para República, houve uma clara intenção de apagar os vestígios do primeiro, modificando os nomes de importantes ruas da cidade. Exemplos emblemáticos são os da

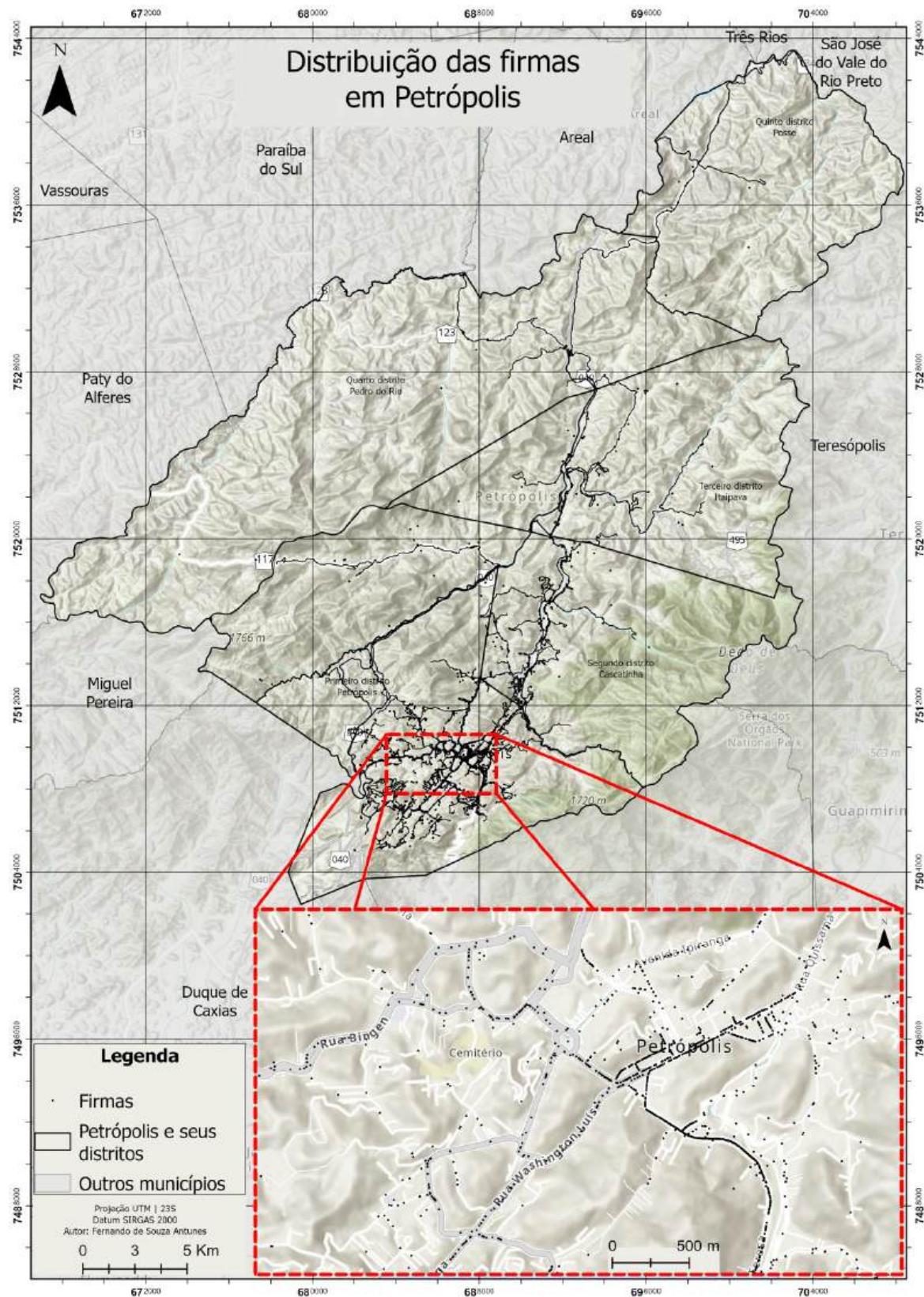


Figura 15 – Distribuição geral das firmas em Petrópolis.

rua do Imperador e o da rua da Imperatriz, que passaram a se chamar rua XV de Novembro e rua 7 de Setembro, respectivamente. A rua do Imperador voltou à denominação original em 1979 e a rua da Imperatriz, em 1983. Nesse sentido, foi inevitável buscar e corrigir as alterações nos arquivos para o que consta nas atuais bases cartográficas, garantindo maior sucesso na geocodificação.

A respeito da seleção de quais tipos de varejo e de serviços seriam considerados na pesquisa, buscou-se dentre as atividades econômicas aquelas que estão mais relacionadas com o cotidiano da população. Nesse contexto, foram considerados os tipos de atividades que vendem seus produtos e serviços diretamente ao usuário final. Para tanto, foi utilizado o Cadastro Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) com vistas a selecionar os tipos de atividades pertinentes a esse fim. Cada tipo de atividade no CNAE tem um código específico, que também está presente no registro de cada um dos CNPJ. A tabela 1 contém os tipos de negócios que foram abordados nesta pesquisa.

Tabela 1 - Tipos de atividades econômicas e suas quantidades em Petrópolis-RJ.

Tipo de atividade	n
Varejo de roupas e acessórios	1497
Serviços de alimentação	968
Serviços de saúde humana	542
Varejo de eletrônicos	368
Imobiliárias	306
Varejo de móveis/iluminação	136
Mercearias	241
Educação	209
Farmácias	197
Varejo de tecidos	192
Oficinas Mecânicas	151
Padarias	124
Varejo de calçados	117
Serviços de alojamento	116
Bancos	108
Varejo de automóveis	106
Serviços advocatícios	102
Salões de beleza	83
Açougue	74
Supermercados	34
TOTAL	5671

A terceira etapa consiste em processos aplicados aos dados, após as correções realizadas na etapa anterior. Esses processos consistem no georreferenciamento dos endereços constantes no banco de dados utilizado e sua posterior entrada no SIG. Há de se mencionar que dois processos que ocorrem nessa etapa são também entendidos como análises dos dados, ou seja, também foram abordados na etapa posterior. Tais processos são (i) o cálculo dos índices de acessibilidade, no âmbito da *MCA* e o (ii) coeficiente de associação/isolamento espacial (*Colocation Coefficient*). Entende-se que eles pertencem às etapas de processos e de análises porque têm uma série de procedimentos práticos, utilizando ferramentas em SIG para o cálculo, mas também têm um arcabouço teórico que concede embasamento para as análises.

No que diz respeito à *MCA*, o cálculo dos índices de acessibilidade se dá pelo uso da ferramenta *Urban Network Analysis (UNA)*, desenvolvida por Sevtsuk e Mekonnen (2012). A ferramenta apresenta uma série de possibilidades em análises de redes, como mostra a figura 16. É possível calcular diversos índices de acessibilidade, como o “alcance” (*reach*, em inglês), que tem a função de contar quantos destinos (nós) estão ao alcance de cada um dos nós da rede como um todo, ou de uma distância previamente definida. Para além da contagem dos destinos, é possível quantificar um determinado atributo deste destino, como por exemplo o número de moradores de prédios, ou mesmo de trabalhadores dentro de uma distância pré-definida. Esta análise é bastante útil para inúmeras análises espaciais urbanas. Para além do índice *reach*, pode-se também calcular os outros índices já mencionados na seção anterior: *closeness*, *betweenness*, *straightness* e *gravity*.

Para esta pesquisa, adotou-se a contagem de firmas e de domicílios como pesos nas equações dos índices de acessibilidade. Entende-se que essa decisão se faz necessária, uma vez que este parâmetro nas equações levaria à maior acurácia na análise. Sabe-se que firmas de varejo e de serviços têm preferência por localizarem-se onde há maior facilidade de acesso por parte dos clientes (Sevtsuk, 2020). A contagem das firmas e dos domicílios não se deu de maneira livre para toda a cidade, mas, sim, respeitando a um limite de 600 metros de distância. A escolha da distância em rede de 600 metros (equivalente a uma caminhada de aproximadamente 10 minutos) está alinhada à literatura que investiga esta temática (Sevtsuk, 2020).

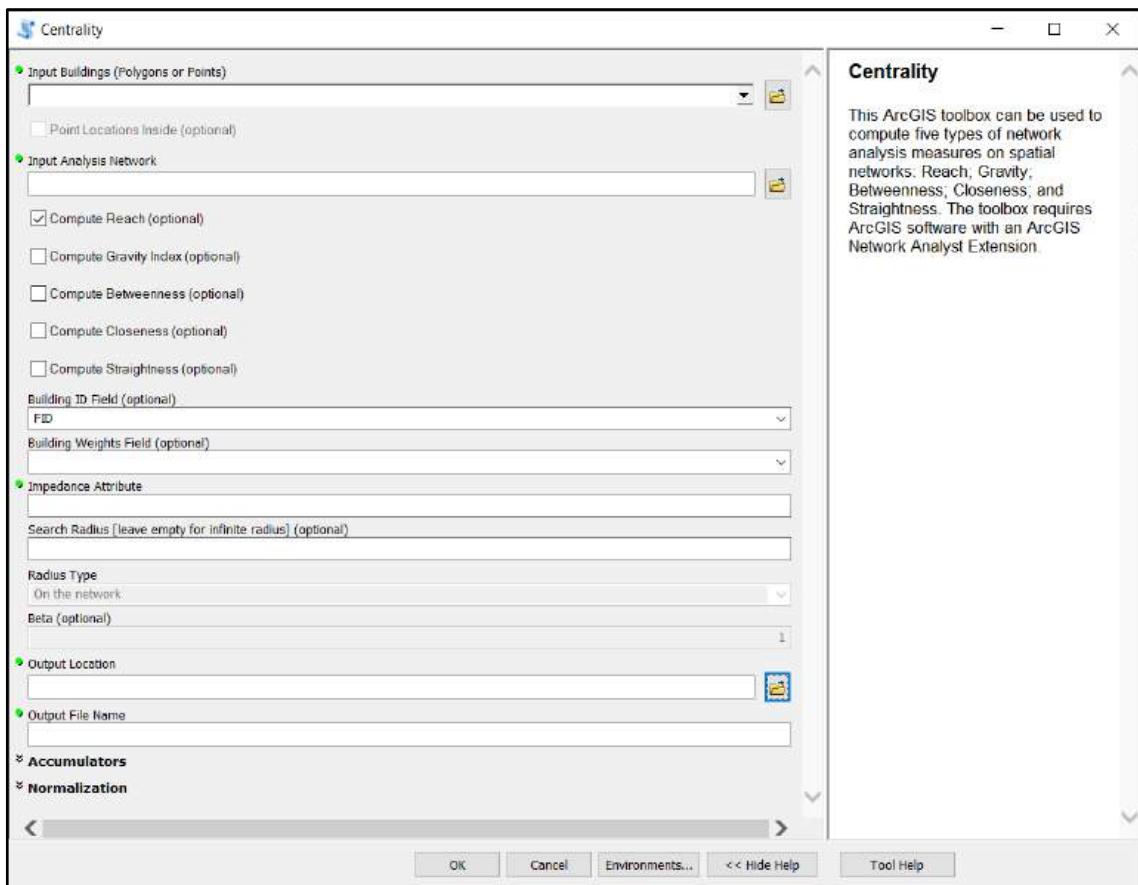


Figura 16 - tela principal da ferramenta *Urban Network Analysis (UNA)*.

Há também outras possibilidades importantes para análises de redes na ferramenta UNA, como o decaimento da distância (beta). Essa funcionalidade permite que seja estipulado um peso de decaimento da distância, à medida que esta aumenta. Tal função é apropriada para os cálculos dos índices, sob o entendimento de que destinos mais distantes tendem a ter menor peso nos cálculos. Efetivamente, essa é uma funcionalidade que permite aplicar a Lei de Tobler (1970).

Apesar de ser um tipo de sistema de posicionamento espacial, como lembra Longley *et al.* (2013), endereços não podem ser usados para posicionar espacialmente as firmas no SIG, ou seja, há necessidade de geocodificar esses endereços. A geocodificação é um processo de conversão de endereços em coordenadas geográficas, a fim de permitir as análises espaciais posteriores no SIG. Para isso, foi utilizado um motor de geocodificação, que georreferenciou, sob as coordenadas de cada endereço, os registros do banco de dados. Dessa maneira, após o motor de geocodificação achar o endereço buscado, ele cria um ponto no local. Esse ponto tem

alguns níveis de precisão, podendo constar exatamente no telhado da edificação, no centro do lote ou no centroide da linha que representa o logradouro (quando não é achado o número do endereço no logradouro informado).

A quarta fase refere-se às análises empreendidas. Buscou-se identificar uma série de padrões espaciais que evidenciem a distribuição espacial das atividades de comércio varejista e de serviços em Petrópolis. A utilização do método *MCA* de Porta *et al.* (2006) resultou na classificação das vias da cidade, de acordo com um índice médio de acessibilidade em cada uma delas.

A *MCA* utiliza a Estimativa de Densidade de Kernel (da sigla, em inglês, *KDE*) para comparar quantitativamente as densidades dos índices de acessibilidade (*gravity*, *closeness*, *betweenness* e *straightness*) das ruas e a densidade de cada um dos tipos de atividade listados na tabela 1. Após o cálculo dos índices de acessibilidade, foram criados modelos *KDE*, utilizando o mesmo tamanho de pixel e o mesmo raio de busca, havendo, necessariamente, que abranger exatamente o mesmo recorte espacial (*extent*). A utilização desses mesmos parâmetros possibilita a comparação dos valores de *pixel* de uma mesma posição no espaço, para diferentes modelos *KDE*. Assim, foi possível efetuar um cálculo de correlação entre os valores dos *pixels* que se sobrepõem, para valores de densidade de cada índice de acessibilidade das ruas e densidade de cada um dos tipos de atividades (figura 17).

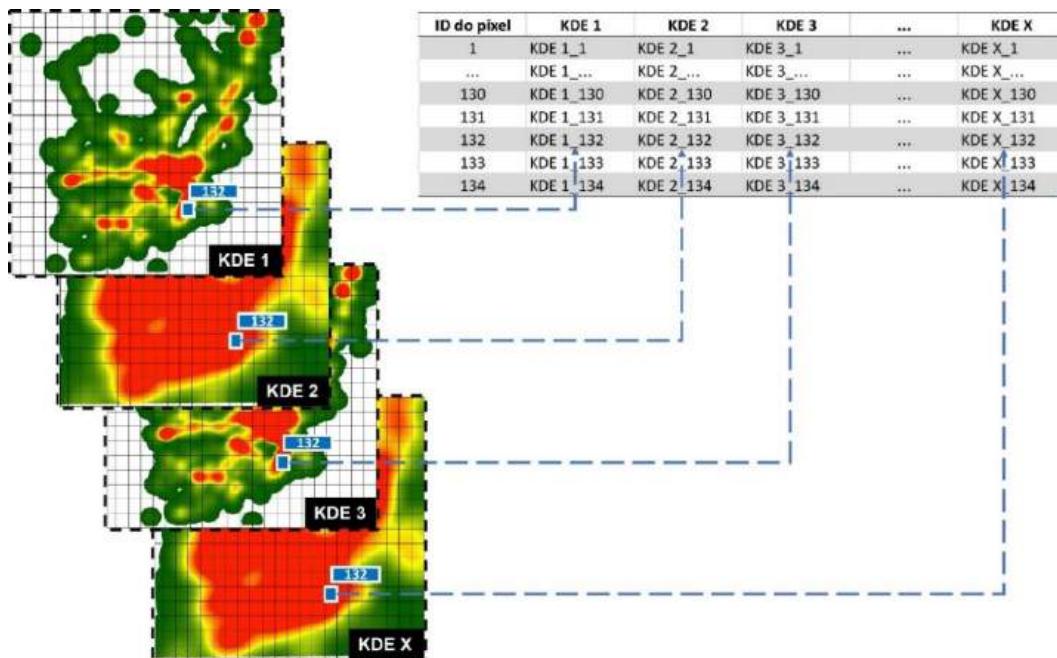


Figura 17 - Esquema de extração de valores de pixel para correlação entre índices de centralidade e de densidade de atividades (adaptado de Porta *et al.*, 2009).

Ainda na fase de análises, foi utilizado o método de Coeficiente de *Colocation Global* (GCLQ) para investigar a associação ou o isolamento espacial entre os tipos de atividades. Assim, foi possível construir um cenário das preferências locacionais das atividades econômicas em Petrópolis no que diz respeito às suas disposições espaciais na rede de ruas e no que diz respeito às suas atrações ou dispersões funcionais.

O cálculo de GCLQ foi realizado no SIG ArcGIS Pro®, utilizando a ferramenta *Colocation Analysis*. A ferramenta permite a configuração de inúmeros parâmetros, dentre eles, foram utilizados:

- 1) tipo de arquivo de entrada:
 - a) *shapefile* contendo os tipos de atividades a serem analisadas. Essa foi a opção escolhida, uma vez que existia um único *shapefile* com todos os tipos de atividades;
 - b) *shapefile* independente para cada tipo de atividade;
 - c) *shapefile* sem categorias definidas, onde todos os pontos serão considerados;

- 2) campo onde o usuário define a coluna da tabela de atributos, que faça referência a tempo, para análises de associação espaço-temporal. Essa opção não foi utilizada;
- 3) campo onde o usuário escolhe uma categoria de interesse, relacionada à informação requerida espacialmente associada à outra categoria vizinha escolhida em um campo específico. Cada um dos tipos de atividade foi escolhido como categoria de interesse e categoria vizinha, inclusive o mesmo tipo de atividade, assumindo as duas categorias;
- 4) campo onde o usuário determina como se dará a busca pela categoria vizinha: por um raio de busca (*KDE*) ou por uma quantidade específica de pontos da categoria vizinha. Essa segunda opção foi a escolhida, uma vez que a busca pela quantidade determinada da categoria vizinha, independente da distância entre esta e a categoria de interesse, parece mais realista para os objetivos desta pesquisa;
- 5) campo para definição de quantidades de permutações, a fim de testar a confiança estatística da análise empreendida. Foram definidas 199 permutações.

Os procedimentos descritos neste capítulo se mostraram necessários para qualificação dos dados que configuraram a rede espacial utilizada nesta pesquisa. O detalhamento dos procedimentos visa a possibilidade de reprodução por outros pesquisadores, bem como a avaliação das ações realizadas e, caso necessário, a adaptação a novos objetivos.

4. Resultados e discussões

Neste capítulo, são apresentados os resultados e as interpretações das análises referentes à *MCA* e à associação/isolamento espacial entre os tipos de atividade econômicas. Nesse sentido, as seções deste capítulo são direcionadas para cada uma das vinte atividades econômicas contidas na tabela 1. Em cada seção, discutem-se os resultados referentes aos índices de acessibilidade (*closeness*, *straightness*, *betweenness* e *gravity*) e à associação/isolamento espacial global.

Antes, no entanto, das seções de discussão, procede-se à apresentação dos resultados dos cálculos dos índices de acessibilidade para cada família de nós trabalhada nesta pesquisa: interseções com pesos (figuras 18 à 21); pontos de ônibus com pesos (figuras 22 à 25); e pontos de ônibus sem pesos (figuras 26 à 29). Os mapas que constam das figuras 18 à 29 mostram as variações espaciais entre os diferentes tipos de índices de acessibilidade. A relação entre os valores dos índices, suas distribuições na rede de ruas da cidade e como isso pode afetar a escolha locacional será abordada nas seções seguintes.

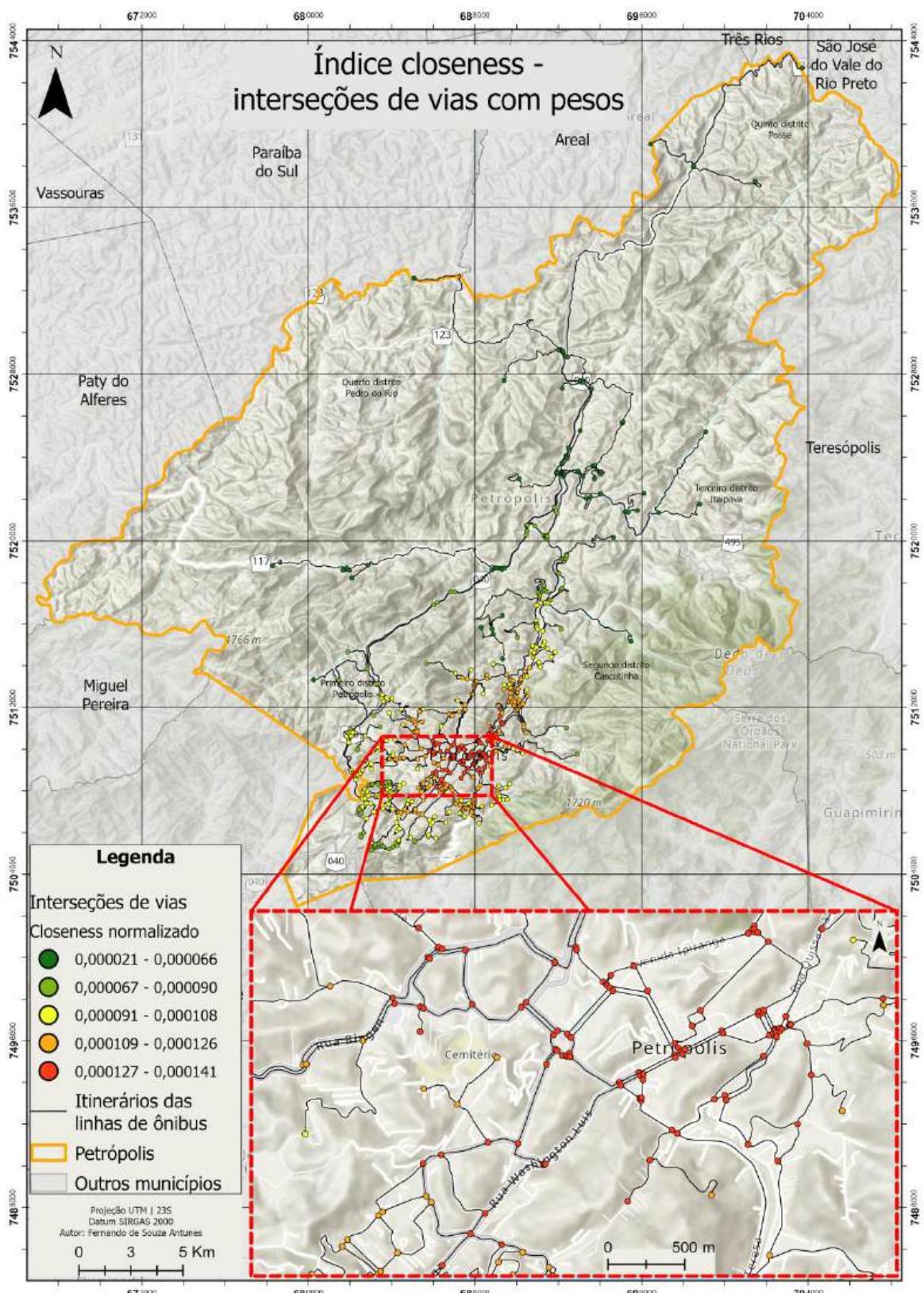


Figura 18 - Valores normalizados do índice *closeness* de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.

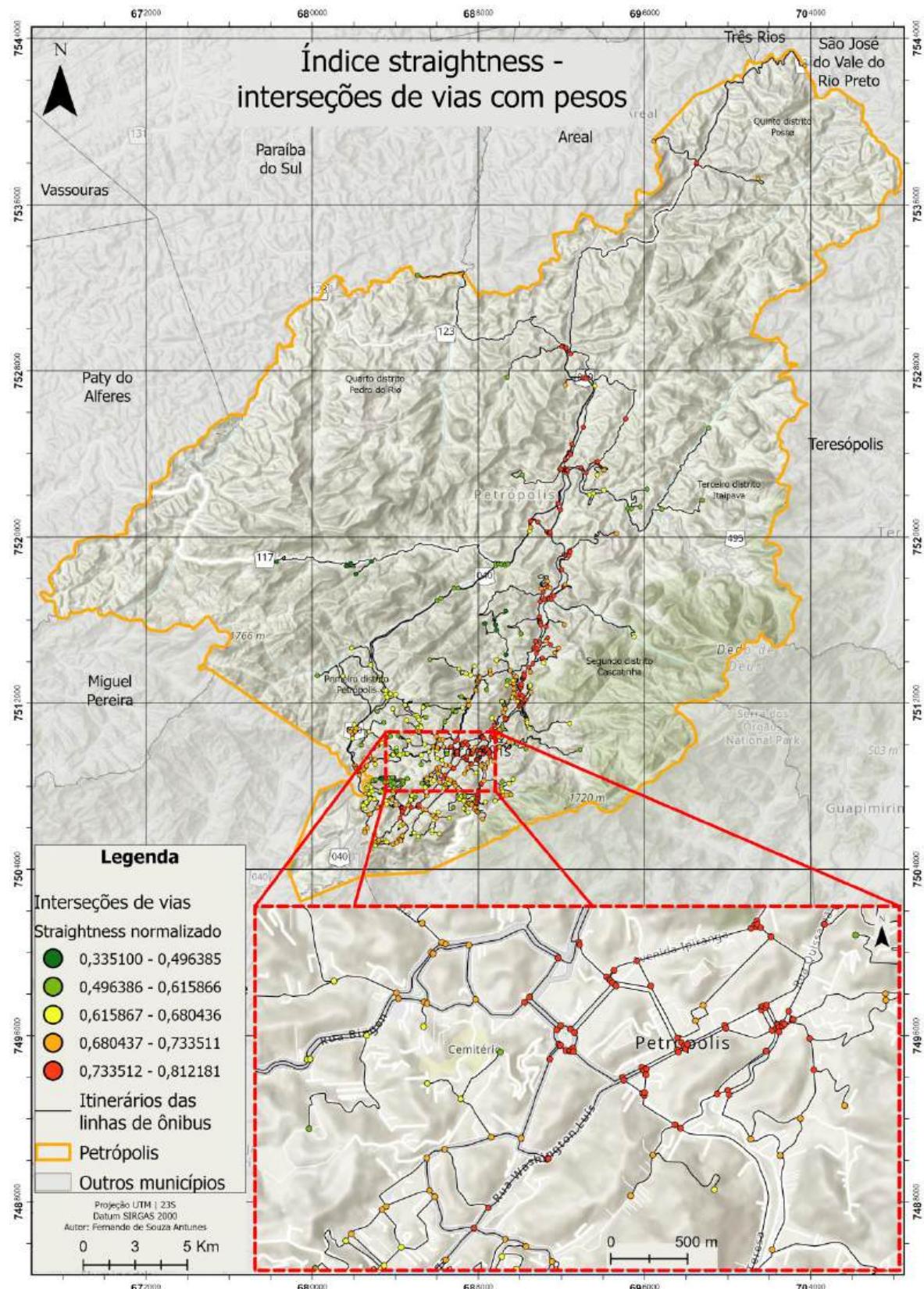


Figura 19- Valores normalizados do índice *straightness* de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparadas a uma linha reta.

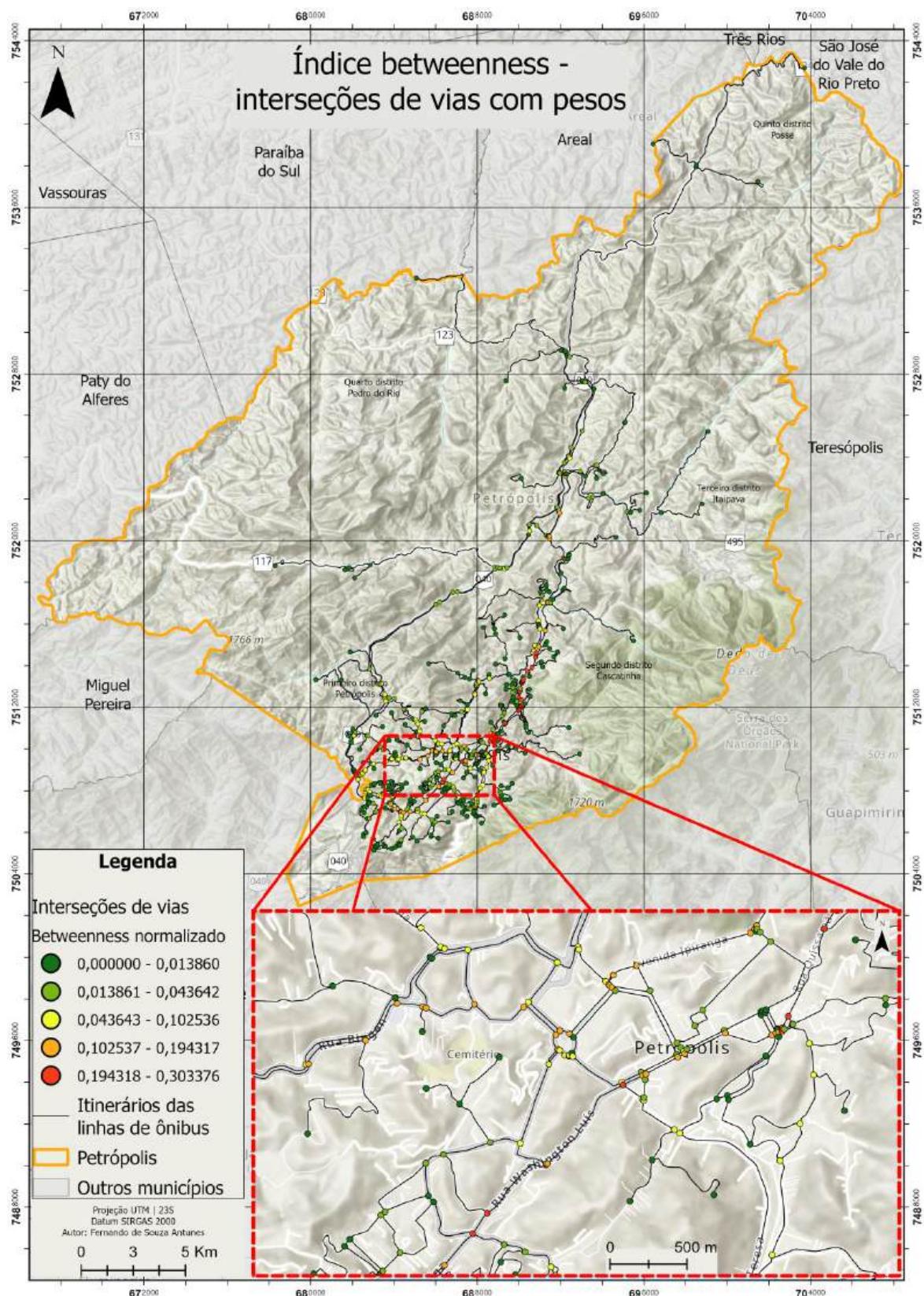


Figura 20 - Valores normalizados do índice *betweenness* de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi percorrido por caminhos mais curtos entre outro par de nós.

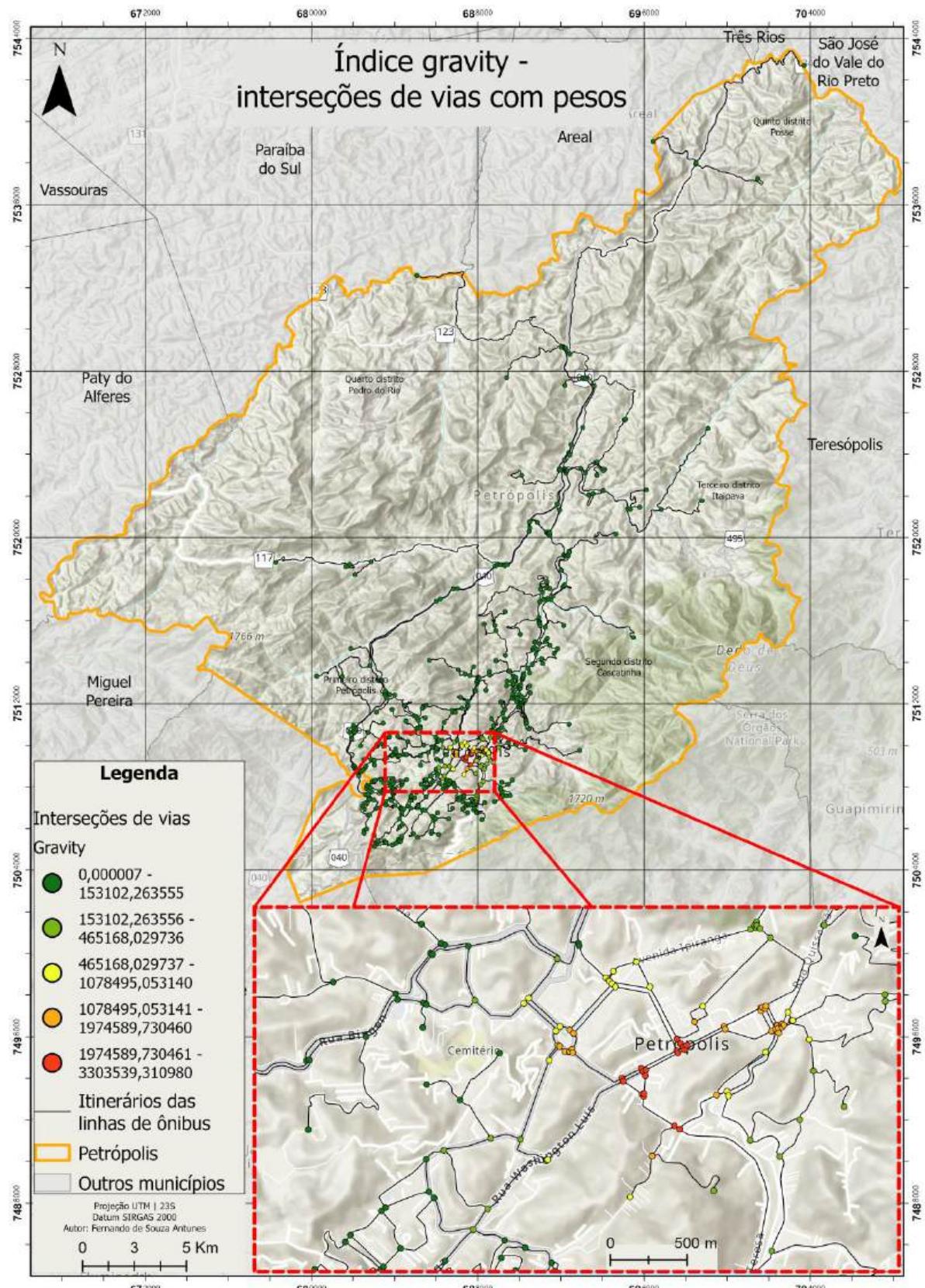


Figura 21 - Valores do índice *gravity* de interseções de vias, representadas como nós. Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce.

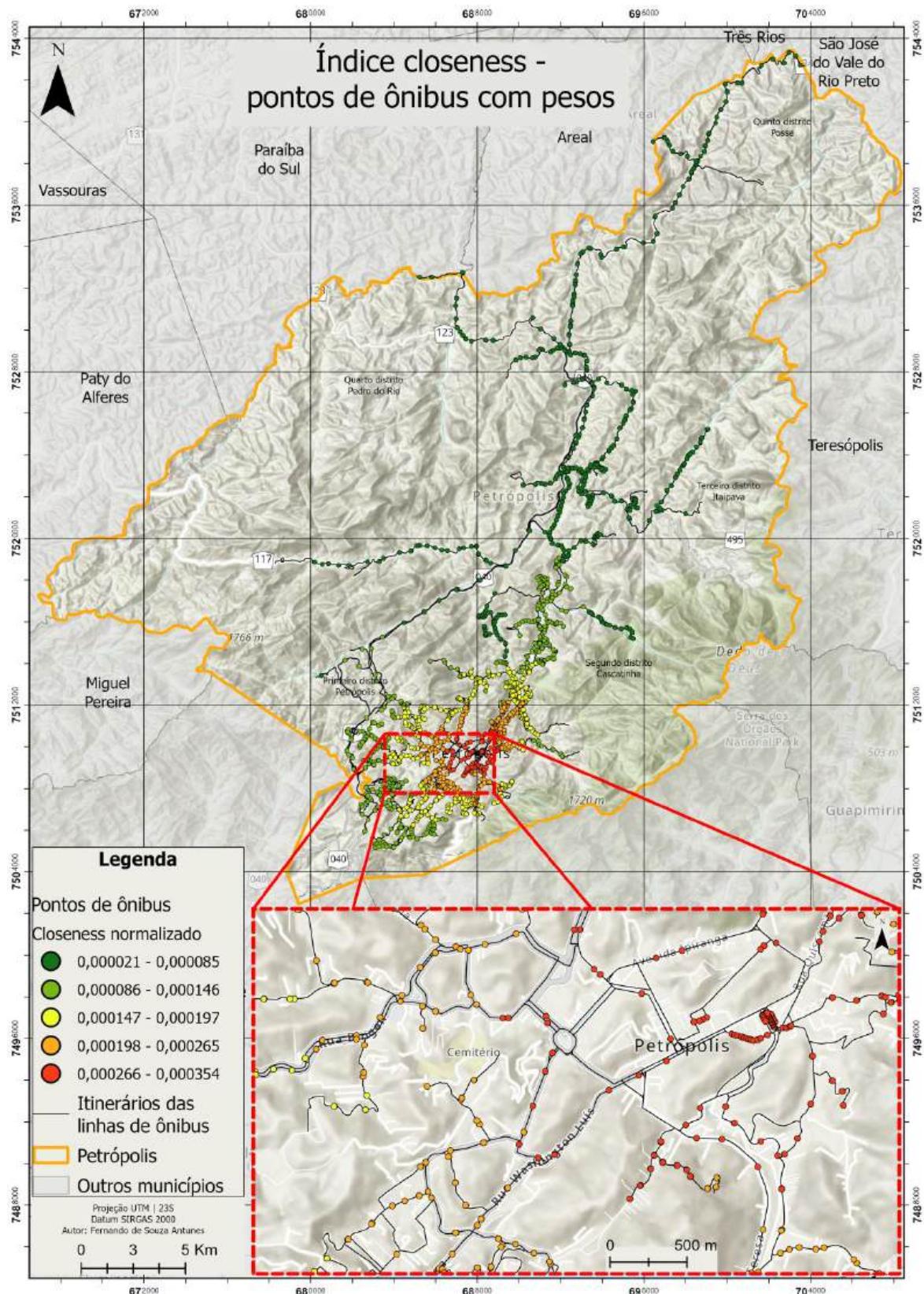


Figura 22 - Valores normalizados do índice *closeness* (com peso) de pontos de ônibus, representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.

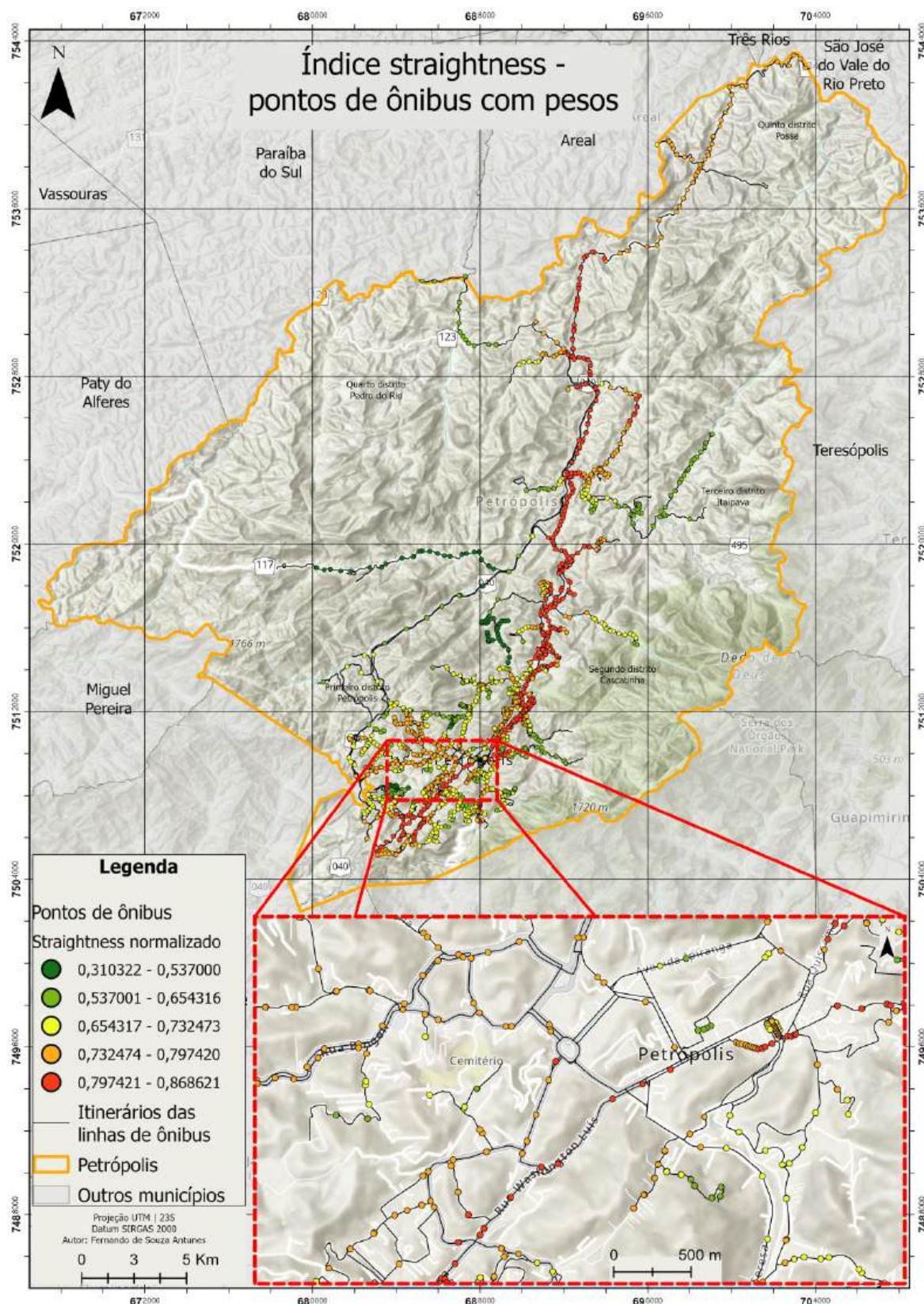


Figura 23 - Valores normalizados do índice straightness (com peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparada a uma linha reta.

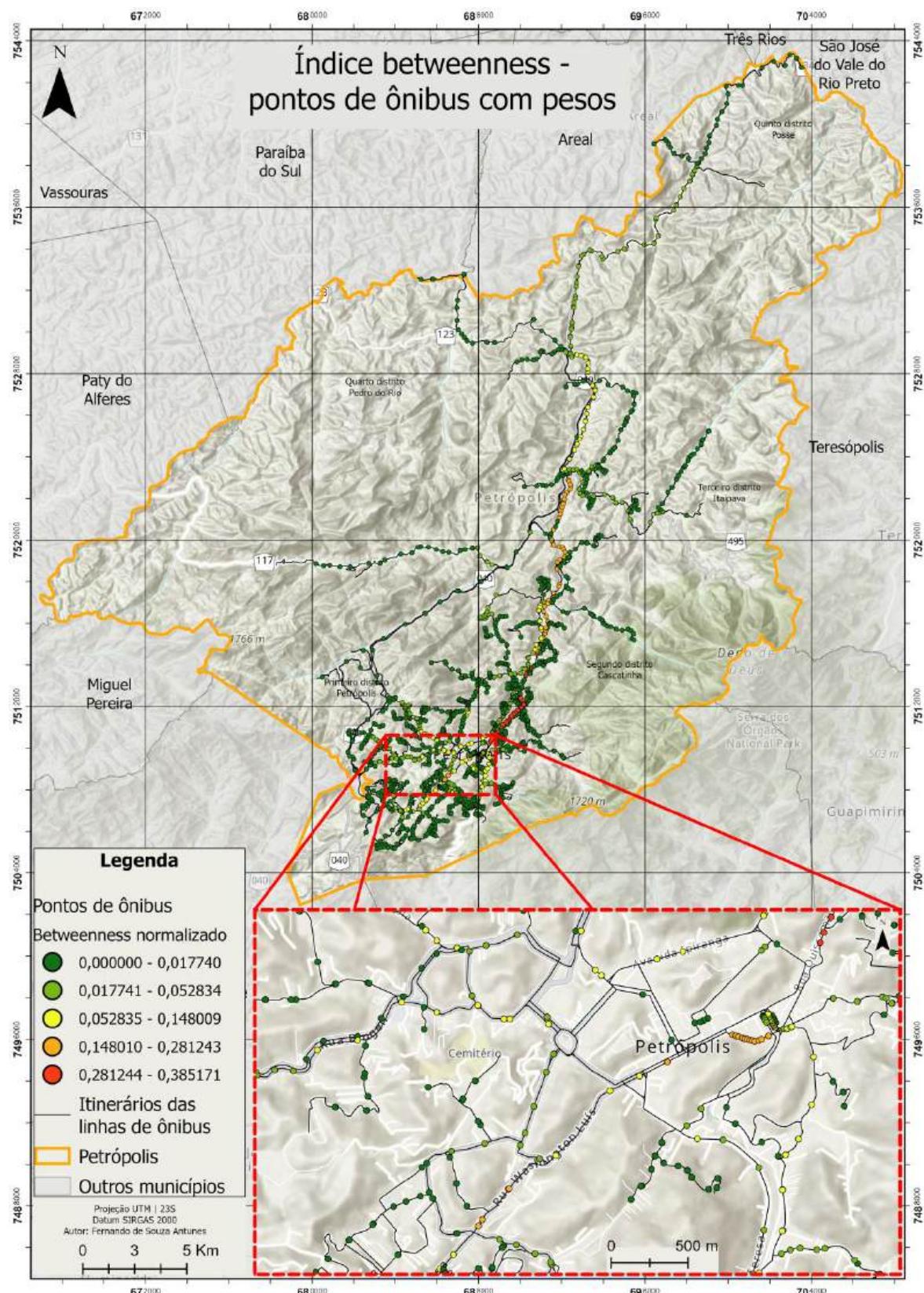


Figura 24 - Valores normalizados do índice *betweenness* (com peso) para pontos de ônibus, representados como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi acessado por caminhos mais curtos entre outro par de nós.

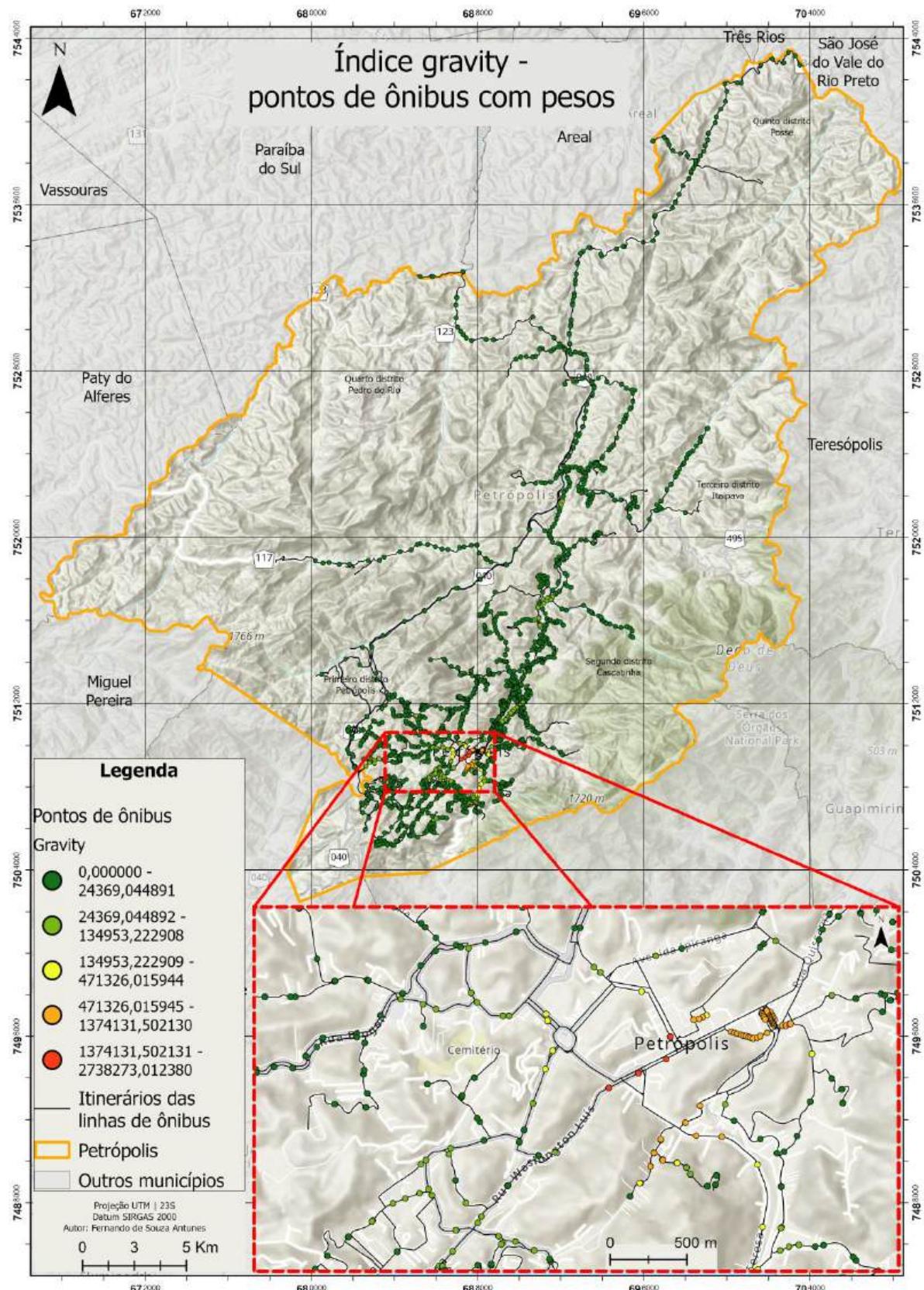


Figura 25 – Valores do índice *gravity* (com peso) para pontos de ônibus representados como nós.
Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce.

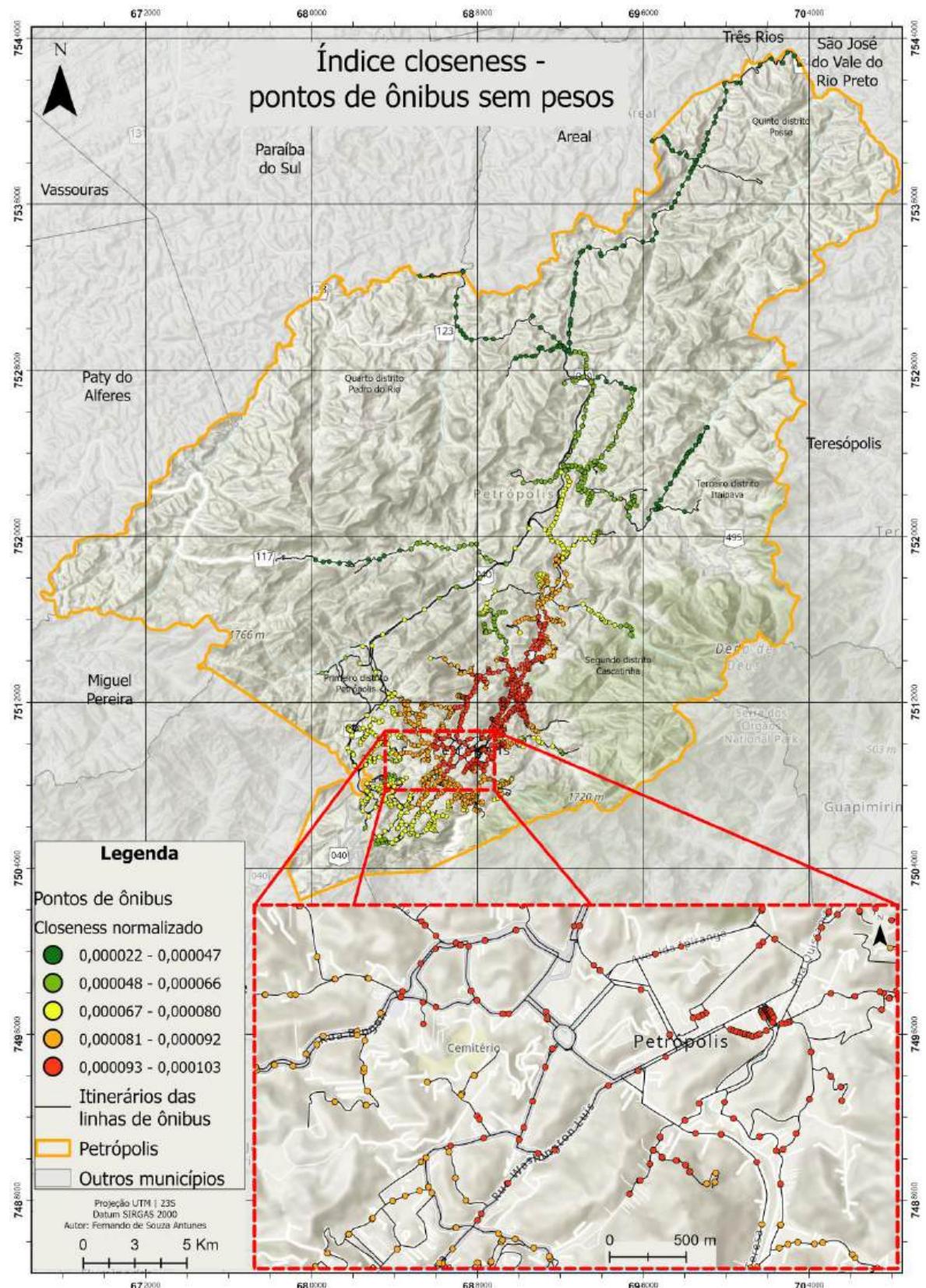


Figura 26 - Valores normalizados do índice *closeness* (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede.

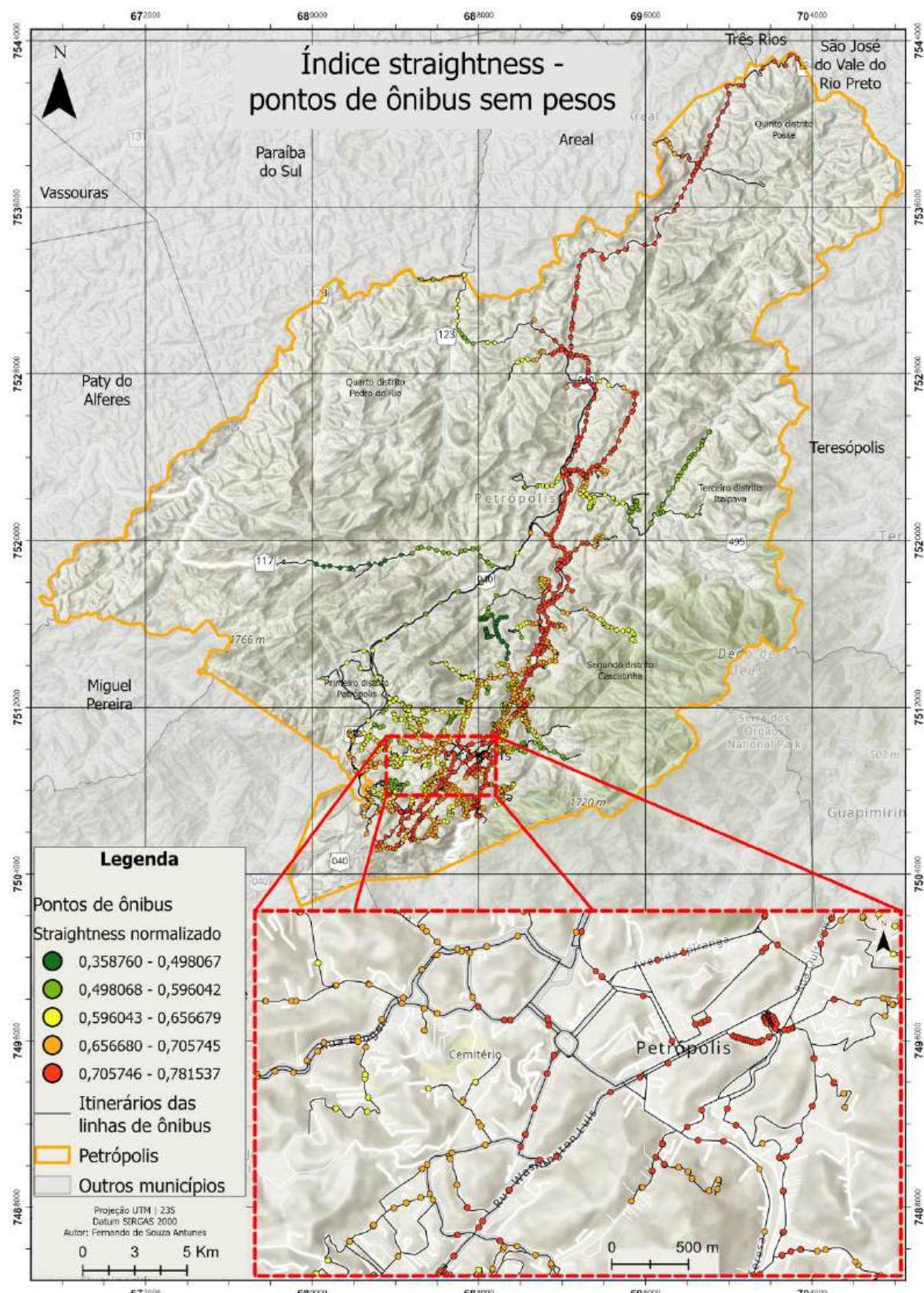


Figura 27 - Valores normalizados do índice *straightness* (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, menor a distância média para todos os outros nós da rede, quando comparadas a uma linha reta.

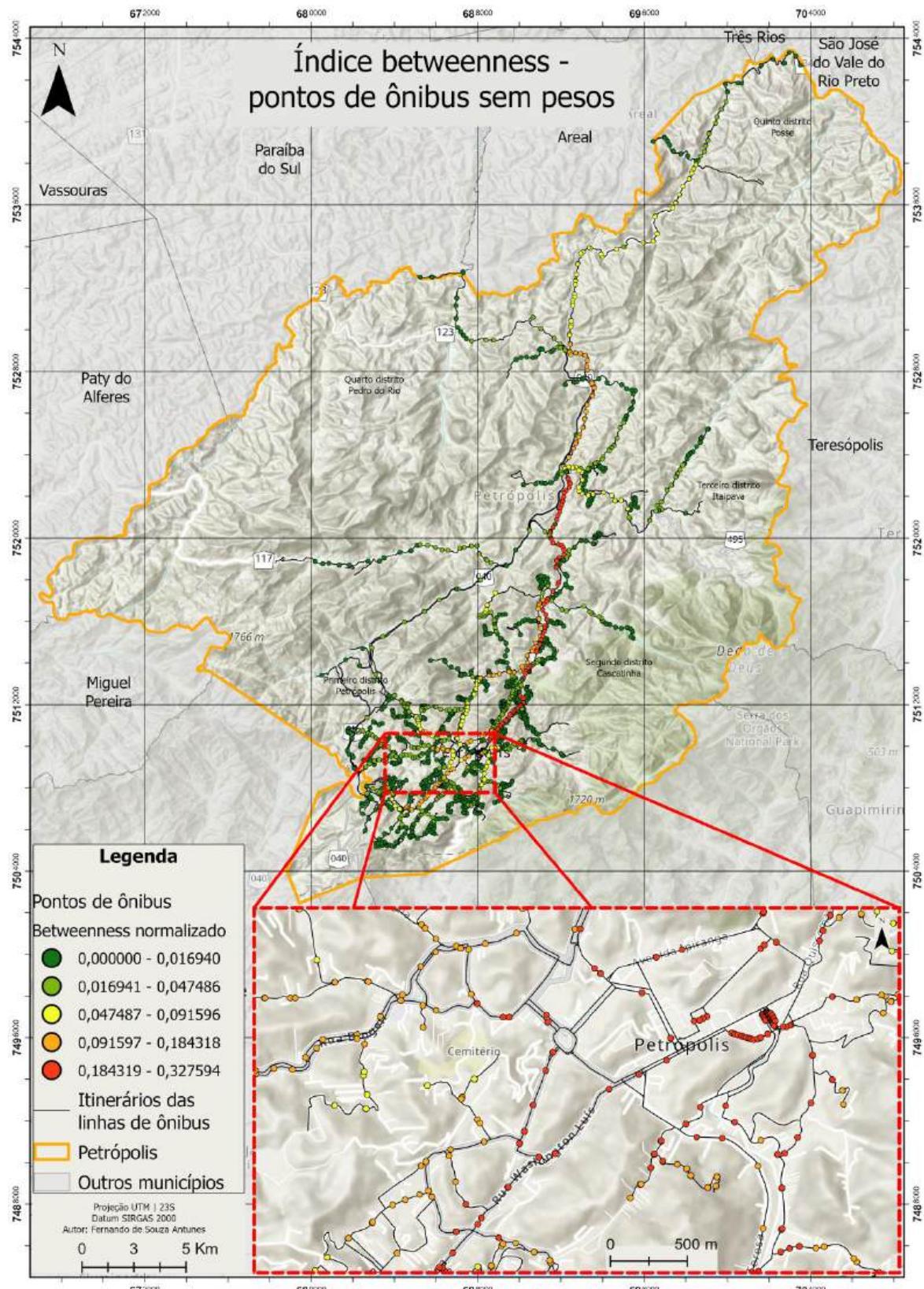


Figura 28 - Valores normalizados do índice *betweenness* (sem peso) para pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, mais vezes um nó foi acessado por caminhos mais curtos entre outro par de nós.

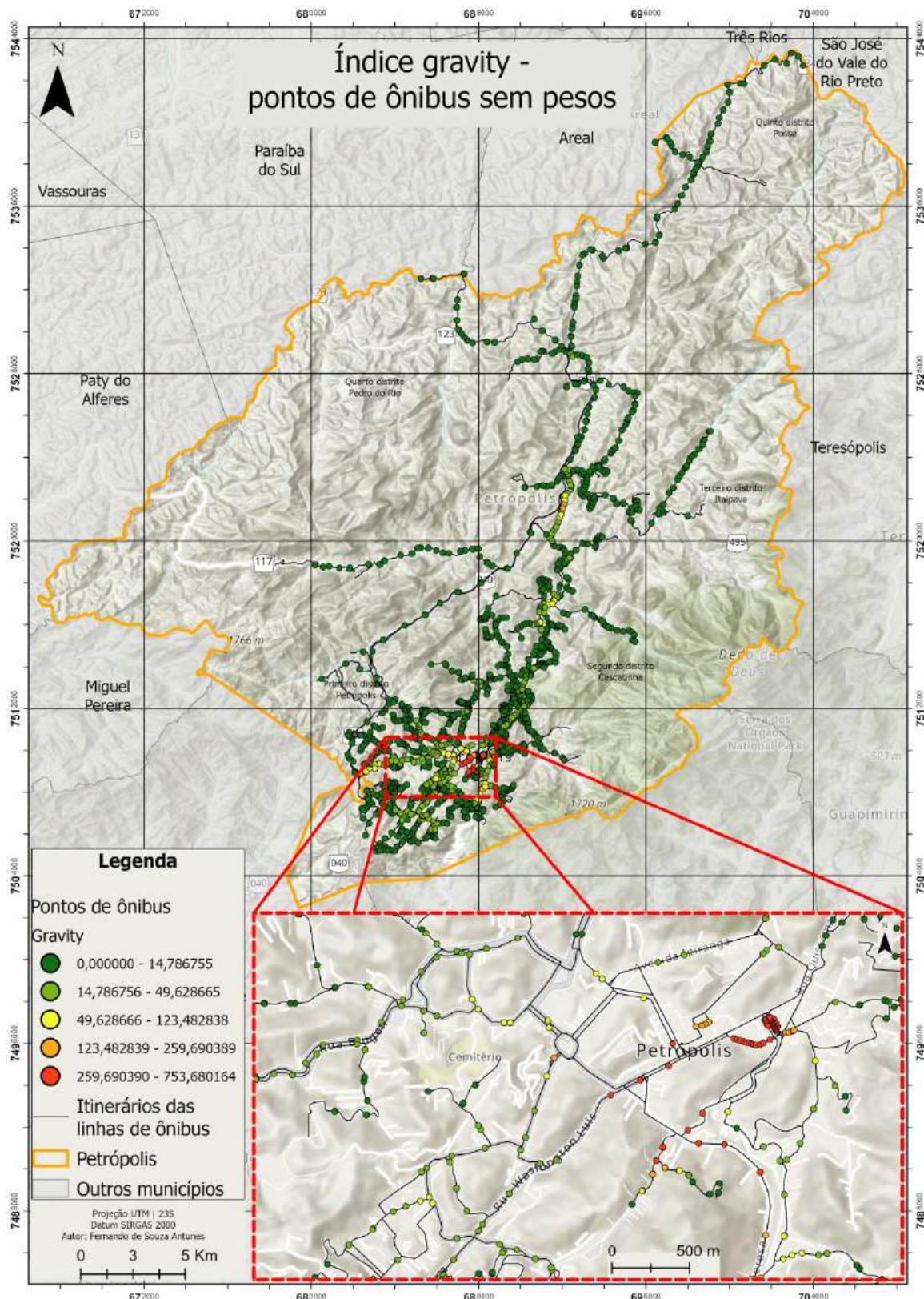


Figura 29 - Valores do índice *gravity* (sem peso) de pontos de ônibus representados como nós. Quanto maior o valor do índice, maior o potencial gravitacional que o nó exerce.

Os doze mapas apresentados até aqui evidenciam espacialmente os resultados dispostos nas tabelas que se seguem ainda nesta seção. A leitura desses mapas permite que se construa compreensão prévia sobre o comportamento dos índices de acessibilidade relativos à rede de ruas de Petrópolis, segundo os dois tipos de nós utilizados e os métodos de cálculo (com e sem peso).

A tabela 2 contém os coeficientes de correlação de Pearson entre os *KDE* de tipos de atividades econômicas do varejo e dos serviços e os *KDE* dos índices de acessibilidade calculados para três grupos de análise:

- i. os pontos de ônibus, sem uso de nenhum peso no cálculo das equações (1), (2) e (3);
- ii. as interseções de vias que formam o itinerário das linhas de ônibus, utilizando como peso para o cálculo nas equações já citadas a quantidade de firmas em até 600 metros de distância em rede; e por fim,
- iii. os pontos de ônibus, tendo a quantidade de firmas, em até 600 metros de distância em rede, como parâmetro de peso nas equações (1), (2) e (3).

Na tabela 2, são usadas três cores diferentes – vermelho, amarelo e verde – para facilitar o entendimento da preferência locacional alta, média e baixa, respectivamente, dos tipos de atividades em relação aos índices de acessibilidade. Todos os resultados da tabela 2 são estatisticamente significativos em 0,001.

Tabela 2 - Coeficientes de Correlação de Pearson entre os tipos de atividades e os índices de acessibilidade de interseções de ruas e dos pontos de ônibus.

Tipos de atividade	Pontos de ônibus sem pesos			Interseções com pesos de firmas até 600m			Pontos de ônibus com pesos de firmas até 600m		
	Clo	Str	Bet	Clo	Str	Bet	Clo	Str	Bet
Mercearias	0,841	0,847	0,765	0,809	0,822	0,799	0,815	0,844	0,749
Oficinas Mecânicas	0,836	0,852	0,747	0,799	0,826	0,769	0,786	0,851	0,700
Supermercados	0,750	0,734	0,595	0,879	0,837	0,858	0,852	0,722	0,665
Varejo de automóveis	0,715	0,726	0,638	0,808	0,797	0,796	0,723	0,718	0,600
Serviços de alimentação	0,674	0,679	0,604	0,849	0,826	0,816	0,750	0,663	0,625
Padarias	0,672	0,706	0,731	0,686	0,735	0,707	0,616	0,705	0,671
Educação	0,662	0,639	0,638	0,792	0,755	0,801	0,736	0,628	0,684
Açougue	0,626	0,656	0,578	0,653	0,676	0,600	0,595	0,649	0,533
Imobiliárias	0,609	0,620	0,568	0,796	0,779	0,774	0,673	0,604	0,574
Farmácias	0,599	0,595	0,571	0,770	0,744	0,766	0,672	0,582	0,608
Varejo de móveis/iluminação	0,635	0,657	0,600	0,676	0,697	0,638	0,642	0,650	0,574
Serviços de saúde humana	0,587	0,577	0,497	0,815	0,769	0,792	0,686	0,562	0,539
Varejo de eletrônicos	0,574	0,566	0,482	0,785	0,746	0,745	0,691	0,547	0,538
Serviços de alojamento	0,570	0,582	0,497	0,748	0,723	0,729	0,631	0,567	0,508
Varejo de tecidos	0,551	0,550	0,461	0,687	0,664	0,618	0,639	0,530	0,498
Bancos	0,530	0,528	0,490	0,703	0,677	0,684	0,603	0,511	0,512
Serviços advocatícios	0,526	0,517	0,446	0,768	0,721	0,741	0,630	0,501	0,494
Salões de beleza	0,469	0,471	0,410	0,727	0,691	0,717	0,574	0,453	0,451
Varejo de calçados	0,461	0,448	0,377	0,704	0,653	0,675	0,598	0,427	0,455
Varejo de roupas e acessórios	0,454	0,448	0,346	0,680	0,636	0,626	0,578	0,427	0,406

A tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre os *KDE* dos 20 tipos de atividades econômicas e os *KDE* do índice de acessibilidade *gravity*, calculados utilizando a equação (4). O cálculo de *gravity* seguiu a mesma lógica dos outros índices, havendo diferença somente nos pesos utilizados para o índice. Enquanto os índices da tabela 2 utilizaram como peso a quantidade de firmas em até 600 metros dos pontos de ônibus e das interseções, para o cálculo de *gravity* foi utilizada a quantidade de domicílios em até 600 metros de distância das firmas. Assim, a tabela 3 mostra a correlação entre o potencial de atração dos pontos de ônibus e das interseções de vias com cada tipo de atividade.

Entende-se que a quantidade de domicílios estipulada em até 600 metros de distância das firmas, enquanto peso no cálculo de *gravity*, é fator relevante que se justifica em razão de

uma lógica de aproximação da realidade: comércio varejista e serviços buscam acesso facilitado a partir dos domicílios e/ou até eles. Uma vez que a tabela 3 apresenta apenas um índice de acessibilidade, sua coloração se dá por diferentes matizes da mesma cor, onde o mais escuro está relacionado aos maiores valores e mais claro relacionado aos menores valores. Todos os resultados da tabela 3 são estatisticamente significativos em 0,001.

Tabela 3 - Coeficientes de Correlação de Pearson entre os tipos de atividades e o índice *gravity* das interseções de ruas e dos pontos de ônibus (PO).

Tipos de atividade	PO	Interseções (domicílios no cálculo)	PO (domicílios no cálculo)
	Grav	Grav	Grav
Varejo de calçados	0,973	0,973	0,985
Varejo de eletrônicos	0,970	0,942	0,955
Varejo de roupas e acessórios	0,917	0,892	0,917
Salões de beleza	0,895	0,955	0,897
Serviços de saúde humana	0,912	0,950	0,895
Serviços advocatícios	0,899	0,952	0,894
Supermercados	0,922	0,852	0,882
Serviços de alimentação	0,921	0,900	0,881
Farmácias	0,903	0,882	0,879
Educação	0,886	0,884	0,861
Varejo de tecidos	0,861	0,774	0,832
Bancos	0,846	0,850	0,827
Imobiliárias	0,856	0,854	0,817
Serviços de alojamento	0,798	0,833	0,773
Mercearias	0,649	0,531	0,563
Varejo de automóveis	0,631	0,618	0,557
Padarias	0,581	0,511	0,500
Varejo de móveis/iluminação	0,574	0,508	0,490
Açougue	0,514	0,452	0,447
Oficinas Mecânicas	0,521	0,381	0,408

A utilização das interseções das ruas para maior aproximação à metodologia *MCA* pareceu a opção mais adequada para este estudo. Além disso, buscou-se comparar os quatro índices de acessibilidade para as interseções com os pontos de ônibus, os quais têm suas

posições definidas na rede de ruas em tempo anterior ou posterior à instalação das firmas. É possível que haja a instalação de pontos de ônibus para atender ao grande fluxo de passageiros em direção a uma aglomeração de firmas (por exemplo, *shopping center*). Contudo, no geral, a localização dos pontos de ônibus remete a um longo período pretérito, no ato de planejamento de novos itinerários. Isso acontece à medida que se cria a demanda em uma seção da via, devido ao incremento de domicílios e/ou de firmas.

A comparação entre interseções (esquinas/cruzamentos) e pontos de ônibus também se mostra relevante, na medida em que as primeiras são fixas, ou seja, determinadas pelo desenho urbano. Já os pontos de ônibus têm sua localização em qualquer seção da via. Tal flexibilidade pode levar à busca por maior proximidade por parte das firmas a esses pontos de origem e destino de passageiros de ônibus. Cabe ressaltar que esse é o meio de transporte da maioria da população de Petrópolis. Nesse contexto, é possível que firmas do comércio varejista e dos serviços, nas proximidades de um ponto de ônibus de grande movimento, tendam a se beneficiar desse fluxo de passageiros.

A partir do exposto, a análise dos resultados das correlações foi feita em etapas, seguindo a ordem das colunas da tabela 2. Posteriormente, foi realizada uma análise transversal de cada tipo de atividade em relação aos índices de acessibilidade para as duas famílias de nós (pontos de ônibus e interseções), a fim de entender e diferenciar suas escolhas locacionais. Quanto ao resultado da tabela 3, este será pontuado nas subseções das análises transversais de cada tipo de atividade.

Para fins de entendimento dos valores do coeficiente de correlação de Pearson, a tabela 4 foi elaborada, a partir de uma adaptação de Lopes (2016). O coeficiente de correlação de Pearson identifica e mede o grau de relação entre duas variáveis quantitativas. Os valores do coeficiente de correlação de Pearson variam de -1 a +1. Quando o coeficiente é zero, a relação entre as variáveis é nula. A existência e a importância da relação entre as duas variáveis aumentam à medida em que o coeficiente se afasta de zero e à medida que atinge a perfeita associação linear quando chega a +1 ou -1. Coeficientes positivos de correlação de Pearson indicam que quando uma variável aumenta, a outra a acompanha; coeficientes negativos de correlação de Pearson indicam que quando uma variável aumenta a outra diminui.

Tabela 4 - Classificação do coeficiente da correlação de Pearson (adaptada de Lopes (2016)).

Valor de r (+ ou -)	Interpretação
0	Nula
0,01 a 0,20	Muito fraca
0,21 a 0,40	Fraca
0,41 a 0,60	Moderada
0,61 a 0,80	Forte
0,81 a 0,99	Muito forte
1	Perfeita

A associação espacial global (GCLQ) foi analisada para cada tipo de atividade considerada. Dessa maneira, cada uma das atividades foi categoria de interesse e categoria vizinha, inclusive tendo mesmo tipo de atividade ocupando as duas categorias. As tabelas 5 e 6 mostram os resultados de associação espacial global. É importante lembrar o significado dos valores apresentados nessas tabelas:

- quando igual a 1, não há tendência de associação ou isolamento espaciais entre as duas categorias. A proporção encontrada de indivíduos da categoria de interesse segue a esperada;
- quando menor do que 1, há tendência de isolamento espacial entre as categorias de interesse e vizinha;
- quando maior do que 1, há tendência de associação espacial entre as categorias;
- quanto mais os valores se distanciam de 1, mais intensos são a associação ou isolamento espaciais.

A associação espacial global ou o isolamento espacial global têm significância estatística quando valor- p é menor ou igual a 0,05, o que representa um nível de confiança de até 95%. Um valor- p maior do que 0,05 representa um menor nível de confiança nos resultados dos cálculos, o que não quer dizer, necessariamente, que esteja incorreto. Nesse contexto, os valores em negrito apresentados nas tabelas 5 e 6 têm valor- p menor ou igual a 0,05.

Tabela 5 – Resultados da análise de associação espacial global entre os tipos de atividades econômicas (valores em negrito têm nível de confiança maior ou igual a 95%; células hachuradas indicam a diagonal da matriz de GCLQ).

Categoria de interesse	Açougue	Serviços de alimentação	Serviços de alojamento	Varejo de automóveis	Bancos	Varejo de calçados	Varejo de eletrônicos	Educação	Serviços advocatícios	Farmácias
Categoria vizinha										
Açougue	6,45	1,93	1,83	0,71	1,22	0,12	1,39	1,23	0,52	1,81
Serviços de alimentação	1,37	1,58	1,31	1,28	0,81	0,47	0,71	1,19	0,41	1,08
Serviços de alojamento	0,74	0,92	3,95	1,07	1,55	0,36	0,33	1,54	0,58	0,75
Varejo de automóveis	1,16	1,13	1,44	7,68	0,70	0,13	0,93	0,87	0,64	0,96
Bancos	0,66	0,79	1,18	0,79	3,66	1,10	0,92	0,91	1,51	0,97
Varejo de calçados	0,19	0,66	0,47	0,11	1,14	5,01	1,87	0,56	0,82	1,82
Varejo de eletrônicos	1,26	0,92	0,63	1,11	1,20	2,11	2,69	0,69	1,01	1,55
Educação	0,90	1,23	2,15	0,78	1,00	0,44	0,59	4,42	1,10	0,68
Serviços advocatícios	0,50	0,70	0,74	0,79	1,87	1,02	1,17	1,03	5,70	1,37
Farmácias	2,09	1,14	0,75	0,78	1,00	1,75	1,29	0,76	1,12	1,61
Imobiliárias	0,61	0,94	1,45	1,09	1,57	0,89	0,93	1,09	2,16	0,88
Mercearias	2,66	1,23	2,04	1,34	0,98	0,32	0,70	1,57	0,47	0,98
Varejo de móveis/iluminação	0,52	1,03	0,89	1,94	1,47	0,86	0,82	0,71	0,84	1,09
Oficinas Mecânicas	0,98	1,28	0,86	2,67	0,58	0,10	0,92	1,15	0,36	1,12
Padarias	3,10	1,50	1,33	1,84	0,94	0,47	0,95	1,32	0,56	1,26
Varejo de roupas e acessórios	0,32	0,55	0,30	0,23	0,39	1,18	0,75	0,32	0,40	0,53
Salões de beleza	0,46	1,01	0,81	0,37	1,23	1,58	1,44	0,79	1,72	1,36
Serviços de saúde humana	0,33	0,85	1,17	0,37	1,70	0,89	0,95	1,45	3,00	1,16
Supermercados	2,83	1,47	0,74	1,65	0,78	0,56	1,02	1,19	0,15	1,44
Varejo de tecidos	1,57	1,02	0,32	1,20	0,78	1,09	1,82	0,47	0,41	1,29
MÉDIA	1,43	1,09	1,22	1,39	1,23	1,02	1,11	1,16	1,17	1,19

Tabela 6 - Continuação dos resultados da análise de associação espacial global entre os tipos de atividades econômicas (valores em negrito têm nível de confiança maior ou igual a 95%; células hachuradas indicam a diagonal da matriz de GCLQ).

Categoria de interesse	Imobiliárias	Mercearias	Varejo de móveis/iluminação	Oficinas Mecânicas	Padarias	Varejo de roupas e acessórios	Salões de beleza	Serviços de saúde humana	Supermercados	Varejo de tecidos
Categoria vizinha										
Açougue	0,82	3,40	0,57	1,25	2,96	0,30	0,38	0,44	2,81	1,88
Serviços de alimentação	0,93	1,29	0,88	1,30	1,33	0,37	0,83	0,60	1,80	0,64
Serviços de alojamento	1,20	1,50	0,62	0,73	0,89	0,20	0,45	0,81	0,88	0,22
Varejo de automóveis	1,07	1,70	2,12	2,77	1,92	0,25	0,35	0,37	1,27	1,38
Bancos	1,45	0,86	1,36	0,66	1,22	0,38	0,98	1,48	0,46	0,67
Varejo de calçados	0,84	0,40	0,75	0,11	0,51	1,09	1,50	0,77	0,72	0,91
Varejo de eletrônicos	1,05	0,85	0,90	1,11	0,93	0,77	1,34	0,89	1,40	1,59
Educação	1,11	1,36	0,67	1,55	1,54	0,30	0,77	1,19	0,82	0,70
Serviços advocatícios	2,13	0,46	0,95	0,42	0,66	0,50	2,02	2,86	0,50	0,40
Farmácias	0,96	1,18	1,10	1,14	1,20	0,54	1,23	0,88	1,62	1,34
Imobiliárias	1,90	0,79	0,96	0,71	0,88	0,47	1,31	1,54	0,32	0,54
Mercearias	1,00	2,96	0,72	1,75	2,12	0,27	0,38	0,63	2,22	0,85
Varejo de móveis/iluminação	1,05	1,00	5,43	1,58	1,27	0,42	1,28	0,72	1,44	0,95
Oficinas Mecânicas	0,87	1,90	1,52	3,83	1,75	0,27	0,41	0,80	1,04	0,76
Padarias	1,12	2,19	1,09	1,84	1,79	0,47	0,85	0,54	1,37	0,89
Varejo de roupas e acessórios	0,52	0,33	0,41	0,35	0,46	2,56	0,75	0,42	0,29	0,73
Salões de beleza	1,52	0,61	1,12	0,65	0,84	0,67	2,17	1,49	0,53	1,19
Serviços de saúde humana	1,60	0,66	0,67	0,65	0,45	0,44	1,70	3,44	0,60	0,51
Supermercados	0,49	2,66	0,73	1,08	1,58	0,14	0,41	0,64	3,52	1,00
Varejo de tecidos	0,78	0,78	1,00	0,83	0,87	0,77	1,34	0,61	0,88	6,82
MÉDIA	1,12	1,35	1,18	1,22	1,26	0,56	1,02	1,06	1,22	1,20

4.1 Resultados e discussões gerais de MCA e de associação/isolamento espacial

Como mencionado anteriormente, esta primeira seção vai abordar as impressões gerais das análises *MCA* e de associação/isolamento espacial global. No que diz respeito ao *MCA*, pretende-se não focar nos tipos de atividades individualmente, mas na análise dos três grandes grupos dos nós da rede formada pelas vias utilizadas pelos ônibus em Petrópolis: interseções de vias (esquinas) e pontos de ônibus (com e sem quantidade de firmas consideradas como pesos nos cálculos). Além desses três grupos, busca-se apresentar e discutir os resultados gerais da análise de associação espacial global.

Inicialmente, observando a primeira família de nós na tabela 2 (pontos de ônibus sem pesos), identifica-se que os índices de acessibilidade de rede dos tipos *closeness* e *straightness* têm os maiores valores de correlação com os tipos de atividades, com destaque para *closeness*. Este abrange dez dos maiores coeficientes de correlação (supermercados, serviços de educação, farmácias, serviços de saúde, varejo de eletroeletrônicos, varejo de tecidos, bancos, escritórios de advocacia, varejo de calçados e varejo de roupas e acessórios). Em relação ao índice *straightness*, os resultados indicam nove maiores coeficientes (mercearias, oficinas mecânicas, varejo de automóveis, alimentação, açougue, imobiliárias, varejo de móveis, serviços de alojamento e salão de beleza). Quanto ao índice *betweenness*, apenas um coeficiente de correlação foi identificado (padarias). Este índice se destaca pelos valores mais baixos para todos os outros tipos de atividades.

Nesse contexto, com exceção de padarias, todos os outros tipos de atividades, quando correlacionados com os índices de acessibilidade para pontos de ônibus sem pesos, evitam instalarem-se nas ruas que formam os principais caminhos mais curtos entre todos os outros pontos de ônibus da rede. Conforme a revisão de literatura mobilizada no capítulo 2, o índice *betweenness* calcula a propriedade de redes espaciais, indicativa de quais localizações (nós) na rede são mais acessíveis porque encontram-se nos caminhos (arestas) preferenciais entre outras localizações. Ainda que haja valores altos e consideráveis de coeficiente de correlação para *betweenness*, a preferência geral é por ruas dos itinerários que contém pontos de ônibus com menor distâncias entre todos os outros pontos de ônibus (*closeness*) e com menos desvios (*straightness*) entre eles.

Essa interpretação dos dados remete à preferência de a maioria dos tipos de atividades localizarem-se nas proximidades dos pontos de ônibus que estão a uma menor distância de todos os outros pontos de ônibus da rede. Ao considerar a também elevada quantidade de maiores valores para *straightness*, identificamos a preferência pela localização de firmas onde os caminhos com menos desvios entre os pontos de ônibus. Isto é, nove tipos de atividades econômicas têm maior correlação com pontos de ônibus que têm caminhos com menores desvios para todos os outros pontos de ônibus da rede.

Esse resultado vai de encontro ao que foi identificado por Antunes *et al.* (2022), em relação a maior quantidade dos mais altos coeficientes de correlação para *betweenness*, levando em consideração os mesmos tipos de atividades em Petrópolis. Contudo, os autores decidiram que supermercados, açouques, padarias e mercearias estivessem agregados em uma classe única de “varejo de alimentos”. Essa macro classe teve em *closeness* sua maior correlação. Importante ressaltar que os autores empreenderam tais análises utilizando as interseções da rede de ruas de toda a cidade de Petrópolis e não apenas a rede formada pelas ruas que compõem os itinerários das linhas de ônibus.

Em relação à análise da segunda família de nós, referente às interseções da rede de ruas formada pelos itinerários de linhas de ônibus, observa-se na tabela 2 que *closeness* apresenta a maior quantidade dos mais altos coeficientes de correlação com os tipos de atividade, seguido por *straightness* e *betweenness*. O primeiro tem a preferência de catorze tipos de atividades (supermercados, varejo de automóveis, serviços de alimentação, imobiliárias, farmácias, estabelecimentos de saúde, varejo de eletroeletrônicos, alojamento, varejo de tecidos, bancos, escritórios de advocacia, salões de beleza, varejo de calçados e varejo de roupas e assessorios). *Straightness* tem maior correlação com cinco tipos de atividades (mercearias, oficinas mecânicas, padarias, açougue, varejo de móveis). Já *betweenness* tem maior correlação com apenas um tipo de atividade (estabelecimentos educacionais).

Considerar as interseções parece elevar os valores dos coeficientes de correlação entre os índices e os tipos de atividades econômicas. Observando mais especificamente o índice *betweenness*, ainda que ele continue sendo minoria entre as preferências locacionais das atividades, há incremento de nove dentre os segundos maiores valores (cor amarela). Isso indica que o desenho urbano também pode ter maior sensibilidade para alguns tipos de atividade.

Finalmente, chega-se à discussão sobre a terceira família de nós. Esse grupo refere-se à análise dos coeficientes de correlação entre os tipos de atividades e os valores dos índices de acessibilidade dos pontos de ônibus. Há, contudo, uma diferença nesse grupo: os índices foram calculados tendo a quantidade de firmas em até 600 metros de distância em rede dos pontos de ônibus como pesos. Os valores indicam novamente a preferência pelo índice *closeness*, isto é, por localizações mais centralizadas. Para quinze tipos de atividades, há preferência por instalarem-se nas proximidades de pontos de ônibus mais centralizados em relação aos outros pontos de ônibus da rede (supermercados, varejo de automóveis, serviços de alimentação, estabelecimentos educacionais, imobiliárias, farmácias, estabelecimentos de saúde, varejo de eletroeletrônicos, alojamento, varejo de tecidos, bancos, escritórios de advocacia, salões de beleza, varejo de calçados e varejo de roupas e acessórios).

Comparando os dois grupos que levam os pontos de ônibus em consideração na análise, há considerável redução da preferência por ruas que formam os caminhos com menores desvios, ou seja, que têm maior correlação com o índice *straightness*. No grupo em análise, há cinco tipos de atividades que mostram tal preferência (mercearias, oficinas mecânicas, padarias, açouguês e varejo de móveis). Não há nenhum tipo de atividade que tenha preferência por localizar-se nas ruas por onde passam a maioria dos caminhos mais curtos entre os pontos de ônibus da rede, ou seja, onde a correlação com o índice *betweenness* é a maior dentre os três.

A análise da amplitude dos coeficientes de correlação, sobretudo para famílias de pontos de ônibus, mostra que um determinado tipo de atividade que apresenta maior aglomeração tende a ter coeficientes de correlação mais baixos com os índices de acessibilidade. Esses resultados são esperados, sobretudo, para salões de beleza, varejos de calçados e varejo de roupas e acessórios, que se concentram na área central da cidade. A aglomeração dessas atividades, sobretudo varejo de roupas, tem o intuito de se apresentar como vantagem locacional por si só, não havendo, *a priori*, necessidade de buscar a melhor localização para os clientes.

As tabelas 5 e 6 contêm os resultados da análise de associação/isolamento espacial (*colocation*) para os tipos de atividades. A partir desses coeficientes de associação espacial global, foi possível calcular a média de todos os valores, para todos os tipos de atividades: 1,16.

A observação dessas duas tabelas mencionadas permite identificar hachuras cinzas para as células que apresentam o mesmo tipo de atividade para as categorias de interesse e de

vizinhança. Dessa maneira, é possível perceber a diagonal, que começa na parte inicial da tabela 5 e termina na parte final da tabela 6, estabelecendo uma continuidade. Como ressaltam Leslie e Kronenfeld (2011), a apreciação da diagonal permite analisar como se comportam as localizações de firmas de mesmo tipo em relação àquelas de tipos diferentes. A média dos valores de associação espacial da diagonal (3,86) é três vezes maior do que a média total (1,16).

Conforme interpretação semelhante de Leslie e Kronenfeld (2011), todos os valores de associação espacial são estatisticamente significativos e com média da diagonal maior do que 3. Isso quer dizer que firmas de todos os tipos de atividades têm fortes preferências por associação espacial com firmas de mesmo tipo de atividade. Portanto, há, em média, probabilidade três vezes maior do que o esperado para uma distribuição aleatória de uma firma ter como vizinha outras firmas de mesmo tipo de atividade.

Ainda no que diz respeito à análise geral dos valores de associação espacial das tabelas 5 e 6, percebe-se que todas as médias das colunas são maiores que 1, com exceção de varejo de roupas, que tem média 0,56. Esse resultado mostra que, no geral, todos os tipos de atividades apresentam tendência média de se colocarem juntos, ainda que seja devido às restrições de espaço. Contudo, o varejo de roupas tem aglomeração tão forte que se afasta de todas as outras atividades.

4.2 Resultados e discussões das análises transversais entre firmas e índices de acessibilidade

A apresentação e a discussão dos resultados seguem considerando cada um dos tipos de atividades, em que a observação dos coeficientes de correlação se dá de maneira transversal aos índices de acessibilidade dos três grupos já analisados, bem como a análise de associação/isolamento espacial. Todos os tipos de atividades foram separados em subcapítulos individuais, de modo que haja maior organização na leitura.

A fim de facilitar o entendimento da apresentação dos resultados, foi produzido um mapa com as principais vias da cidade (figura 30). Essas vias são frequentemente mencionadas na discussão acerca de *MCA* e associação/isolamento espacial.

4.2.1 Mercearias

Para as mercearias, há baixa variação nos coeficientes de correlação entre os grupos que analisam os índices de acessibilidade de pontos de ônibus (PO). Quando analisado o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, o índice que mais explica a escolha locacional dessas firmas é *straightness* (0,847), seguido de *closeness* (0,841) e *betweenness* (0,765). Analisando as figuras 30 e 31, identifica-se que há grande quantidade dessas firmas em ruas principais que, em Petrópolis, são também menos sinuosas. É o caso das ruas Teresa, do Imperador, Paulo Barbosa, Floriano Peixoto, Hyvio Naliato. Além dessas ruas, há ainda as Estradas União e Indústria e Presidente Sodré. São vias importantes que formam ligações altamente convenientes entre localizações na cidade. Essa análise mostra que as mercearias têm maior preferência locacional por vias que ligam dois pontos de ônibus com menos desvios nas rotas. Tais vias, no geral, têm certa importância hierárquica.

A análise do segundo grupo, interseções com pesos, mostra que o índice *straightness* tem maior correlação com as firmas em questão (0,822), seguido de *closeness* (0,809) e *betweenness* (0,799). É possível entender *straightness* como maior correlação com mercearias, uma vez que as principais vias da cidade (rua do Imperador, Paulo Barbosa, Teresa, Estrada União e Indústria, Quissamã etc.) têm altos valores do índice e abrigam considerável quantidade de mercearias. Para além disso, a figura 31 mostra que há mercearias na área central, onde concentram-se os maiores valores de *closeness*, o que explica a segunda maior correlação com esse índice. Ainda assim, a maior parte dessas firmas encontram-se nas áreas periféricas da cidade. Dessa maneira, quando se consideram as esquinas da rede formada pelos itinerários de ônibus, as vias com menores desvios entre todas as localizações são as mais desejadas por essas firmas.

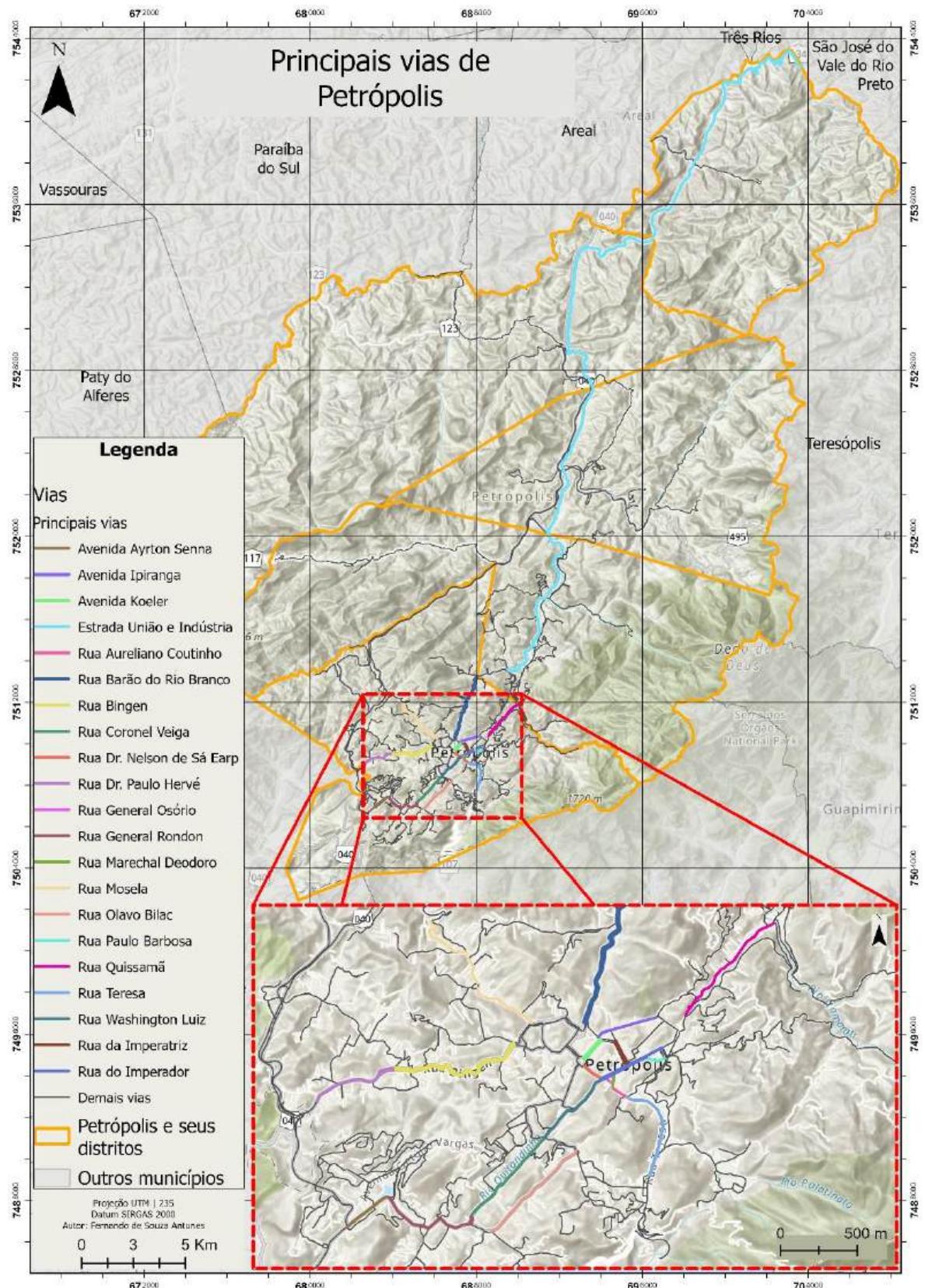


Figura 30 - Localização das principais vias da cidade de Petrópolis.

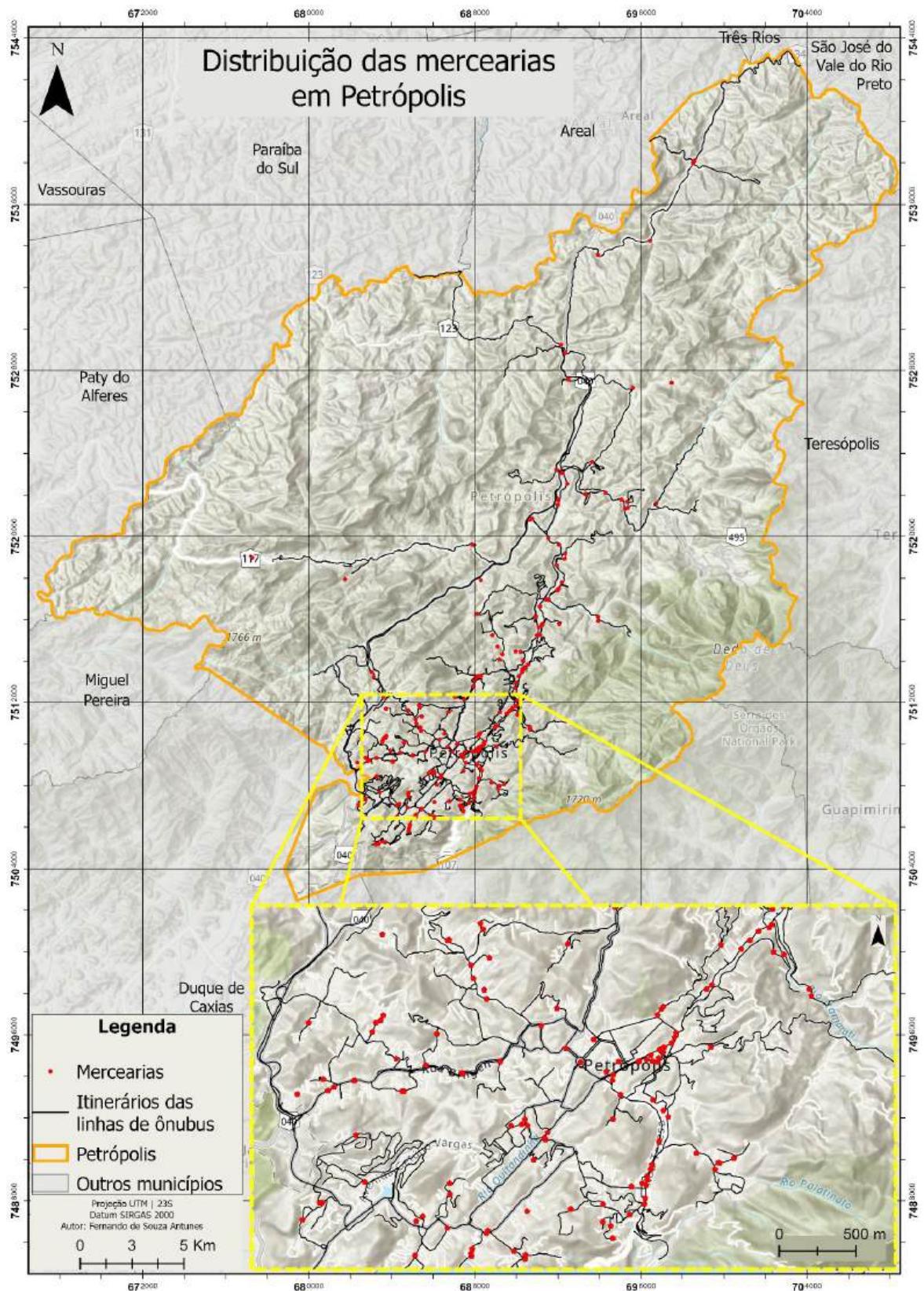


Figura 31 - Distribuição das mercearias em Petrópolis.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, traz novamente *straightness* como maior correlação com mercearias (0,844), seguido de *closeness* (0,815) e *betweenness* (0,749). Esses resultados mostram a mesma estrutura do primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, havendo uma pequena variação para baixo nos coeficientes de correlação. Essa tendência de diminuição pode mostrar que um possível aumento na quantidade de firmas em até 600 metros dos pontos de ônibus não muda a preferência locacional das mercearias. Apesar da diminuição do coeficiente de correlação, não é possível afirmar que as mercearias tendem a afastarem-se dos pontos de ônibus próximos a muitas firmas.

A partir da tabela 3, observa-se que as mercearias são mais atraídas por pontos de ônibus do que por interseções de vias. Esse resultado mostra ainda que, ao considerar a quantidade de domicílios em até 600 metros de distância, os pontos de ônibus e, sobretudo, as interseções de vias, perdem potencial de atração das mercearias. Isso pode estar relacionado ao fato do que os pontos de ônibus que apresentam maiores valores de gravity estão na área central. Nessa área, é possível encontrar grande quantidade de domicílios em até 600 metros dos pontos de ônibus, devido a grande quantidade de apartamentos. Ainda que as mercearias estejam presentes nessa área, não é lá que grande parte das firmas em questão estão localizadas.

A tabela 6 contém os valores de associação entre as mercearias e os demais tipos de atividades. A apreciação dos valores leva à identificação de que são os açougués que detêm a maior associação espacial com as mercearias (**3,40**). Maior, inclusive, do que a de mesmo tipo de atividades, que ocupa a segunda maior preferência (**2,96**). Além desses dois tipos de atividades, destacam-se outros dois tipos acima de 2: supermercados e padarias (**2,66** e **2,19**, respectivamente) – valores em **negrito** são estatisticamente significativos. Seguindo a interpretação de Leslie e Kronenfeld (2011), as mercearias têm probabilidade quase três vezes e meia maior do que uma possível distribuição aleatória (1,00) de ter açougués como vizinhos.

Levando em consideração os tipos de atividades e seus valores de associação espacial acima de 2,00, todos eles são do ramo varejista de alimentos. Essa análise mostra que, para além do tipo de atividade individualizado, é alta a probabilidade de mercearias terem como vizinhos algum tipo de varejo de alimentos. Abaixo de 2,00 e acima de 1,00, há seis tipos de atividades que também têm boa probabilidade de estar espacialmente associada às mercearias: oficinas mecânicas (**1,90**), varejo de automóveis (**1,70**), alojamento (**1,50**), instituições educacionais (**1,36**), alimentação (**1,29**) e farmácias (1,18) – este último não sendo

estatisticamente significativo. Nesse segundo grupo, os dois tipos de atividades com maior probabilidade de estarem espacialmente associados às mercearias estão relacionados a automóveis, ainda que um seja serviço e outro varejo.

As mercearias também mostram tendência de isolarem-se de alguns tipos de atividades, ou seja, apresentam valores abaixo de 1,00. São eles: bancos (0,86); varejo de eletrônicos (0,85); imobiliárias (**0,79**); varejo de tecidos (0,78); serviços de saúde humana (**0,66**); salões de beleza (0,61); serviços advocatícios (**0,46**); varejo de calçados (**0,40**) e; varejo de roupas e acessórios (**0,33**). Esse resultado mostra que há tendência de probabilidades menores do que o esperado para uma distribuição aleatória de mercearias terem como vizinhos esses tipos de atividades, com destaque para os três últimos.

Ao observar os tipos de atividade que aparecem no cenário mencionado, é possível perceber que eles se encontram, predominantemente, na área central. Apesar de haver mercearias na área central (21 firmas no raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro), estas correspondem a apenas 8,7% das 241 firmas desse tipo de atividade. Essa baixa vizinhança entre mercearias e tipos de atividades típicas de áreas centrais é evidenciado no rebaixamento dos valores de associação espacial, demonstrando que há tendência de isolamento entre eles. Tal isolamento se mostra mais evidente e com alto nível de confiança para serviços advocatícios, varejo de calçados e, sobretudo, varejo de roupas e acessórios.

4.2.2 Oficinas mecânicas

Oficinas mecânicas seguem distribuição espacial que tendem a evitar a área central, como pode ser visto na figura 32. A estrutura de coeficientes de correlação é bem parecida com a das mercearias, tendo os maiores coeficientes de correlação com os PO. Os coeficientes de correlação do primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, indicam que há preferência locacional para straightness (0,852), seguido de closeness (0,836) e

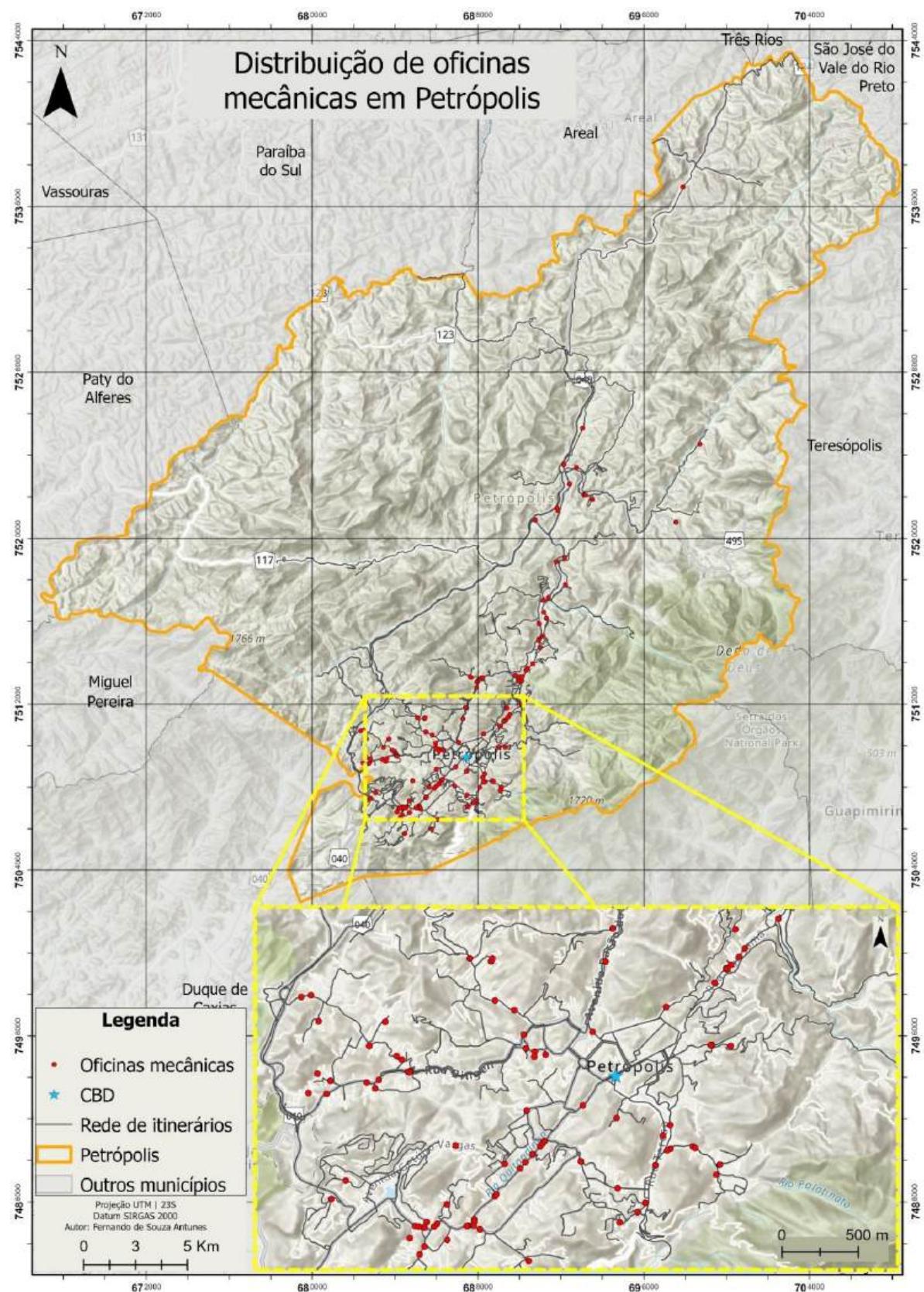


Figura 32 - Distribuição das oficinas mecânicas em Petrópolis.

betweenness (0,747). Essa estrutura indica o que pode ser visto na figura 32: as oficinas mecânicas preferem vias que oferecem menos desvios nas rotas entre dois PO. Isto é, vias como as ruas Coronel Veiga, General Rondon, Quissamã, Bingen e Estrada União e Indústria. Algumas oficinas nas ruas Paulino Afonso, Barão do Rio Branco e Quissamã ajudam a elevar o coeficiente de correlação de *closeness*. Essas ruas ainda ficam na área de maior influência de *closeness*.

O segundo grupo, interseções com pesos, evidencia o maior coeficiente de correlação com *straightness* (0,826), seguido de *closeness* (0,799) e *betweenness* (0,769). Tal resultado mostra que as oficinas mecânicas tendem a buscar vias que formam caminhos com menos desvios entre duas interseções na rede. Vias fora da área central que apresentam maiores valores para índice *straightness* são Teresa, Quissamã e União e Indústria. São seguidas das ruas General Rondon, Coronel Veiga e Washington Luís. Todas essas ruas apresentam um número considerável de mercearias.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, seguindo os outros dois grupos, também apresenta *straightness* com maior correlação com mercearias (0,851), seguido de *closeness* (0,786) e *betweenness* (0,700). Esse resultado mostra que, de fato, oficinas mecânicas parecem evitar a área central e se instalarem nas áreas periféricas, sobretudo nas ruas mais alongadas, que proporcionam menos desvios. Essas vias também tendem a ser as mais importantes dos quarteirões (localidades), como as citadas na análise do segundo grupo. Isso quer dizer que, apesar da tendência da fuga de locais com grande densidade de firmas, as oficinas buscam vias com certa importância nas localidades em Petrópolis.

Na tabela 3, observa-se que pontos de ônibus apresentam correlação moderada (0,521) com as oficinas mecânicas, a segunda menor desse grupo. Pode-se dizer, portanto, que pontos de ônibus exerceram uma atração moderada para a escolha locacional das oficinas mecânicas em Petrópolis. Quando considerada a quantidade de domicílios em até 600 metros dos pontos de ônibus e das interseções (esquinas), essa atração diminui (0,408 e 0,381, respectivamente). Esse resultado mostra que, considerando os tipos de atividades abordadas nesta pesquisa, as oficinas mecânicas que têm mais domicílios em até 600 metros são menos atraídas por pontos de ônibus e interseções (segunda menor atração).

A tabela 6 contém os valores de associação espacial entre oficinas mecânicas e outros tipos de atividade. A partir da observação dos valores, identifica-se que as próprias oficinas mecânicas são as firmas que apresentam maior probabilidade de serem vizinhas delas mesmas (3,83). Isto é, há quase quatro vezes mais chance de haver uma outra oficina mecânica entre as dez firmas vizinhas das oficinas do que uma possível distribuição aleatória. Esse resultado demonstra a busca desse tipo de atividade por aglomerarem-se em torno de si, buscando vantagens locacionais decorrentes dos serviços que se complementam. Ainda que todas estejam categorizadas como oficinas mecânicas no CNAE, cada uma delas pode concentrar serviços especializados na manutenção de uma parte do automóvel. Essa aglomeração favorece as oficinas, uma vez que uma pode fazer manutenção de motores, outra a manutenção de radiadores, de suspensão, de funilaria, de pintura etc.

Também chama atenção o segundo tipo de atividade com maior chance de ser encontrado próximo das oficinas mecânicas: varejo de automóveis (2,77). Isso evidencia que firmas relacionadas a automóveis têm forte associação espacial, seja para manutenção ou para venda. Há provável vantagem locacional em manter próximas as agências de venda de carros e as oficinas mecânicas, uma vez que as segundas podem oferecer uma série de serviços às primeiras. Para além dos dois destaques já mencionados, há outros tipos de atividades que ainda alcançam associação espacial com as oficinas: padarias (1,84); mercearias (1,75); varejo de móveis e iluminação (1,58); instituições educacionais (1,55); e serviços de alimentação (1,30), para citar somente os tipos de atividades que são estatisticamente significativos.

No que diz respeito à tendência de isolamento das oficinas mecânicas em relação a outros tipos de atividades, destacam-se: imobiliárias (0,71); serviços de saúde humana (0,65); serviços advocatícios (0,42), varejo de roupas e acessórios (0,35) e varejo de calçados (0,11). Mais uma vez os tipos de atividades típicos de áreas centrais apresentam probabilidade mais baixa do que uma distribuição aleatória de estarem entre as dez vizinhas de uma categoria de interesse pouco presente nessa área. Como já mencionado, oficinas mecânicas tendem a evitar a área central, existindo apenas 4 firmas dentro de um raio de 1000 metros a partir da interseção das ruas do Imperador e Marechal Deodoro. Nesse sentido, oficinas e esse último grupo de atividades tendem a não dividirem o mesmo espaço. Especificamente, no que diz respeito ao varejo de calçados, que é a maior tendência de isolamento em relação às oficinas, apenas 28% das firmas não estão no eixo viário da rua do Imperador.

4.2.3 Supermercados

Atenção especial deve ser dada aos supermercados, visto que fazem parte de um tipo de comércio varejista muito importante no cotidiano das pessoas. Essa importância se dá, dentre outras, pela característica de tentar oferecer aos consumidores uma gama diversificada de produtos utilizados no dia a dia individual e familiar. Importante ressaltar que supermercados também comercializam produtos característicos de outras firmas consideradas neste trabalho, tais como açouguês, padarias, mercearias etc.

Como já mencionado, os supermercados têm preferência em localizarem-se em vias que têm maiores valores do índice *closeness*. Essa característica parece se dar devido ao fato de que eles estão mais presentes no Centro Histórico (centro principal) e em seus arredores imediatos (figura 33): há, em um raio de aproximadamente 1000 metros a partir do cruzamento da rua do Imperador com a Rua Marechal Deodoro (CBD - área com maior concentração de firmas do setor terciário) 10 dos 34 supermercados de Petrópolis; 13 em aproximadamente 1500 metros; 18 em aproximadamente 2800 metros e; 31 em aproximadamente 5100 metros. Os círculos concêntricos no mapa da figura 33 apresentam os raios mencionados acima, na mesma ordem.

Essas características são coerentes com a configuração espacial do sistema de ônibus de Petrópolis, uma vez que há no centro principal um terminal rodoviário por onde passam a grande maioria das linhas de ônibus que fazem ligação com outros distritos. Dessa maneira, parece haver um padrão espacial na concentração de supermercados na área central e em seus arredores imediatos: 10 dos 34 supermercados da cidade estão a 15 minutos de caminha da área de maior concentração de firmas na cidade. Desses 10, 7 estão dentro de um raio de aproximadamente 430 metros do terminal rodoviário do centro. Isso equivale a dizer que, aproximadamente 1/3 dos supermercados estão na área central da cidade, a uma distância de caminhada do terminal rodoviário que distribui passageiros

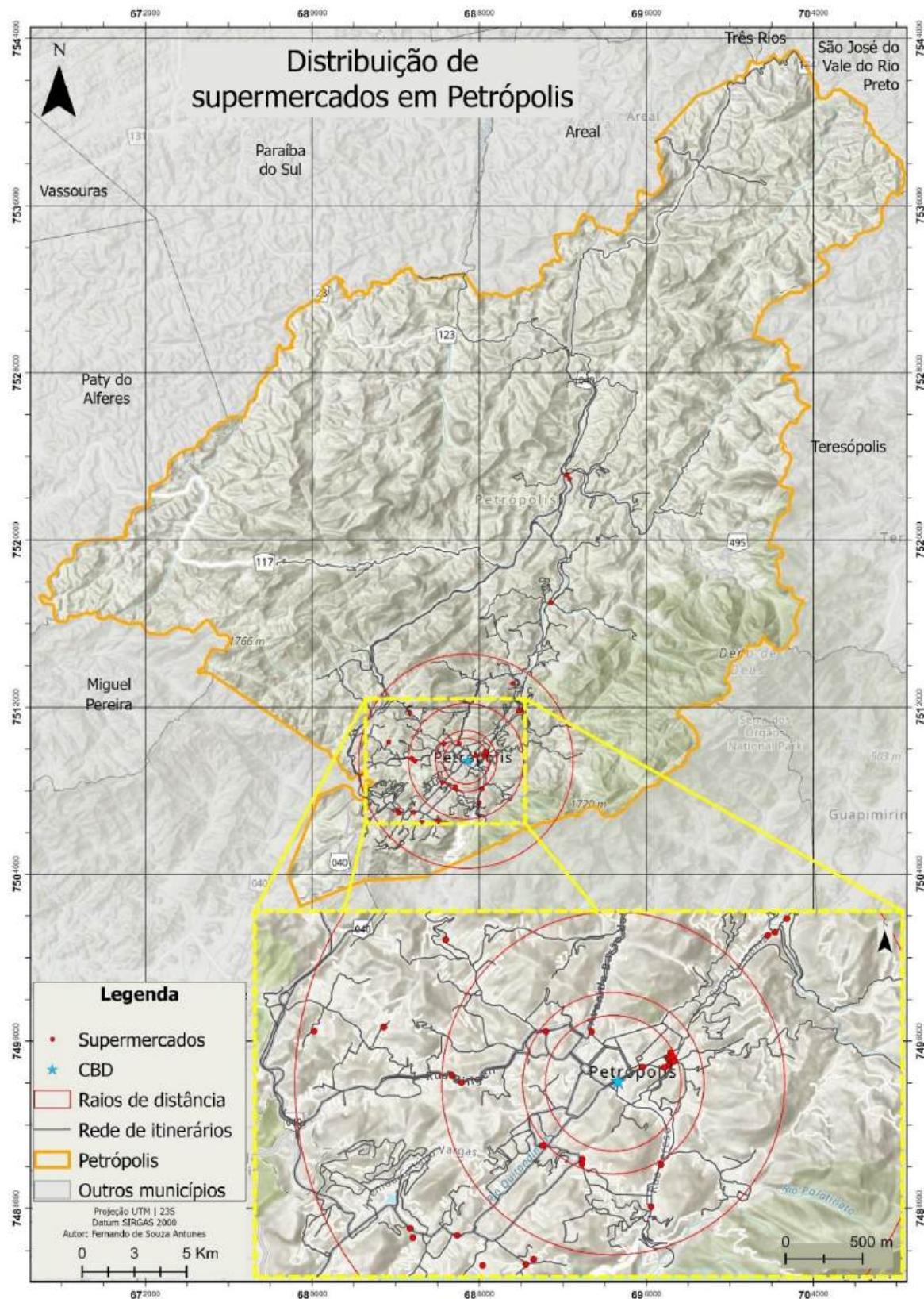


Figura 33 - Distribuição dos supermercados em Petrópolis, com raios de distâncias (1000, 1500, 2800 e 5100 metros) em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

para todos os outros distritos. Parece haver interesse por parte dessas firmas em estarem próximas a estes pontos de ônibus da área central, facilitando assim o acesso a suas lojas.

Para o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, é possível identificar *closeness* com a maior correlação com supermercados (0,750), seguido de *straightness* (0,734) e *betweenness* (0,595). Esse resultado contribui para a avaliação acima. Para além da já mencionada motivação da possível preferência locacional pelas ruas da área central, entende-se que as ruas com maiores valores de *straightness* tendem a ser as principais ruas das localidades em Petrópolis, uma vez que elas se alongam junto aos rios que cortam os quarteirões da cidade. Nesse contexto, pela relativa proximidade dos coeficientes de correlação de *closeness* e *straightness*, entende-se que essas vias principais dos quarteirões são importantes para esse tipo de atividade, uma vez que podem facilitar o acesso de clientes.

O segundo grupo, interseções com pesos, apresenta a maior correlação das firmas com *closeness* (0,879), seguido por *betweenness* (0,858) e *straightness* (0,837). Quando analisadas as esquinas presentes na rede utilizada, também é possível perceber que a relação dos supermercados com a área central continua forte. Isto é, essas firmas buscam o centro de gravidade de Petrópolis, inclusive levando em consideração a proximidade de outras firmas.

Chama atenção no segundo grupo que o coeficiente de correlação de *betweenness* não fica muito atrás, elevando a importância deste índice, nesse caso. Dessa maneira, é possível perceber que há tendência considerável de escolha locacional dessas firmas nas principais ruas que formam caminhos mais curtos entre duas esquinas da rede. Em outras palavras, os supermercados também têm interesse em alocarem-se em ruas de fluxo intenso, no intuito de que pessoas em seus deslocamentos para casa ou trabalho possam parar e comprar.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, retoma a mesma estrutura dos coeficientes de correlação com os índices, tendo *closeness* como maior correlação (0,852), seguido de *straightness* (0,722) e *betweenness* (0,665). É visível que a quantidade de firmas faz elevar sensivelmente o coeficiente de correlação do primeiro índice, mostrando que tal parâmetro é um fator favorável para a relação deste com essas firmas. Essa tendência não se repete para *straightness*, que tem uma leve alteração para baixo, quando comparada com o primeiro grupo. Já *betweenness*, apesar de tender à menor preferência locacional de

supermercados, tem um incremento considerável no coeficiente de correlação. Esse resultado eleva a importância de vias com fluxos maiores para esse tipo de atividade.

Por fim, a análise da tabela 3 permite identificar os pontos de ônibus exercendo maior atração para supermercados, sobretudo quando não se leva em consideração a quantidade de domicílios no entorno (0,922). Entre os nós que utilizam os domicílios do entorno para avaliar seus potenciais de atração, os pontos de ônibus seguem tendo preferência (0,882), seguidos das interseções (0,852). Assim, é possível deduzir que, quando se levam domicílios (portanto moradores) em consideração, parece haver a escolha por melhorar o acesso para pessoas que chegam por transporte público.

A tabela 6 apresenta os cocientes de associação espacial dos supermercados como categoria de interesse. Os valores resultantes do cálculo mostram que os próprios supermercados têm chances três vezes e meia maiores do que de uma distribuição aleatória de estar entre os dez vizinhos de um outro supermercado (**3,52**). Esse resultado mostra que os supermercados tendem a buscar a proximidade como vantagem locacional. Não muito atrás, também espacialmente associados e com coeficientes estatisticamente significativos, estão açougues (**2,81**); mercearias (**2,22**); serviços de alimentação (**1,80**) e; farmácias (**1,62**).

O método desenvolvido por Leslie e Kronenfeld (2011) é considerado um importante ganho em análise de associação espacial, pois permite avaliar se essa disposição entre duas categorias é simétrica ou assimétrica. A partir dos coeficientes trazidos na tabela 5 e 6, é possível perceber que há simetria na associação espacial quando supermercados são categorias de interesse e vizinha: supermercados e açougues (**2,81** e **2,83**, respectivamente); supermercados e mercearias (**2,66** e **2,22**, respectivamente); supermercados e farmácias (**1,62** e **1,44**, respectivamente). Não é esperado que os coeficientes sejam idênticos para que seja identificada associação espacial simétrica entre as atividades, mas que estejam em uma mesma ordem de grandeza, ou seja, que os coeficientes estejam próximos.

No que diz respeito ao isolamento espacial, há dez tipos de atividades que apresentam tendência de estarem isoladas dos supermercados, com destaque para serviços de saúde humana (**0,60**), imobiliárias (**0,32**) e varejo de roupas e acessórios (**0,29**). A simetria também está presente no isolamento envolvendo supermercados, quando estes são considerados categoria

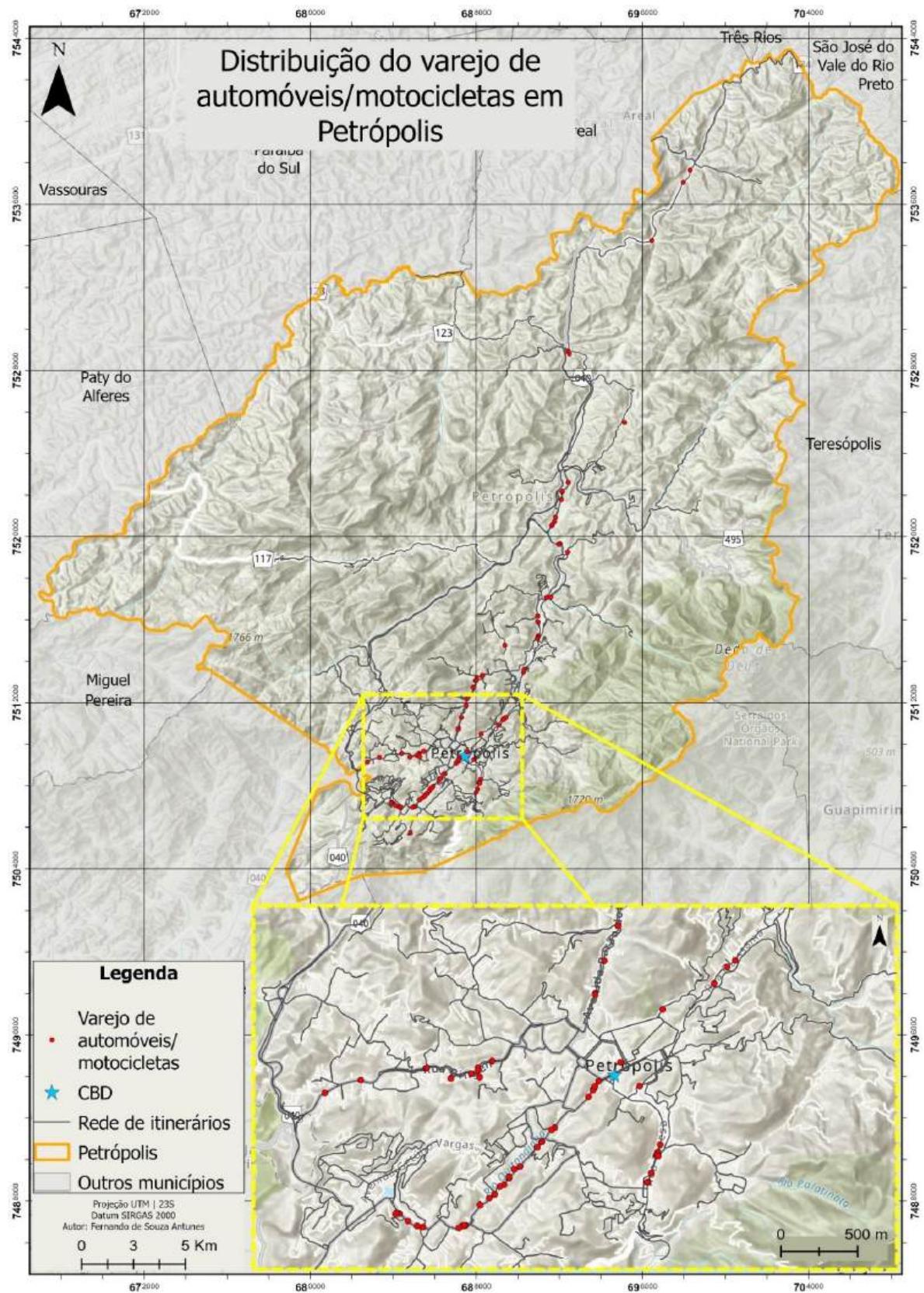
vizinha: de serviços de saúde humana (**0,64**); de imobiliárias (**0,49**) e varejo de roupas e acessórios (**0,14**), inclusive seguindo a mesma ordem decrescente de interesse locacional.

Diferentemente de outros tipos de atividades já analisados, os supermercados estão presentes de forma consistente na área central e, portanto, em alguma medida, dividem essa área com outras atividades típicas. Ainda assim, chama atenção o isolamento em relação às imobiliárias e varejo de roupas e acessórios. Uma vez que o varejo de roupas é concentrado no polo têxtil da rua Teresa, espera-se que, de fato, não haja muitas atividades espacialmente associadas a ela. Contudo, esse não é o padrão locacional das imobiliárias e, por isso, mostra-se interessante o isolamento simétrico forte e estatisticamente significativo entre supermercados e imobiliárias.

4.2.4 Varejo de automóveis/motocicletas

A compra de carros não é algo que se faça com frequência pela maioria das pessoas. Por esse motivo, o varejo de automóveis representa 1,9% (106 firmas) do total de firmas de varejo e serviços consideradas nesta pesquisa (5671 firmas). Das 106 firmas presentes em Petrópolis, apenas 9 estão em um raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, o equivalente a 8,4%. Esse percentual confirma que esse tipo de atividade tende a escolher locais fora da área central, buscando mais espaço.

O primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem pesos, mostra que *straightness* é o índice de maior correlação com varejo de automóveis (0,726), seguido de *closeness* (0,715) e *betweenness* (0,638). Como é possível observar na figura 34, o varejo de automóveis e motocicletas busca locais em vias importantes e principais que, em Petrópolis, são as mais retilíneas, uma vez que seguem o curso fluvial: ruas Coronel Veiga, Washington Luiz, Teresa, Bingen, Paulo Hervé, Av. Barão do Rio Branco e Estrada União e Indústria.



O segundo grupo, interseções com pesos, apresenta *closeness* com maior correlação com as firmas (0,808), seguido de *straightness* (0,797) e *betweenness* (0,796). É possível perceber nesse grupo que há baixa variação entre os coeficientes de correlação, sobretudo entre o segundo e o terceiro. Isso se dá porque as ruas mencionadas no parágrafo anterior são ruas principais das localidades, sendo, portanto, rota importante nos itinerários dos ônibus, o que faz elevar o índice *betweenness*. No que diz respeito a *closeness*, tal índice tem relevância nas ruas Washington Luiz, Teresa e Quissamã, o que pode ajudar a explicar seu leve destaque frente aos outros dois índices.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, tem destaque para *closeness* (0,723), seguido de *straightness* (0,718) e *betweenness* (0,600). Esse grupo mostra baixa variação entre o primeiro e segundo índice. Entende-se que as firmas da Washington Luiz ajudam no cálculo dos índices que utilizam peso de firmas que esse grupo, que tem na área de maiores valores de *closeness* a maior quantidade de firmas (área central). As vias que apresentam boas respostas do índice *betweenness* quando se leva a quantidade de firmas em consideração favorecem menos o varejo de veículos e motocicletas que o primeiro grupo, que também analisa os PO.

Dos três grupos de análises, um deles têm *straightness* como índice de acessibilidade que se destaca e os outros dois apresentam valores bem próximos da maior correlação do grupo. Esse resultado pode estar relacionado à maciça presença dessas firmas em vias de grande extensão e importância para a cidade, como pode ser visto na figura 34. O eixo viário formado pela continuidade das ruas Marechal Rondon, Coronel Veiga e Washinton Luís apresenta 29 das 106 firmas do ramo, ou seja, 24,5%. Esse padrão locacional persiste em outras vias de grande importância para outras localidades da cidade, grande parte delas vias que já estavam presentes no planejamento de Koeler.

Aprofundando a observação dessas firmas, percebe-se que suas escolhas locacionais se dão em vias de grande circulação e importância: eixo formado pela continuidade das ruas Dr. Paulo Herve e Bingen (8 firmas); eixo formado pela Av. Barão do Rio Branco e rua Dr. Hermogênio Silva (9 firmas); eixo formado pela rua Teresa (10 firmas); as outras estão distribuídas em algumas concentrações na estrada União e Indústria ou vias de menor importância. Esses eixos têm sua importância aumentada quando levamos em conta a rede de ruas formada pelos itinerários das linhas de ônibus, uma vez que são as principais ruas de ligação entre as localidades de Petrópolis, seja no primeiro distrito ou entre o primeiro e os

outros distritos. Algumas das ruas mencionadas acima, por terem grande extensão, são também influenciadas por *closeness*, o que explica o destaque desse índice, sempre com *straightness* próximo.

A escolha por alocarem-se principalmente nos eixos principais de ruas também pode explicar a correlação maior com o índice *closeness* nos grupos interseções e pontos de ônibus com pesos. Apesar de fora da área central, onde há maior concentração de pontos de ônibus com os maiores valores do índice *closeness*, são nesses eixos principais que há tendência de incremento do índice em questão, até seu ápice, no centro. É também nessas vias que há tendência por maior número de firmas (peso) nas localidades, considerando que são os eixos que levam até a área central.

A tabela 3 mostra o coeficiente de correlação entre índice *gravity* e varejo de automóveis. A partir do resultado apresentado, observa-se que, quando o cálculo de *gravity* de pontos de ônibus não leva domicílios como peso para as firmas, estes tendem a ter maior potencial de atração dessas firmas (0,631). Quando se leva em consideração a quantidade de domicílios na análise, percebe-se que os pontos de ônibus perdem potencial de atração do varejo de automóveis (0,557) e as interseções ganham relevância (0,618). Assim, pode-se dizer que, quando considerados as lojas de varejo de automóveis/motocicletas mais próximas aos domicílios, estas tendem a preferirem a proximidade com as esquinas do que dos pontos de ônibus.

A tabela 5 permite a visualização dos coeficientes de associação espacial do varejo de automóveis e motocicletas. Mais uma vez, é o mesmo tipo de atividade da categoria de interesse que tende a apresentar maior vantagem locacional para o varejo de automóveis e motocicletas (**7,68**). Reforçando a interpretação, há probabilidade sete vezes e meia maior do que uma distribuição aleatória de se encontrar o mesmo tipo de atividade entre os dez vizinhos mais próximos de firmas de varejo de automóveis e motocicletas.

Há ainda outros tipos de atividades espacialmente associadas às firmas em questão, com destaque para os estatisticamente significativos: oficinas mecânicas (**2,67**); varejo de móveis e iluminação (**1,94**); padarias (**1,84**); e serviços de alimentação (**1,28**). Apresentando o segundo maior coeficiente de associação espacial e sendo uma categoria vizinha diferente da categoria de interesse, é importante reforçar a já mencionada associação espacial simétrica entre varejo

de automóveis e motocicletas e oficinas mecânicas. Também é possível identificar associação espacial simétrica para varejo de móveis e iluminação (**2,12**) e padarias (**1,92**). Apesar de próximo, o que poderia caracterizar uma relação simétrica, o coeficiente de associação espacial entre serviços de alimentação e varejo de automóveis não é estatisticamente significativo.

No que diz respeito à tendência de isolamento espacial, destacam-se os coeficientes estatisticamente significativos: serviços de saúde humana (**0,37**); salões de beleza (**0,37**); varejo de roupas e acessórios (**0,23**); e varejo de calçados (**0,11**). Uma vez que agências de vendas de automóveis demandam considerável espaço, era esperado que houvesse isolamento entre essas firmas e as atividades mencionadas acima. Também há tendência de isolamento espacial simétrico muito bem demarcado com serviços de saúde humana (**0,37**), salões de beleza (**0,35**) e varejo de calçados (**0,13**).

4.2.5 Serviços de alimentação

Nesta pesquisa, foram considerados tipos de atividade para essa categoria: os restaurantes, lanchonetes e bares. Ao todo, são 968 estabelecimentos que prestam serviços de alimentação em Petrópolis, em 2019. Esse número corresponde a 17,8% do total de firmas, apresentando-se como o segundo maior tipo de atividade econômica analisada.

Essas firmas têm sua importância aumentada devido à variedade de motivações que os consumidores têm para frequentá-las. Tais motivações, ainda que sempre voltadas para um mote comum (comer e beber), se apoiam em atividades de trabalho, lazer e turismo. O primeiro está relacionado à necessidade de alimentação nas proximidades dos postos de trabalho, de preferência a uma curta caminhada. O segundo e o terceiro estão correlacionados, uma vez que os habitantes da cidade frequentam esses estabelecimentos em tempo voltado para descanso e lazer, mas também os turistas que vão à Petrópolis passar o dia ou o fim de semana.

A figura 35 mostra a distribuição das firmas de serviços de alimentação em Petrópolis. É possível perceber que elas estão fortemente presentes, sobretudo, nos

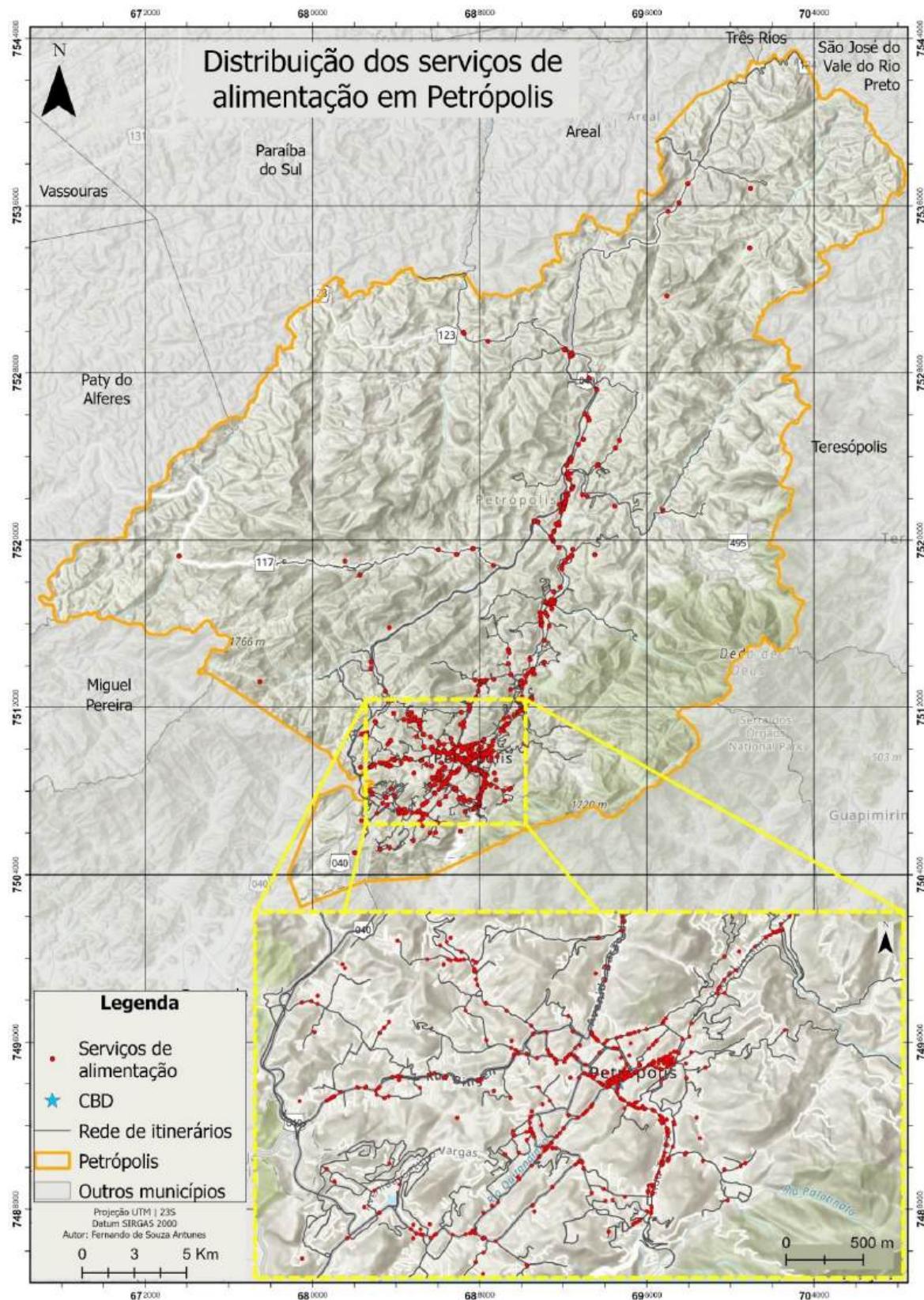


Figura 35 - Distribuição dos serviços de alimentação.

grandes eixos que partem dos quarteirões, no primeiro distrito, para a área central e, nessa última, há grande concentração dessas firmas. A necessidade de estarem bem localizadas, no que diz respeito aos postos de trabalho, faz com que 33% (318 firmas) das firmas de alimentação estejam em um raio de 1000 metros da esquina das ruas do Imperador e Marechal Deodoro. É justamente nessa área que há maior concentração de postos de trabalho e de hotéis e pousadas, uma vez que a área central é também o Centro histórico, ou seja, concentra também os equipamentos turísticos da cidade.

A partir da análise do primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem pesos, percebe-se que os índices *straightness* e *closeness* têm coeficientes de correlação muito próximos (0,679 e 0,674, respectivamente), seguidos por *betweenness* (0,604). A concentração de firmas de alimentação na área central aproxima o índice *closeness* do índice *straightness*, ainda que o primeiro não supere o segundo. A análise desses coeficientes de correlação em conjunto com a distribuição espacial das firmas apresentada pela figura 35 mostra que, ainda que tal concentração eleve a importância do índice *closeness*, a forte presença de firmas de alimentação nos principais eixos dos quarteirões pode dar sustentação para que o índice *straightness* tenha a maior correlação com as firmas. A forte presença dessas firmas no eixo viário da Estrada União e Indústria também pode dar suporte a esse entendimento.

Ruas com valores altos para o índice *straightness* são ruas que formam os caminhos com menos desvios em relação a dois pontos da rede. Isto é, a distância, em rede, entre dois pontos é mais próxima da distância euclidiana (em linha reta) entre eles. No caso de Petrópolis, tais vias são, principalmente, os eixos viários dos quarteirões em direção à área central, no primeiro distrito, e a Estrada União e Indústria, que se estende pelos outros distritos. Antunes *et al.* (2022) afirmam que a topografia de Petrópolis favorece esse índice, uma vez que tais eixos viários dos quarteirões acompanham o curso dos rios, que não apresentam grande sinuosidade.

O segundo grupo, interseções com pesos, apresenta coeficientes de correlação mais altos do que o primeiro e terceiro grupos que analisam a correlação de firmas de alimentação com os índices de acessibilidade calculados para PO. Nesse grupo, a estrutura é a mesma do segundo grupo, tendo o índice *straightness* a maior correlação (0,842), seguido por *closeness* (0,819) e *betweenness* (0,814). Há maior tendência de as firmas localizarem-se nas ruas que formam as rotas com menos desvios entre duas esquinas. *Closeness* e *betweenness* tem coeficientes de

correlação bem próximos um do outro. Esse resultado pode estar relacionado à preferência locacional já constatada por parte das firmas de alimentação a instalarem-se em ruas de maior importância, fazendo aproximar as correlações com os dois índices supracitados.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, tem uma estrutura diferente, *closeness* tem a maior correlação com as firmas (0,750), seguido por *straightness* (0,663) e *betweenness* (0,625). Esse resultado sugere que a quantidade de firmas de qualquer tipo de atividade, de fato, pode levar a uma maior preferência locacional por parte de restaurantes, lanchonetes e bares. Esse entendimento parece fazer sentido, uma vez que as atividades de alimentação, em sua maioria, se beneficiam da presença de postos de trabalho e áreas de lazer, ponto chave da área central, onde há a maior quantidade de firmas em até 600 metros de distância dos pontos de ônibus.

Destaca-se que a diferença entre o maior e o segundo maior coeficientes de correlação é considerável. Essa mesma análise no primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, mostra que o primeiro e segundo maiores coeficientes de correlação têm diferença bem pequena. A comparação entre esses dois grupos de análise de pontos de ônibus mostra que o índice *straightness* tem baixa variação, ainda que no terceiro grupo sejam usadas as quantidades de firmas como peso nos cálculos. Esse resultado sugere que a quantidade de firmas do entorno dos pontos de ônibus pode não ser relevante quando se trata da escolha locacional em ruas que formam rotas com menos desvios, o que, como já foi discutido, em Petrópolis, são as principais vias da cidade. Como as principais vias da cidade comumente fazem os caminhos mais curtos entre os PO, *betweenness* apresenta coeficiente de correlação não muito menor do que *straightness*.

No que diz respeito ao potencial de atração dos pontos de ônibus e interseções sobre as firmas que oferecem serviços de alimentação, representados na tabela 3, pode-se dizer que essas firmas são fortemente atraídas pelos dois tipos de nós na rede. Há leve destaque para PO, quando não considerados os domicílios ao redor das firmas (0,921). Quando são considerados os domicílios do entorno, as interseções levam leve vantagem sobre os pontos de ônibus (0,900 e 0,881, respectivamente). Outra interpretação possível é que a atração exercida por pontos de ônibus sobre serviços de alimentação é maior em lugares menos residenciais e, dentro das áreas residenciais, as esquinas têm vantagem em relação aos pontos de ônibus.

A tabela 5 traz os coeficientes de associação espacial para serviços de alimentação enquanto categoria de interesse. Uma análise superficial logo mostra que os coeficientes de associação espacial são menores que os das outras atividades vistas até aqui. Isso pode estar relacionado à maior distribuição das firmas ao longo das vias da cidade. A própria natureza da atividade tende à maior distribuição.

Dentre as atividades espacialmente associadas aos serviços de alimentação, destacam-se os estatisticamente significativos: açougue (**1,93**); serviços de alimentação (**1,58**); padarias (**1,50**); supermercados (**1,47**); oficinas mecânicas (**1,28**); instituições educacionais (**1,23**); e mercearias (**1,23**). O resultado apresentado mostra que há probabilidade quase duas vezes maior do que uma distribuição aleatória de haver açougue entre as dez firmas mais próximas dos serviços de alimentação. Essa probabilidade é maior, inclusive, do que a de encontrar outras firmas de serviços de alimentação. Há de se destacar que, entre todas as análises de associação espacial onde as categorias de interesse e vizinha são a mesma atividade, a de serviços de alimentação tem o mais baixo coeficiente. A agregação de restaurantes, lanchonetes e bares como um único tipo de atividade pode ter suavizado os coeficientes demonstrados para a atividade-síntese serviços de alimentação.

Por outro lado, é possível identificar oito atividades com tendência de isolamento espacial, com destaque para os estatisticamente significativos: serviços de saúde humana (**0,85**); serviços advocatícios (**0,70**); varejo de calçados (**0,66**); e varejo de roupas e acessórios (**0,55**). Como já mencionado, 33% das firmas que prestam serviços de alimentação estão na área central e, ainda assim, há importante e considerável tendência de isolamento entre tais firmas e as mencionadas acima, típicas de áreas centrais.

O relacionamento simétrico com os serviços de alimentação está presente para todas as seguintes atividades destacadas. Esse resultado mostra que tais atividades têm interesse mútuo na associação espacial com serviços de alimentação. No que diz respeito ao relacionamento assimétrico, não há coeficientes estatisticamente significativos que respondam a esse comportamento.

4.2.6 Padarias

A quantidade de firmas que têm padaria como função primária é relativamente pequena, apenas 124. Isso corresponde a 2,2% do total de firmas consideradas nesta pesquisa (5671). Contudo, essa atividade se faz presente em inúmeras outras firmas. Não é difícil ter a possibilidade de comprar pão e outros itens característicos de padarias em mercearias, estabelecimentos de alimentação (lanchonetes), lojas de conveniência em postos de gasolina e, sobretudo, supermercados. Importante esclarecer que no banco de dados do CNPJ é disponibilizado somente o código CNAE da atividade primária da firma, que é definida por seu responsável. Dessa maneira, as 124 padarias consideradas nessa pesquisa são somente as que têm essa atividade enquanto primária.

Analizando a tabela 2, é possível perceber que as maiores correlações entre os três grupos são bem próximas, sobretudo entre os grupos de análise de pontos de ônibus sem pesos e as interseções com pesos. Entre esses dois últimos grupos, há virtual igualdade de maiores valores de correlação com as firmas em tela, ainda que sejam índices diferentes (0,731 e 0,733, respectivamente).

Quando se observa os índices de acessibilidade do grupo pontos de ônibus sem pesos, obtemos o maior valor de correlação com o índice *betweenness*. Para este grupo de análise, é o único tipo de atividade que tende escolher localizar-se nos principais caminhos (ou os mais percorridos) entre todos os outros pontos. Faz sentido que padarias estejam nos caminhos mais percorridos entre quaisquer pares de pontos de ônibus na rede, uma vez que, ao levar em consideração viagens de ônibus, estas se fazem em vias de maior movimento, grandes o suficiente para permitir sua passagem. Assim, a escolha locacional por caminhos mais percorridos na rede faz com que haja maior passagem de pessoas que utilizam transporte público por essas firmas, a caminho de casa ou do trabalho.

Em relação ao grupo formado pelas interseções com pesos nos cálculos, o índice *betweenness* deixa de ter a maior correlação com as padarias, dando lugar para o índice *closeness*. Esse resultado traz indicação de que as padarias têm preferência por estarem em ruas com menores distâncias a todas as outras. A leitura do mapa da figura 36 mostra

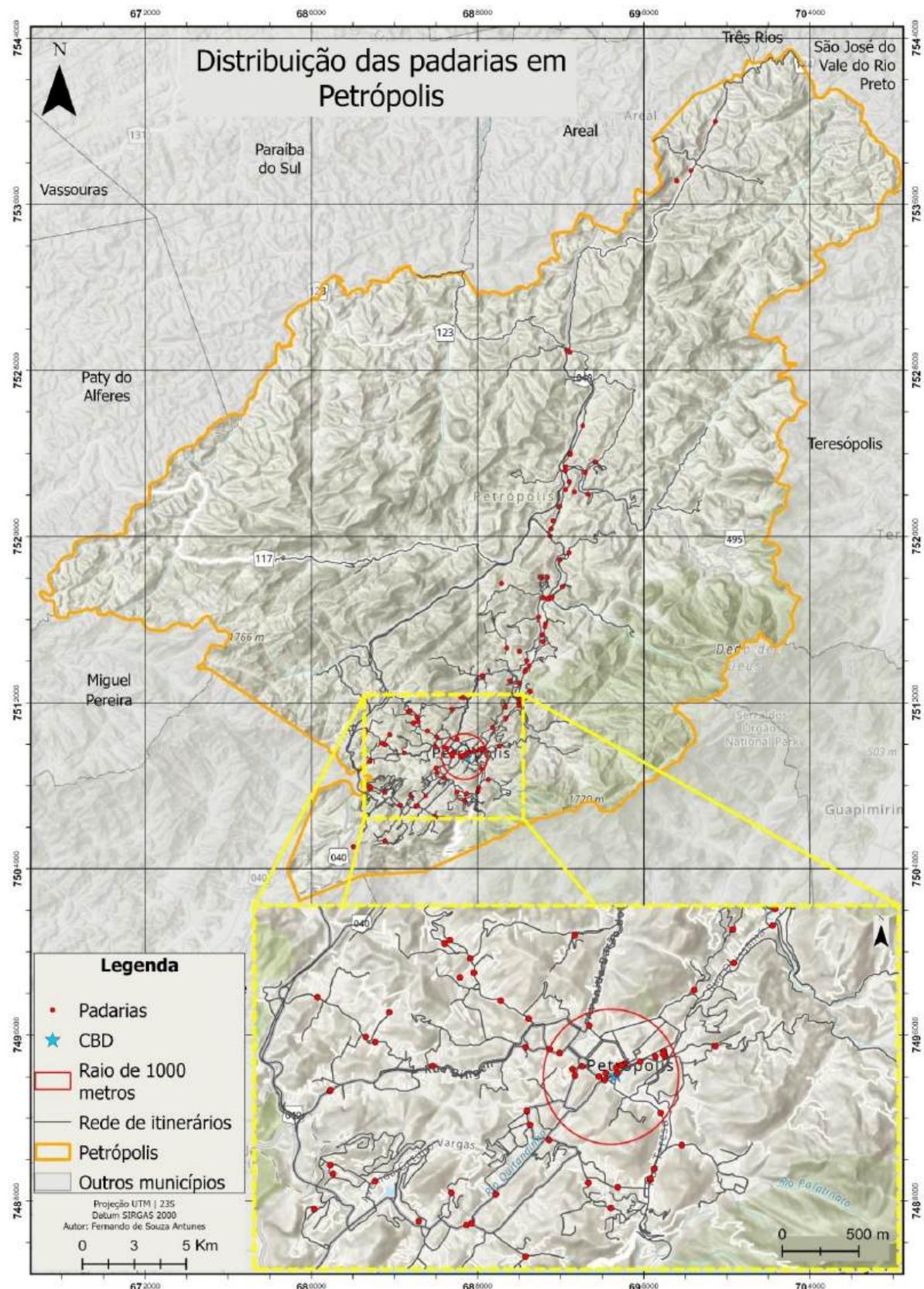


Figura 36 - Distribuição das padarias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

que há grande concentração de padarias no Centro Histórico de Petrópolis. Como essa área é a que concentra maior quantidade de atrações turísticas e estabelecimentos de hospedagem na cidade, entende-se a motivação da concentração de padarias na área central. Para além desse fato, contribui para que o índice *closeness* seja o destaque desse grupo o fato de que as interseções da área central serem as que mais têm firmas em até 600 metros, dado este usado nos cálculos dos índices de acessibilidade deste grupo de análise. Em um raio de aproximadamente 1000 metros do cruzamento das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, há 21 padarias, que corresponde a 17% do total (124 padarias).

Ainda no grupo de interseções da rede, percebe-se que *betweenness* não fica muito atrás, sendo a segunda maior correlação com as padarias. Isso mostra que, também quando se leva em conta as esquinas, percebe-se que há tendência de que este tipo de atividade econômica escolha os principais caminhos mais curtos.

Quando se observam as correlações entre padarias e os pontos de ônibus com peso no cálculo, é possível notar que o índice com maior correlação desse grupo é *straightness* (0,705), seguido por *betweenness* (0, 671) e, tendo a menor correlação com as padarias, *closeness* (0,616). Há indicação de que, ao levar em conta os pontos de ônibus e as firmas em até 600 metros de distância destes, as padarias tendem a encontrarem-se nas ruas onde as rotas entre dois pontos de ônibus têm menos desvios.

O valor de correlação indica também que a quantidade de firmas é maior ao redor de pontos de ônibus encontrados em ruas que são rotas com menos desvios entre eles. Assim, as padarias também tendem a preferir essas ruas. Se comparadas as correlações dos dois grupos de PO, o índice *straightness* tem praticamente o mesmo valor, mas em um dos grupos (PO sem peso) há preferência por estarem nos caminhos mais curtos entre outros dois pares de PO. Levando em consideração a topografia de Petrópolis, entende-se que há certa sobreposição entre as ruas que têm os maiores índices *straightness* e *betweenness*. Isso acontece porque as principais ruas, sobretudo do primeiro distrito, estão nos fundos dos vales, acompanhando os rios, formando o que Silva (2000) chamou de configuração tentacular. Dessa maneira, as ruas são mais retilíneas e por elas são percorridos grande parte das rotas que entram e saem dos quarteirões da cidade.

A tabela 3 mostra que as padarias são mais atraídas por pontos de ônibus quando estas não consideram a quantidade de domicílio do entorno no cálculo (0,581). Quando os domicílios do entorno são considerados, há leve tendência de que as padarias sejam mais atraídas por interseções de vias do que por pontos de ônibus (0,511 e 0,500, respectivamente). Lojas em esquinas costumam ser bastante valorizadas pelo varejo, sobretudo quando se trata de tipos de negócios de consumo frequente, próximos dos consumidores.

A tabela 6 contém os coeficientes de associação espacial para padarias. A partir da observação de tais valores, identifica-se que as padarias têm associação espacial forte e estatisticamente significativa com as seguintes atividades: açougue (**2,96**); mercearias (**2,12**); varejo de automóveis (**1,92**); padarias (**1,79**); oficinas mecânicas (**1,75**); instituições educacionais (**1,54**); e serviços de alimentação (**1,33**). Os coeficientes mencionados mostram que açougue é a atividade com maior probabilidade de ser encontrada entre as dez atividades vizinhas mais próximas das padarias. Parece haver vantagem locacional entre firmas de varejo de alimentos de pequeno porte, onde é possível aproveitar a ida à padaria para comprar outros produtos de consumo cotidiano em açougues e mercearias. Há ainda interessante associação espacial entre varejo e serviço que envolve automóveis/motocicletas. Há simetria entre todos os relacionamentos de associação espacial já mencionados.

No que diz respeito ao isolamento espacial, há nove atividades sob essas circunstâncias, com destaque para as seguintes atividades com coeficientes estatisticamente significativos: varejo de calçados (**0,51**); varejo de roupas e acessórios (**0,46**); e serviços de saúde humana (**0,45**). Há simetria entre todos os relacionamentos de isolamento espacial já mencionados.

4.2.7 Estabelecimentos educacionais

Estabelecimentos de educação abarcam todo tipo de ensino público e privado: escolas de ensino fundamental e médio, ensino superior, cursos técnicos, escolas de idiomas etc. Ao observar o mapa da figura 37, percebe-se que há certa concentração de estabelecimentos

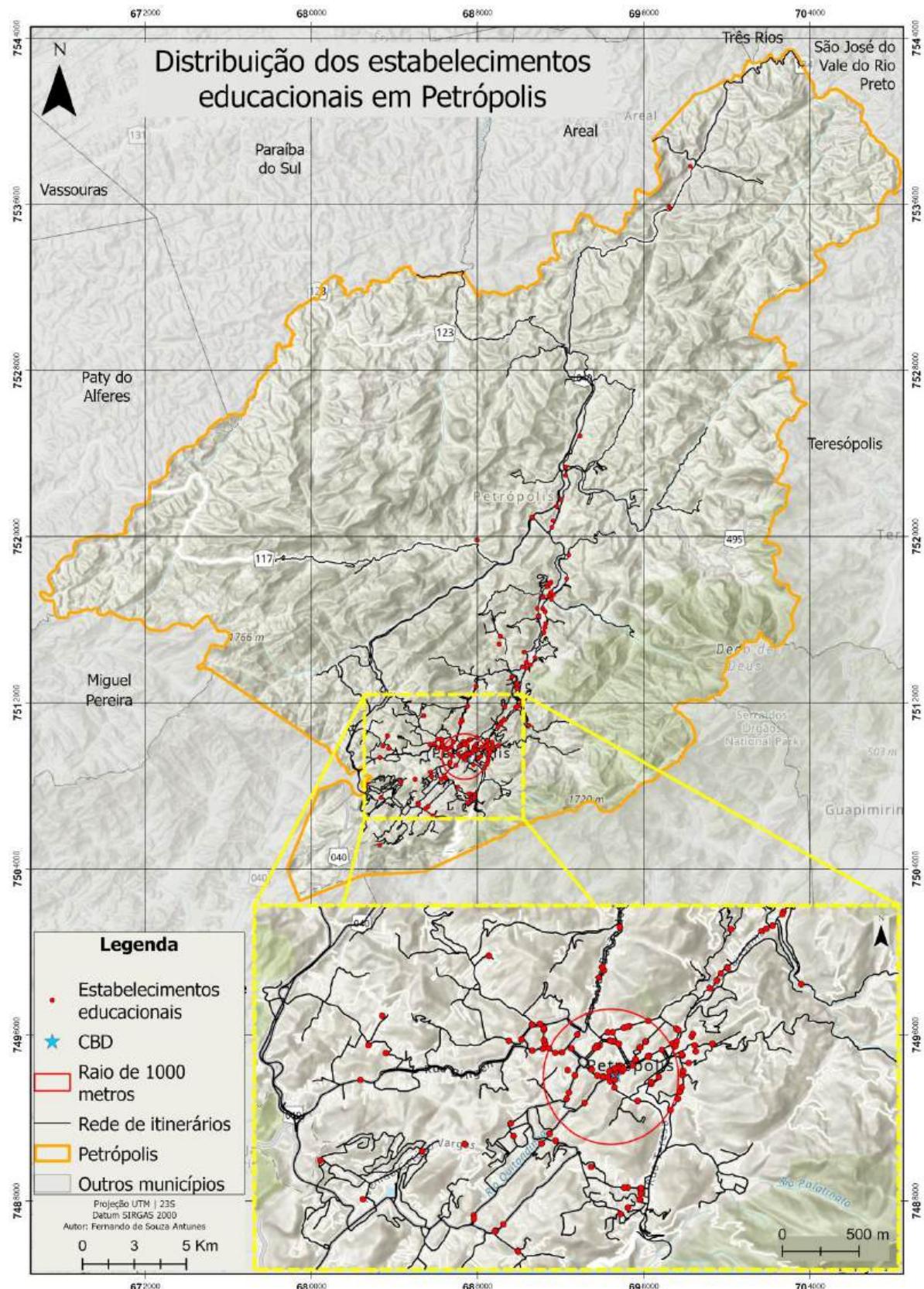


Figura 37 - Distribuição dos estabelecimentos educacionais em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

de educação na área central, mas também nos centros dos distritos, sobretudo ao longo da Estrada União e Indústria, que liga os demais distritos de Petrópolis.

Ao analisar as correlações entre os índices de acessibilidade do grupo pontos de ônibus sem peso e os estabelecimentos educacionais na tabela 2, vê-se que *closeness* é o índice que mais se destaca (0,662), seguido de *straightness* (0,639) e *betweenness* (0,638), sendo os dois últimos virtualmente iguais. Esse resultado vai ao encontro do visualizado na figura 37, que, como relatado anteriormente, mostra certa aglomeração de estabelecimentos educacionais na área central e seus arredores imediatos. É justamente nessa área que se concentram pontos de ônibus com maiores valores do índice *closeness*. Dessa maneira, é possível deduzir que tais firmas preferem instalarem-se perto de pontos de ônibus que estão mais próximos de todos os outros pontos de ônibus da rede. Levando em consideração que o transporte público em Petrópolis até um passado recente tinha a área central como passagem obrigatória, tal resultado parece fazer sentido.

Na área central de Petrópolis (Centro Histórico) ainda é possível encontrar os casarões que foram construídos pela elite imperial brasileira para fins de veraneio (ANTUNES, 2017). Contudo, as funções dessas formas não são mais as mesmas. Grande parte desses casarões viraram hotéis e pousadas, outras viraram bancos, consultórios e clínicas médicas e odontológicas, restaurantes, órgãos públicos e estabelecimentos de ensino etc. Nesse sentido, há coerência no resultado desse grupo.

Quando analisamos o grupo das interseções com peso da rede de rotas dos ônibus, *betweenness* é o índice de maior correlação com estabelecimentos educacionais (0,804), seguido por *straightness* (0,785) e *closeness* (0,749). Quando se observa a distribuição dessas firmas por Petrópolis, observa-se que há, de fato, maior alocação delas nos principais caminhos mais curtos entre os pares de interseções da rede. Aliado a isso, nota-se que essas firmas se encontram em grande número em vias como rua do Imperador e União e Indústria, duas das principais vias de Petrópolis, que fazem a ligação entre todos os distritos.

A topografia da cidade, importante lembrar, levou ao desenvolvimento de vias que seguiam o curso fluvial, ou seja, no fundo dos vales (RABAÇO, 1985), como mostra o mapa da figura 38. Essas vias tendem a ser mais compridas, sem tantas descontinuidades. Além disso, tendem a ser parte dos itinerários das linhas de ônibus da cidade, o que favorece o índice

betweenness. Essas vias também podem favorecer o índice *straightness*, que se beneficia da maior continuidade delas, fazendo com que haja menos desvios nas rotas entre as interseções origem e destino. Entende-se que esse fator favorece tal índice a ter a segunda maior correlação com estabelecimentos de educação nesse grupo e no anterior.

A correlação entre os índices de acessibilidade para o grupo pontos de ônibus com pesos nos cálculos e estabelecimentos educacionais tem em *closeness* seu maior valor (0,736), seguido por *betweenness* (0,684) e *straightness* (0,628). Esses valores mostram que, quanto maior a quantidade de firmas em até 600 metros de distância dos PO, maior a tendência de que estabelecimentos educacionais instalem-se próximos a pontos de ônibus que estão mais próximos a todos os outros pontos de ônibus da rede. Esse entendimento também se faz presente quando levamos em conta que, assim como o primeiro grupo de análise, pontos de ônibus sem pesos, o índice de maior correlação com essas firmas também é *closeness*, mas com um valor mais baixo (0,662). Assim, é possível deduzir que a quantidade de firmas em até 600 metros dos pontos de ônibus faz diferença na escolha locacional de estabelecimentos educacionais.

Outro dado que corrobora essa análise é o índice *gravity*. Quando analisado esse índice para os três grupos, pode-se ver que a correlação mais alta é com o grupo pontos de ônibus com peso (0,803), seguido de pontos de ônibus sem peso (0,544) e, então, interseções com peso (0,168). Esse resultado mostra novamente a maior tendência de estabelecimentos educacionais procurarem maior proximidade com pontos de ônibus e, destes, os que têm maior concentração de firmas em seu entorno.

Ainda nesse último grupo de análise, o índice *betweenness* se apresenta como a segunda maior correlação com estabelecimentos educacionais. Tal resultado mostra que essas firmas, ainda que em menor grau, também buscam localizarem-se nos principais caminhos mais curtos. Observando o mapa da figura 37, pode-se entender que, na área central e seus arredores imediatos, essas firmas localizam-se nas principais vias, tais como rua do Imperador, 16 de março, Av. Ipiranga, Dom Pedro I, Tiradentes etc. Essas são ruas que estão ao redor do terminal rodoviário do centro. Isso mostra que, nesse grupo de análise, os estabelecimentos educacionais têm como escolha locacional o centro da rede,

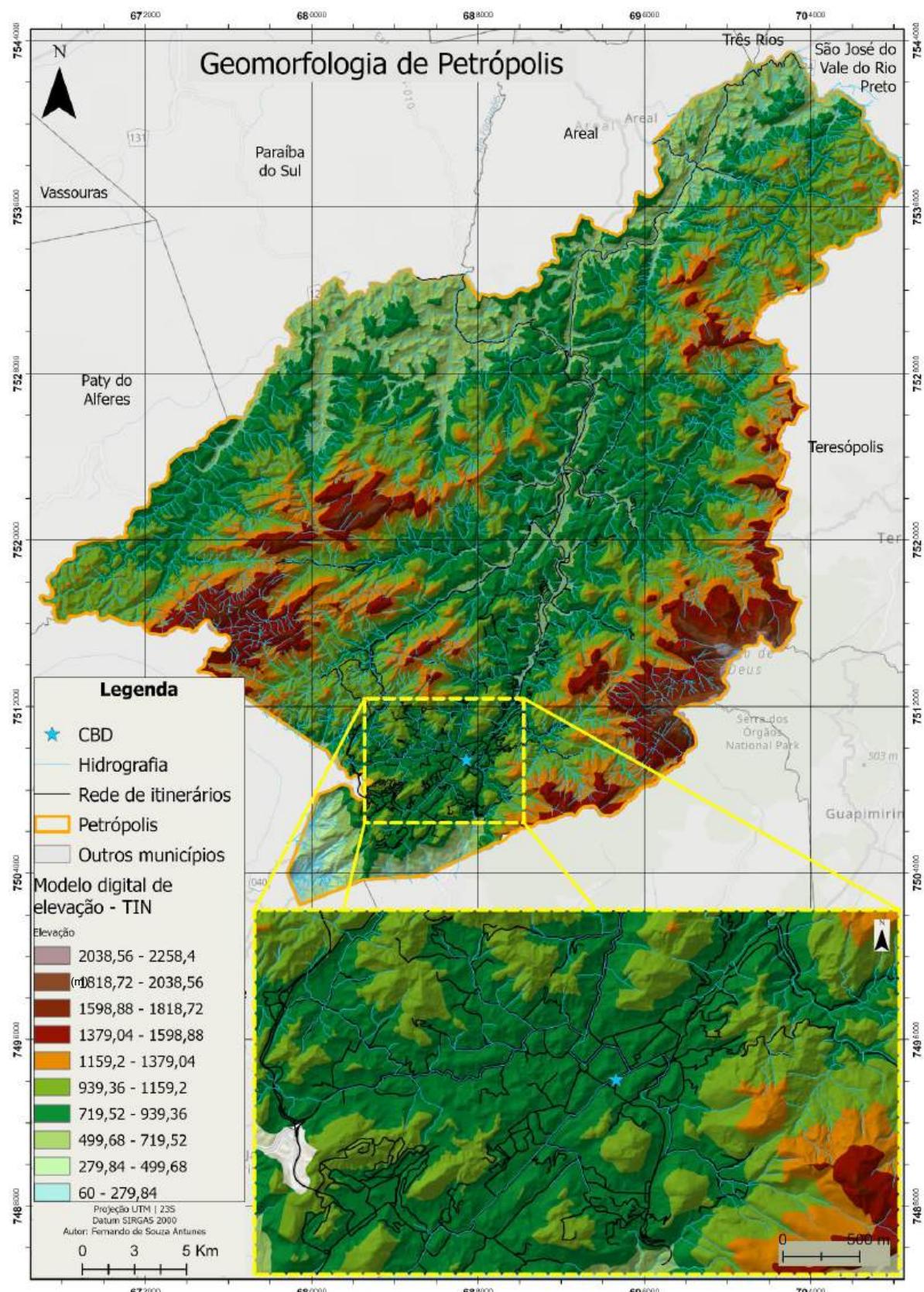


Figura 38 - Disposição da rede de itinerários sobre a topografia de Petrópolis.

A tabela 3 mostra os coeficientes de correlação entre o índice de acessibilidade gravity, que mede o potencial de atração entre pontos de ônibus ou interseções de vias e estabelecimentos educacionais. O resultado apresentado mostra virtual igualdade entre o potencial de atração de pontos de ônibus e Interseções que utilizam domicílios no cálculo (0,886 e 0,884, respectivamente). Quando os pontos de ônibus são analisados a partir da quantidade de domicílios em até 600 metros de distância, o coeficiente de correlação é 0,861.

A baixa variação da correlação entre todos os locais e condições analisadas e estabelecimentos educacionais analisados pode mostrar igualdade na atratividade dessas firmas. Apesar da baixa variação, se destaca a forte correlação positiva entre a presença das firmas e a atração exercida por pontos de ônibus e interseções (todas acima de 0,85). Uma vez que esta categoria concentra estabelecimentos educacionais do ensino básico, técnico, superior e línguas, pode haver diferenças entre tais subcategorias, que podem compensar as diferenças de correlação. De toda forma, ao considerar os domicílios do entorno, ou seja, quando se analisa as áreas residenciais, as esquinas tendem a apresentar maior atração para estabelecimentos educacionais.

Como é possível observar na tabela 5, instituições educacionais têm probabilidade quase quatro vezes e meia (**4,42**) maior do que uma distribuição aleatório de ter como vizinho mais próximo uma outra instituição educacional. Ou seja, há nessa atividade uma predisposição relevante que pode demonstrar vantagens locacionais consideráveis. Dentre as atividades que apresentam associação espacial com instituições educacionais, destacam-se as que têm coeficiente estatisticamente significativos: mercearias (**1,57**); serviços de alojamento (**1,54**); serviços de saúde humana (**1,45**); e serviços de alimentação (**1,19**).

O resultado acima mostra que há tendência de associação espacial entre instituições educacionais muito mais forte do que estas e outras atividades. É importante lembrar que esse tipo de atividade agrupa vários tipos instituições educacionais, tais como: escolas de ensino fundamental e médio; educação infantil; escolas de idiomas, instituições de ensino superior; cursos técnicos; etc. Um exemplo desse processo está na rua da Imperatriz, onde há, em uma distância de 76 metros, quatro diferentes unidades de escolas de idiomas.

Dentre as nove atividades que tendem ao isolamento espacial, destacam-se as que apresentam coeficientes estatisticamente significativos: varejo de móveis e iluminação (**0,71**);

varejo de eletrônicos (**0,69**); varejo de calçados (**0,56**); varejo de tecidos (**0,47**); e varejo de roupas e acessórios (**0,32**). Esse resultado mostra que, apesar da presença considerável de instituições educacionais na área central, algumas atividades seguem espacialmente isoladas, como é o caso dos varejos de calçados e de roupas e acessórios. É possível identificar que as atividades em que há isolamento com instituições educacionais são com o varejo, sobretudo, o varejo que atrai grande quantidade de consumidores, como o varejo de roupas e de calçados. Todas as atividades trazidas aqui apresentam associação ou isolamento espaciais simétricos

4.2.8 Açougue

Açougues são, bem como as padarias, estabelecimentos que comercializam importantes alimentos da dieta cotidiana da população, tais como carnes de todo tipo. Ainda assim, esse tipo de atividade econômica apresenta ainda menos firmas do que as padarias: ao todo, são 74 açougues em toda a cidade. Os produtos vendidos nos açougues também são encontrados em supermercados. Isso pode ajudar a explicar a baixa quantidade desses estabelecimentos, frente ao total de firmas considerado neste trabalho.

No primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem pesos, a maior correlação entre açougues e os índices de acessibilidade é com *straightness* (0,656), seguido por *closeness* (0,626) e *betweenness* (0,578). Esse resultado mostra que os açougues tendem a preferir ruas que formam rotas com menos desvios entre dois pontos de ônibus da rede. Esse comportamento locacional fica evidente na leitura do mapa da figura 39. Ao considerar toda a rede, é possível ver que os açougues estão localizados, em sua maioria, nas vias principais dos quarteirões e localidades. Certa aglomeração de açougues nos arredores do centro pode ter feito com que *closeness* seja o índice com a segunda maior correlação com essas firmas: há 5 açougues ao redor do terminal rodoviário do centro e 4 próximos à Praça da Liberdade.

No segundo grupo, interseções com pesos, há maior correlação de açougues com o índice *closeness* (0,680), seguido por *straightness* (0,655) e *betweenness* (0,601). Esse

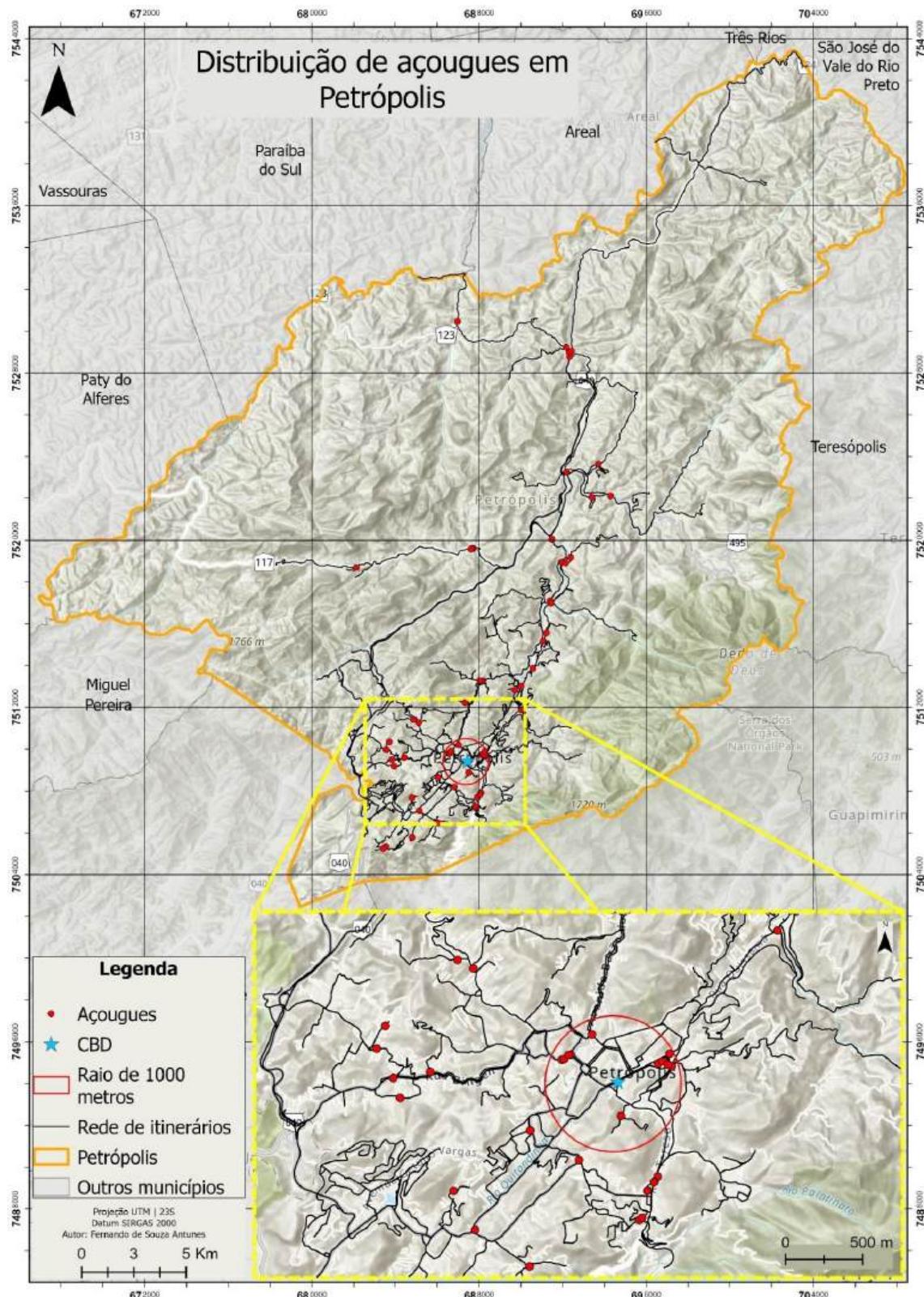


Figura 39 - Distribuição de açougueiros em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

resultado mostra tendência de escolha locacional dos açouques próximos de esquinas mais próximas de todas as outras. Isto é, em relação às interseções da rede, há maior preferência por nós que estão na área central ou em seus arredores imediatos.

No terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, *straightness* apresenta a maior correlação com açouques (0,649), seguido por *closeness* (0,595) e *betweenness* (0,533). Bem como no primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, a sequência dos coeficientes de correlação segue a mesma. Contudo, no terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, tais coeficientes são ligeiramente menores. Isso mostra que a quantidade de firmas ao redor dos pontos de ônibus não tende a aumentar a atração dos açouques. Esse entendimento também se apoia nos valores do índice *gravity*.

Os valores de *gravity* indicam que a quantidade de firmas em até 600 metros de distância pode não interferir na escolha locacional dos açouques em Petrópolis (PO sem pesos: 0,609; pontos de ônibus com pesos: 0,388). Ainda assim, parece que os pontos de ônibus exercem maior atração do que as interseções, uma vez que o grupo de pontos de ônibus com pesos tem correlação maior do que as interseções com peso: 0,388 e 0,162, respectivamente. Dessa maneira, parece haver maior importância dos pontos de ônibus em detrimento das esquinas quando se trata de escolha locacional dos açouques em Petrópolis.

Para todos os grupos, *betweenness* é o índice de menor correlação com açouques. Isso indica que a escolha locacional dessas firmas não tende para as principais rotas mais curtas entre dois pontos de ônibus ou duas esquinas. Apesar de ter menores valores do coeficiente de correlação, os açouques têm preferências locacionais idênticas às das mercearias, em relação aos índices de acessibilidade. As mercearias são tipos de atividades que podem apresentar considerável semelhança entre as mercadorias comercializadas. Essa característica pode representar certa complementação nas vendas.

A tabela 3, referente aos coeficientes de correlação entre índice *gravity* e açouques, mostra que tais firmas têm as menores correlações com os locais e condições analisadas no âmbito do potencial de atração. Ainda que mais baixas que todos os outros tipos de atividade, apresentam correlação moderada. A análise geral do potencial de atração de PO, isto é, quando não são considerados os domicílios do entorno, mostra que, nessas condições, pontos de ônibus têm a maior correlação (0,514). Quando relacionados os domicílios do entorno na análise de

atração, as interseções de vias apresentam leve vantagem em relação aos pontos de ônibus (0,452 e 0,447, respectivamente). Açougue é um tipo de varejo que comercializa mercadorias de consumo recorrente. Devido à necessidade de estar próximo das residências, esquinas podem ser locais mais interessantes na escolha de uma loja do que PO, uma vez que costumam ser acessados por uma caminhada.

Como pode ser visto na tabela 5, açougues apresentam altos coeficientes de associação espacial, onde destacam-se os que são estatisticamente significativos: açougue (**6,45**); padarias (**3,10**); supermercados (**2,83**); mercearias (**2,66**); farmácias (**2,09**); varejo de tecidos (**1,57**); e serviços de alimentação (**1,37**). A partir das atividades listadas, é possível perceber que os açougues buscam associarem-se espacialmente entre si muito mais do que a outras atividades. Para além disso, a grande maioria das atividades mencionadas pertencem ao varejo de itens de consumo cotidiano, ou seja, que demandam idas frequentes aos estabelecimentos, como é o caso das padarias, mercearias, supermercados e farmácias. Tais atividades, inclusive, têm coeficientes maiores que 2,00.

Essa discussão mostra que parece haver vantagem locacional que leve à associação espacial de firmas que buscam maior proximidade com os domicílios. Esse mesmo movimento de aproximação dessas atividades já foi observado para mercearias, supermercados e padarias enquanto categorias de interesse. Ou seja, parece ser um movimento de aglomeração recorrente entre essas atividades, visando aproveitar a viagem dos consumidores a um ou mais de um desses estabelecimentos.

Na tabela 5 também são exibidos onze tipos de atividades que apresentam isolamento espacial quando analisadas perante os açougues, com destaque para os estatisticamente significativos: imobiliárias (**0,61**); varejo de móveis e iluminação (**0,52**); serviços de saúde humana (**0,33**); varejo de roupas e acessórios (**0,32**); e varejo de calçados (**0,19**). É possível inferir que há tendência de afastamento entre açougues e atividades que não buscam proximidade com domicílios. Isto é, que não demandam consumo cotidiano das pessoas e, portanto, ficam mais concentradas nas áreas de maior centralidade. Ao que tudo indica, parece não haver vantagem locacional em um açougue estar localizado próximo de imobiliárias, por exemplo, uma vez que não há indicação natural de aproveitar uma viagem a uma imobiliária para o consumo de produtos comercializados na categoria de interesse. Tal entendimento poderia ser estendido às outras atividades supracitadas. Para o açougue como categoria de

interesse, todos as atividades estatisticamente significativas mencionadas acima têm associação ou isolamento espaciais simétricos. Há, contudo, associação espacial consideravelmente mais forte entre mercearias e açougues (**3,40**) do que o contrário.

4.2.9 Imobiliárias

As imobiliárias representam 5,4% (306 em números absolutos) das firmas analisadas neste trabalho. Sua distribuição se dá em todo o território da cidade, sobretudo na área central e em Itaipava, como pode ser visto na figura 40. A tabela 2 mostra que, no primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, as imobiliárias tendem a preferir ruas que formam rotas com menos desvios entre dois PO. Isso quer dizer que a maior correlação dessas firmas é com o índice *straightness* (0,620), seguido de *closeness* (0,609) e *betweenness* (0,568). Nesse sentido, a maior correlação com *straightness* quer dizer que há tendência pela escolha locacional nas vias principais dos quarteirões do primeiro distrito, como rua Bingen, Coronel Veiga, mas também em vias como estrada União e Indústria, que faz a ligação entre os distritos.

Ainda sobre a análise do primeiro grupo, em um raio de 1000 metros a partir da esquina das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, já relatado aqui como o local de maior concentração de firmas em Petrópolis, há 121 imobiliárias. Isso corresponde a 39,5% das imobiliárias em Petrópolis. Esse resultado explica a segunda maior correlação dessas firmas com *closeness* nesse grupo, uma vez que é justamente na área central que se concentram os pontos de ônibus com maiores valores desse índice.

A análise do segundo grupo, interseções com pesos, traz a mesma ordem de correlações, mas com valores mais altos: *straightness* (0,788), *closeness* (0,771) e *betweenness* (0,770). Os dois últimos índices têm coeficientes de correlação com imobiliárias virtualmente iguais. Ainda que as escolhas locacionais sigam as mesmas do primeiro grupo, aqui há correlações mais fortes entre esquinas e imobiliárias.

Quando analisado o terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, há mudança em relação ao primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos. A maior correlação com

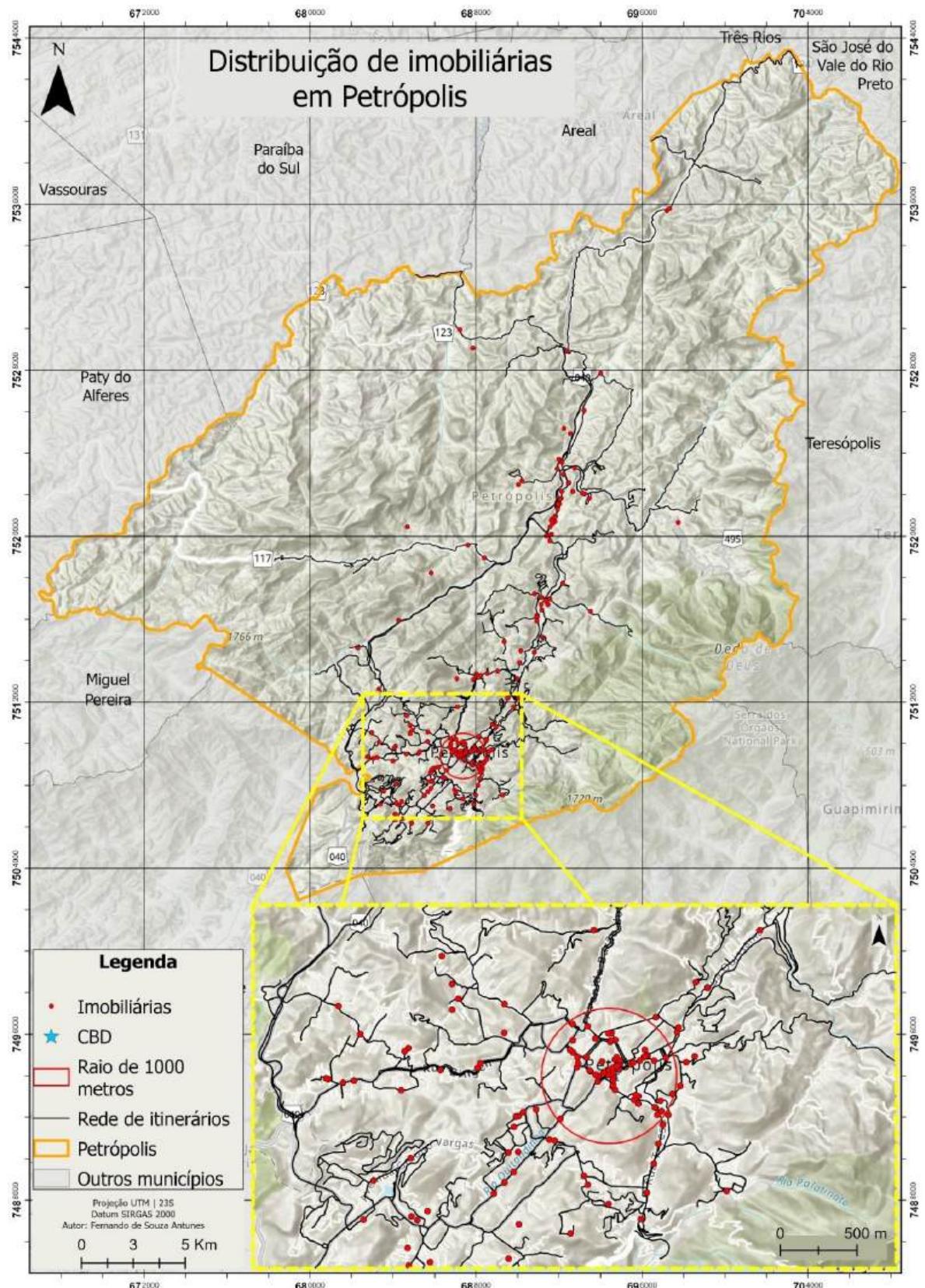


Figura 40 - Distribuição de imobiliárias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

imobiliárias passa a ser *closeness* (0,673), seguido por *straightness* (0,604) e *betweenness* (0,574). Essa troca de posições entre os dois primeiros índices está relacionada à quantidade de firmas em até 600 metros de distância. Os pontos de ônibus com maior quantidade de firmas em seu entorno estão justamente na área central, que pode explicar essa mudança. Assim, quando se leva em conta as características desse último grupo, pode-se inferir que as imobiliárias tendem a preferir localizações que ficam mais próximas de todas as outras, ou seja, mais centrais.

A análise do índice *gravity* a partir da tabela 3 revela que há forte correlação entre os tipos (PO ou interseções) e as condições (considerando ou não os domicílios em até 600 metros) dos nós na rede analisada (todos acima de 0,8). Quando analisados os pontos de ônibus sem levar em conta os domicílios, é possível encontrar a maior correlação dos três grupos (0,856). Ainda assim, quando é considerada a quantidade de domicílios no cálculo, percebe-se que as interseções dispõem de maior potencial de atração do que os pontos de ônibus (0,854 e 0,817, respectivamente). Cabe ressaltar que as interseções têm virtual igualdade no potencial de atração dos pontos de ônibus quando não consideram os domicílios. Esse resultado mostra que imobiliárias tendem a preferir alocarem-se mais próximas das esquinas.

Como já mencionado, apesar de haver certa concentração de imobiliárias na área central e no terceiro distrito, Itaipava, as imobiliárias se distribuem por toda a cidade, o que pode levar a coeficientes de associação mais baixos. É possível perceber na tabela 6 que há onze tipos de atividades com algum grau de associação espacial com as imobiliárias, onde destacam-se as estatisticamente significativas: serviços advocatórios (**2,13**); imobiliárias (**1,90**); serviços de saúde humana (**1,60**); salões de beleza (**1,52**); e bancos (**1,45**). Mercearias apresentam coeficiente que indica distribuição aleatória perfeita (1,00) e outras atividades de varejo, como de eletrônicos (1,05), de móveis e iluminação (1,05) e de automóveis (1,07) tem distribuição muito próxima da aleatória, ainda que estatisticamente não significativos. Esse resultado mostra que não há nenhum tipo de atividade do varejo espacialmente associado às imobiliárias que seja estatisticamente significativo (padarias apresentam coeficiente não significativo de 1,12).

A partir do exposto, percebe-se uma probabilidade duas vezes maior do que uma distribuição aleatória de encontrar escritório de advocacia entre os dez vizinhos mais próximos das imobiliárias. Essa probabilidade é maior, inclusive, do que a de encontrar outras imobiliárias entre as vizinhas mais próximas. Tal resultado se mostra factível quando se

analisam as similaridades entre os trabalhos dos dois tipos de atividades: contratos de compra, venda e locação; disputas judiciais diversas que envolvam imóveis etc. Esse entendimento também pode ser estendido para os bancos, uma vez que pode haver sentido em imobiliárias associarem-se espacialmente com bancos.

No que diz respeito ao isolamento espacial, a partir dos oito tipos de atividade que tendem a não se instalarem próximos às imobiliárias, destacam-se os que têm coeficientes estatisticamente significativos: varejo de tecidos (**0,78**); varejo de roupas e acessórios (**0,52**); e supermercados (**0,49**). Mais uma vez, varejo de tecidos e roupas estão entre os mais isolados. Há, contudo, forte tendência de isolamento entre imobiliárias e supermercados. Com exceção de padarias, que não têm coeficiente de associação espacial forte e significativo, parece haver clara tendência, por parte das imobiliárias, em manterem-se afastadas do varejo de produtos de consumo cotidiano, como farmácias, açaouques e, sobretudo, supermercados. As imobiliárias mantêm uma distribuição aleatória com as mercearias, o que também pode ser entendido, por extensão, como uma tendência de isolamento. Para todos os coeficientes analisados há associação ou isolamento espaciais simétricos.

4.2.10 Farmácias

Farmácias fazem parte de um grupo de comércio varejista muito comum nas cidades brasileiras. Não é difícil encontrar uma farmácia/drogaria perto de casa ou mesmo nas áreas centrais. Pelo contrário, é um tipo de estabelecimento tão comum que é normal encontrar duas ou três dessas firmas dividindo um mesmo quarteirão em centros ou subcentros. Em Petrópolis, conta-se 197 farmácias, o que corresponde a 3,7% dos estabelecimentos trazidos para análise neste trabalho.

Quando analisado o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, na tabela 2, percebe-se que *closeness* é o índice de maior correlação com farmácias (0,599), seguido de *straightness* (0,595) e *betweenness* (0,571). Esses valores de coeficiente de correlação mostram que a escolha locacional de farmácias tende para pontos de ônibus em ruas mais próximas de todas as outras ruas da rede, ou seja, mais centrais. Esse resultado reflete a preferência pela área do Centro Histórico. São 88 farmácias em um raio de 1000 metros da esquina das ruas do

Imperador e Marechal Deodoro. Esse número corresponde a 45% do total de farmácias em Petrópolis. A grande maioria dessas 88 farmácias encontra-se nas ruas do Imperador e 16 de Março, como pode ser visto na figura 41.

No segundo grupo, interseções com pesos, o índice *betweenness* se apresenta como o que mais se correlaciona com as farmácias (0,766), seguido por *straightness* (0,763) e, por fim, *closeness* (0,738). Apenas farmácias e estabelecimentos educacionais tem *betweenness* como índice de maior correlação. Esse resultado mostra que as farmácias tendem a preferir ruas que formam as principais rotas mais curtas entre quaisquer outras duas interseções (esquinas) na rede. Nesse sentido, essas firmas buscam o cliente que está de passagem, sobretudo na área central de Petrópolis, onde há maior concentração de farmácias.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, tem novamente o índice *closeness* com maior coeficiente de correlação (0,672). *Betweenness* (0,608) e *straightness* (0,582) completam a sequência. *Closeness* como principal índice de acessibilidade neste grupo é um resultado coerente, uma vez que há muitos pontos de ônibus na área central, bem como uma grande quantidade de firmas que servem como peso no cálculo dos índices para PO. Junte-se a isso a grande quantidade de farmácias nessa área.

A análise do resultado do potencial de atração de farmácias para pontos de ônibus e interseções, apresentado na tabela 3, permite visualizar que há, para todos os cenários, correlação muito forte. Esse resultado mostra que farmácias são fortemente atraídas por pontos de ônibus ou interseções de vias, com destaque para o primeiro, quando calculado sem considerar os domicílios do entorno (0,903). Quando se leva em conta os domicílios em até 600 metros, é possível observar uma virtual igualdade de potenciais de atração entre interseções de vias e pontos de ônibus (0,882 e 0,879, respectivamente). Esse resultado pode mostrar que, em áreas residenciais mais densas, há pouca variação entre o potencial de atração entre esquinas e PO. Isto é, farmácias não tendem por maior preferência a um ou outro nó na rede.

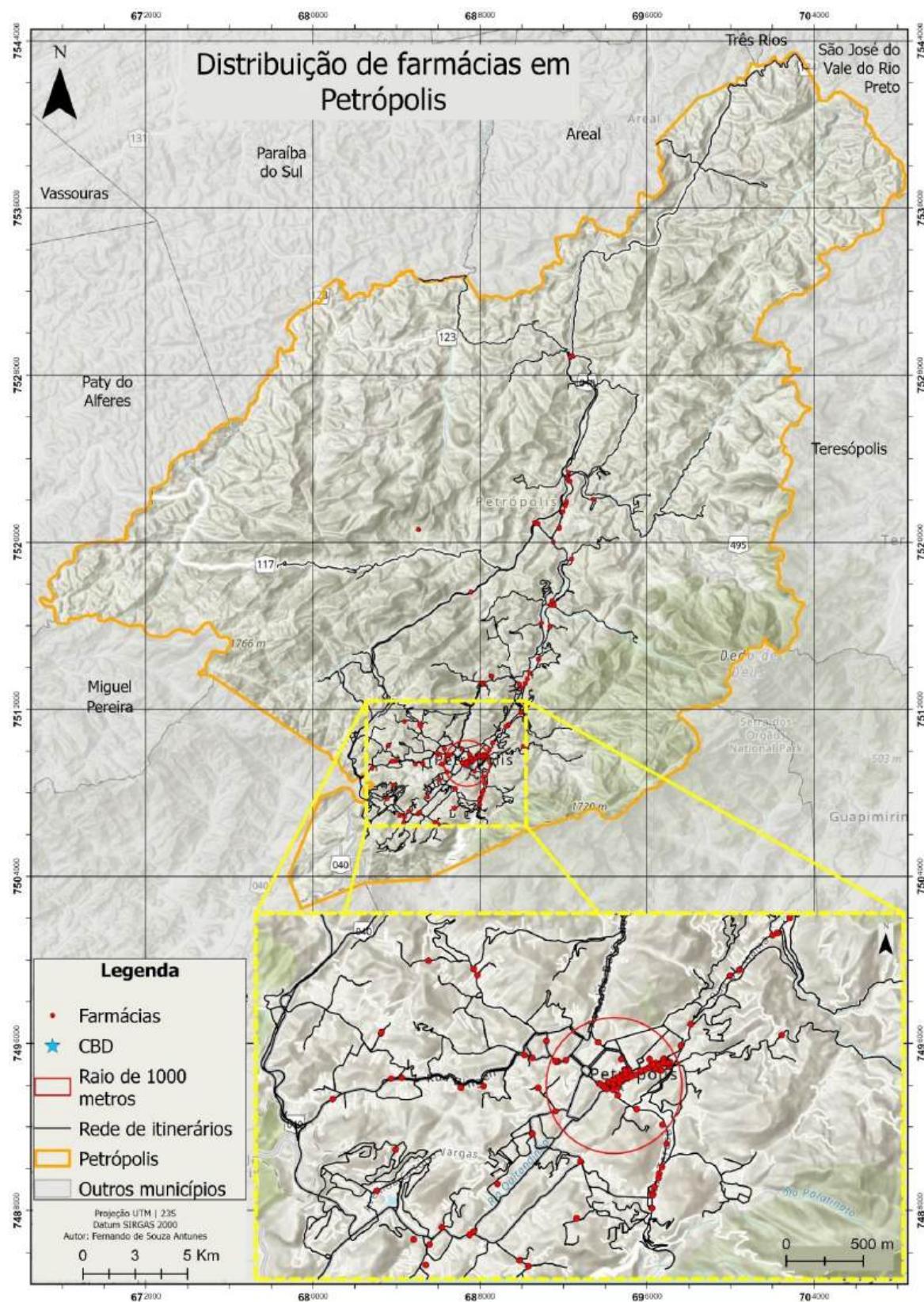


Figura 41 - Distribuição das farmácias em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

A tabela 5 contém os coeficientes de associação e isolamento espaciais entre as farmácias e os demais tipos de atividades. Há treze tipos de atividades que apresentam tendência de associação espacial, onde destacam-se os estatisticamente significativos: varejo de calçados (**1,82**); açougue (**1,81**); farmácias (**1,61**); varejo de eletrônicos (**1,55**); serviços advocatícios (**1,37**); varejo de tecidos (**1,29**); e serviços de saúde humana (**1,16**).

A partir do exposto, percebe-se que os coeficientes de associação espacial não são altos, tendo seu máximo em varejo de calçados. Essa amplitude pode estar relacionada a uma maior distribuição das farmácias na cidade, ainda que haja considerável concentração na área central e em Itaipava.

Acerca dos tipos de atividades em que as farmácias se associam espacialmente, chama atenção o varejo de calçados. Há probabilidade quase duas vezes maior do que uma distribuição aleatória em encontrar uma loja de calçados como um dos dez vizinhos mais próximos de uma farmácia. O resultado indica que pode haver vantagem locacional em farmácias estarem próximas de lojas de calçados, onde, provavelmente, haja ciência por parte das primeiras de que lojas de calçados atraem um perfil de consumidor que, com alguma frequência, consome produtos da categoria de interesse. Tal entendimento pode também ser inferido para os açougues e, em alguma medida, para varejo de tecidos. No que diz respeito aos açougues, acredita-se que essa vantagem locacional seja ainda mais interessante, uma vez que são dois tipos de atividades que comercializam produtos de uso cotidiano.

É interessante notar que a associação espacial entre farmácias se apresenta apenas como o terceiro maior coeficiente, atrás dos outros dois tipos de atividades já mencionados. Ainda assim, esse relacionamento é muito presente no senso comum, uma vez que é forte a percepção de que as farmácias se multiplicam, sobretudo em áreas e vias mais dinâmicas, muitas vezes com uma unidade ao lado da outra. Ainda que baixa, é estatisticamente significativa, e importante de se mencionar, a associação espacial de farmácias e serviços de saúde humana. Para os tipos de atividades que têm associação espacial com farmácias, esse relacionamento espacial é simétrico, com exceção de serviços de saúde humana (**0,88**), que já apresentava um coeficiente de associação espacial baixo.

No que diz respeito aos coeficientes de isolamento espacial, são sete os tipos de atividades que apresentam tal relacionamento com as farmácias, onde destacam-se os dois

estatisticamente significativos: instituições educacionais (**0,68**); e varejo de roupas e acessórios (**0,53**). O resultado mostra que há probabilidade consideravelmente menor do que o esperado de encontrar esses dois tipos de atividades como um dos dez vizinhos mais próximos das farmácias.

As instituições educacionais em Petrópolis, quando na área central, têm poucas unidades nas ruas do Imperador e Dezesseis de Março, vias onde estão concentradas as farmácias na área central. Serviços de educação estão concentrados nas seguintes vias: Av. Ipiranga; Av. Dom Pedro I; Av. Koeler; Av. Tiradentes. Tais vias, apesar de comporem o Centro Histórico, apresentam menor dinamismo comercial e, portanto, o tráfego de pessoas e veículos é menor. Para além disso, são vias que mantém preservados os casarões e palacetes edificados durante a construção da cidade. Uma vez que tais edificações são tombadas e não podem ser substituídas por outras, foram concebidos novos usos, e, dentre eles, os serviços de educação. Também há isolamento espacial simétrico entre os dois tipos de atividades mencionados e as farmácias.

4.2.11 Móveis e iluminação

O varejo de móveis e itens de iluminação possui 136 firmas em toda a cidade. Isso corresponde a 2,4% das 5671 firmas consideradas. A figura 42 mostra que há três aglomerações de varejo de móveis e iluminação: área central, Bingen e Itaipava.

A partir das correlações verificadas no primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem pesos, é possível perceber que o índice *straightness* apresenta a maior correlação com as firmas em tela (0,657), seguido de *closeness* (0,635) e *betweenness* (0,600). Esse resultado indica que há tendência para essas firmas escolherem localizações em ruas que formam rotas com menos desvios entre pares de PO.

A tendência se mostra pertinente à medida que a grande maioria das firmas se encontra nas ruas Doutor Paulo Hervé e Bingen, na localidade Bingen; na rua do Imperador, na área central; e na Estrada União e Indústria, em Itaipava. São três dos mais importantes eixos viários da cidade. O primeiro, no Bingen, é via de entrada e saída da

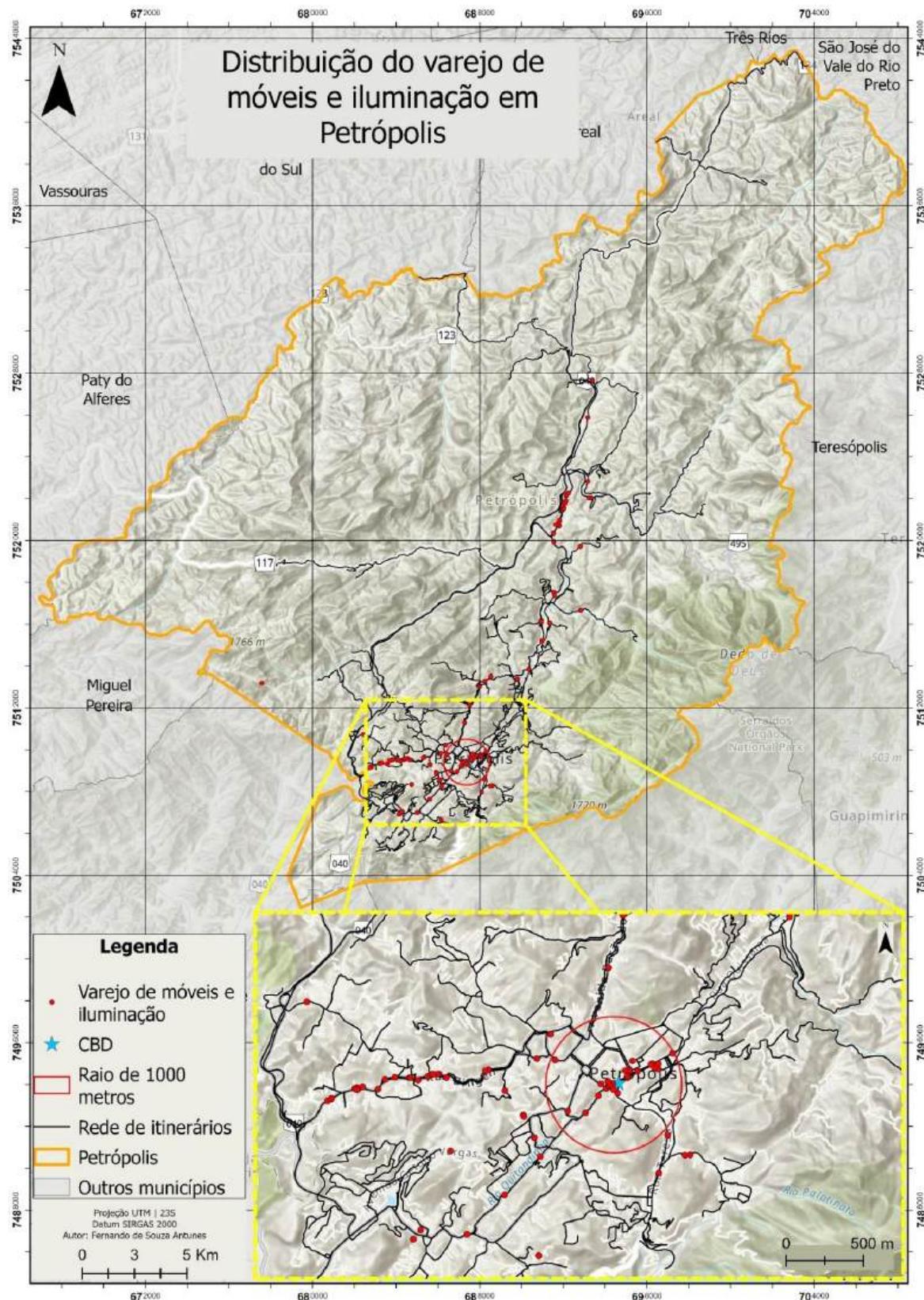


Figura 42 - Distribuição do varejo de móveis e iluminação, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

rodoviária de Petrópolis para as vias da cidade. O segundo é a principal via da área central, entrada e saída do terminal rodoviário do centro. E a terceira é a principal via de ligação entre os outros distritos em Petrópolis, também sendo a entrada e saída do terminal rodoviário de Itaipava.

O segundo grupo, interseções com pesos, segue a mesma graduação, tendo *straightness* como maior correlação com as firmas (0,770), seguido por *closeness* (0,765) e *betweenness* (0,730). Apesar de apresentar a mesma sequência gradativa, os valores das correlações são maiores nesse grupo. Isso pode indicar que o varejo de móveis e iluminação pode preferir esquinas à PO.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, também apresenta a mesma graduação: *straightness* (0,650), *closeness* (0,642) e *betweenness* (0,574). Os valores aqui são bem parecidos com os do primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos. Isso indica que pode não haver interesse por parte das firmas de varejo de móveis e iluminação em instalarem-se próximas de pontos de ônibus com maior quantidade de firmas em até 600 metros.

O varejo de móveis e iluminação apresenta uma das menores correlações com o índice *gravity*, quando comparadas com os outros tipos de atividades (tabela 3). Esse resultado mostra que, apesar de ter correlação moderada (conforme a tabela 4), tais firmas estão entre as que são menos atraídas por pontos de ônibus e interseções. Quando não são considerados os domicílios do entorno, pontos de ônibus têm o maior coeficiente de correlação dos três grupos (0,574). Ao considerar a quantidade de domicílios em até 600 metros de distância das firmas, as interseções, de fato, levam vantagem em relação aos PO: 0,508 e 0,490, respectivamente. Ainda que consideradas correlações moderadas, seus baixos valores em relação aos outros tipos de atividades remetem a uma menor busca por lugares mais atrativos na rede.

As três aglomerações do varejo de móveis e iluminação, já mencionadas neste texto, mostram que, de fato, há maior probabilidade dessas atividades estarem associadas espacialmente. Esse resultado é apresentado na tabela 6, onde é possível identificar sete tipos de atividades espacialmente associados ao varejo de móveis e iluminação, havendo destaque para os coeficientes estatisticamente significativos: varejo de móveis e iluminação (**5,43**); varejo de automóveis (**2,12**); e oficinas mecânicas (**1,52**). O coeficiente do primeiro é um dos mais altos de toda a análise de associação espacial e mostra que há probabilidade cinco vezes e

meia maior de ser encontrado entre os dez vizinhos mais próximos. Isso mostra uma possível vantagem locacional em estarem espacialmente associados. A vantagem pode estar relacionada ao entendimento, por parte do consumidor, de que a aglomeração de firmas do mesmo tipo facilita na oferta diversa de produtos do setor moveleiro e de iluminação, bem como na possibilidade de compra por melhor preço.

Ainda na tabela 6, é possível ver que varejo de tecidos tem uma distribuição perfeitamente aleatória (1,00) em relação ao varejo de móveis e iluminação. Ainda que não estatisticamente significativo, a distribuição encontrada de varejo de tecido é exatamente igual à distribuição esperada. Já para outros dez tipos de atividades, o que se encontrou foi tendência de isolamento espacial em relação ao varejo de móveis e iluminação, onde destacam-se os estatisticamente significativos: serviços de saúde humana (**0,67**); instituições educacionais (**0,67**); e varejo de roupas e acessórios (**0,41**).

Como já mencionado, uma vez que o varejo de móveis e iluminação não tende a buscar os locais mais atrativos da rede de vias da cidade, parece haver coerência de que haja tendência de isolamento entre a atividade em questão e as tipicamente centrais. Soma-se a isso a já mencionada aglomeração do varejo de móveis, sobretudo no Bingen e Itaipava, locais de baixa presença de serviços de saúde humana, instituições educacionais e o varejo de roupas e acessórios.

4.2.12 Serviços de saúde humana

Firmas desse tipo de atividade referem-se a hospitais, clínicas médicas e consultórios médicos e odontológicos. Representam 9,6% (968 unidades) das firmas analisadas. Sendo uma escolha locacional comum, cerca de 29% (276 unidades) de todas as firmas de prestação de serviços de saúde humana estão localizadas em até 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro. Nessa área, a grande maioria das firmas está na rua do Imperador, 16 de Março e Doutor Nelson de Sá Earp, como mostra a figura 43.

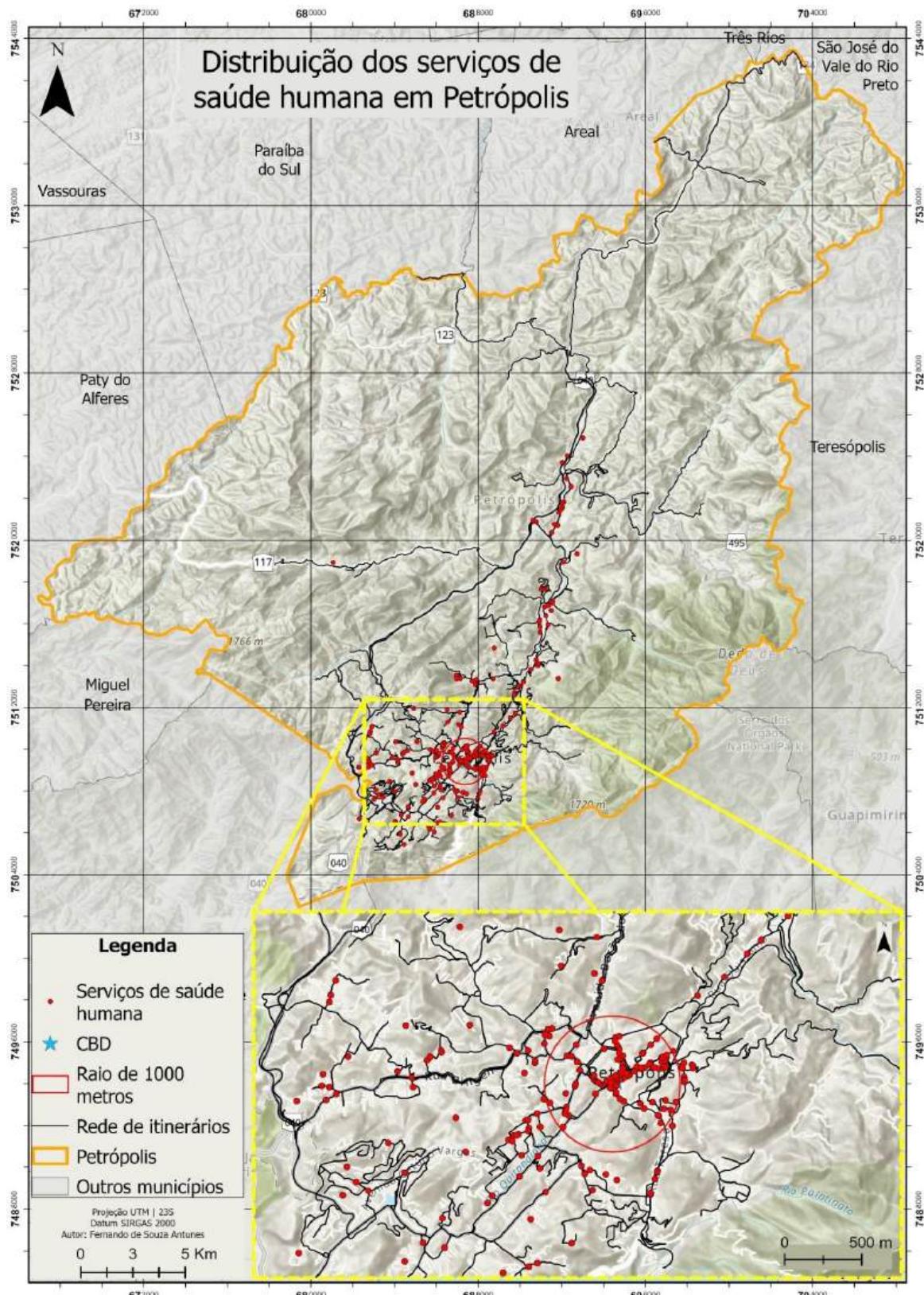


Figura 43 - Distribuição dos serviços de saúde humana em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

Observando as correlações do primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, é possível constatar que as firmas de serviços de saúde humana tendem a preferir pontos de ônibus que estão em vias mais próximas de todas as outras. Isso quer dizer que o índice *closeness* é o que apresenta a maior correlação (0,587), seguido de *straightness* (0,577) e *betweenness* (0,497).

O resultado do primeiro grupo vai ao encontro da disposição espacial identificada na figura 43, que mostra grande parte das firmas concentradas na área central. O segundo maior coeficiente de correlação desse grupo (*straightness*) é bem próximo do primeiro (*closeness*), o que remete a uma preferência locacional considerável por eixos viários principais, que, no caso de Petrópolis, favorecem rotas com menos desvios. Nesse sentido, vias como rua do Imperador, Doutor Nelson de Sá Earp, e as vias que fazem parte do eixo da Estrada União e Indústria abrigam muitas dessas firmas, sendo parte dos principais itinerários inter-terminais.

Quando as esquinas das ruas que formam a rede de itinerários são analisadas, no segundo grupo, interseções com pesos, há considerável mudança nos padrões de correlação com as firmas. Nesse grupo, o índice *straightness* apresenta a maior correlação (0,807), seguido de *betweenness* (0,792) e *closeness* (0,761). Importante destacar que nesse grupo os coeficientes de correlação são mais altos do que os dos grupos de PO. Isso pode indicar que há maior preferência por localizarem-se próximas de esquinas. Ainda que esse grupo leve em conta a quantidade de firmas em até 600 metros de caminhada, o terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, também apresenta esta característica e, mesmo assim, há considerável diferença entre os coeficientes de correlação.

Ainda sob análise, o segundo grupo mostra que a escolha locacional de serviços de saúde humana tende para ruas mais contínuas e retilíneas. Isto é, que servem de rotas com menos desvios entre duas interseções da rede. Não muito atrás, o índice *betweenness* mostra que há, de fato, preferências pelos principais eixos. Tais eixos não só são mais retilíneos, como geralmente fazem parte dos principais caminhos mais curtos entre dois pontos da rede. Essa dupla característica é comum às ruas Coronel Veiga, Imperador e, sobretudo, Estrada União e Indústria.

A análise do terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, mostra que o índice *closeness* volta a ter a maior correlação com as firmas de serviços de saúde humana (0,686), seguido de *straightness* (0,562) e *betweenness* (0,539). Ainda que a distribuição dos coeficientes de

correlação entre as firmas e os índices seja igual a do primeiro grupo, aqui há aumento do coeficiente para *closeness* e *betweenness*. Esse resultado pode indicar que, entre os PO, parece haver maior preferência pelos que tem maior quantidade de firmas em até 600 metros. *Straightness* permaneceu no mesmo patamar nos dois grupos de PO.

A análise da tabela 3 confirma que, entre as interseções de vias e os pontos de ônibus que consideram a quantidade de domicílios em até 600 metros de distância, há preferência pelas primeiras (0,950 e 0,895, respectivamente). Quando não se consideram os domicílios, pontos de ônibus apresentam correlação mais elevada: 0,912. A análise da correlação entre o índice *gravity* e as firmas que prestam serviços de saúde humana mostra que as esquinas são as escolhas locacionais preferidas dos serviços de saúde.

Levando em consideração que a maioria dessas firmas são consultórios médicos e odontológicos, é comum que elas estejam em edifícios comerciais na área central. A maior parte desses edifícios está nos arredores das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro. Para além da área central, fica mais evidente a necessidade da escolha locacional que ora se destaca, sobretudo no primeiro distrito.

O potencial de atração de pontos de ônibus e de interseções de vias é exibido na tabela 3. É possível notar que há coeficiente de correlação muito forte entre o índice *gravity* e unidades que oferecem serviços de saúde humana quando o foco são as interseções de vias que levam em conta a quantidade de domicílios em até 600 metros (0,950). Nesse mesmo contexto espacial, pontos de ônibus têm correlação um pouco menor com *gravity* (0,895), representando menor potencial de atração, mas ainda assim, forte. Quando não são considerados os domicílios, pontos de ônibus têm potencial de atração levemente mais alto, apresentando correlação de 0,912.

Esses resultados mostram a importância das esquinas para firmas que prestam serviços de atendimento à saúde humana. Para além das áreas mais dinâmicas da cidade, quando mais próximas às áreas residenciais, tais firmas buscam instalações próximas às esquinas e menos aos PO.

A tabela 6 mostra a associação espacial de apenas seis tipos de atividades, onde cinco deles são estatisticamente significativos: serviços de saúde humana (3,44); serviços

advocatícios (2,86); imobiliárias (1,54); salões de beleza (1,49); e bancos (1,48). É possível perceber que essas atividades mencionadas são típicas de áreas centrais e, mais especificamente, muito comuns em edifícios comerciais/corporativos e multiuso. Com exceção dos bancos, todos costumam ser encontrados em andares superiores desses edifícios, havendo, portanto, coerência no resultado apresentado. Também é muito comum que consultórios médicos e odontológicos, componentes do tipo de atividade que ora se analisa, estejam espacialmente associados, inclusive na divisão de salas para dois ou mais profissionais da saúde, em horários e dias diferentes. Há, para as atividades mencionadas, associação espacial simétrica.

Todos os outros catorze tipos de atividades apresentam isolamento espacial, onde destacam-se os estatisticamente significativos: varejo de móveis e iluminação (0,72); mercearias (0,63); varejo de tecidos (0,61); serviços de alimentação (0,60); padarias (0,54); açougue (0,44); varejo de roupas e acessórios (0,42); e varejo de automóveis (0,37). No geral, verifica-se que atividades varejistas tendem ao isolamento espacial em relação a serviços de saúde humana, ainda que 29% das firmas estejam na área central. Interessante observar que varejo de alimentos como mercearias, açougues, padarias têm consideráveis tendências de isolamento espacial com serviços de saúde humana. Mais além: todas as atividades varejistas apresentam tendência de isolamento espacial, com grande destaque para varejo de automóveis, que, de acordo com o resultado, é o tipo de atividade que mais busca o isolamento dos serviços de saúde. Todos os tipos de atividades mencionados apresentam isolamento espacial simétrico com serviços de saúde humana.

4.2.13 Varejo de eletrônicos

Varejos de eletrônicos representam 6,5% das firmas analisadas, isto é, são 368 unidades distribuídas pela cidade. A visualização da figura 44 evidencia a distribuição espacial das firmas de comércio varejista de eletroeletrônicos em Petrópolis. É possível observar que a maior parte das firmas se encontra nas ruas do Imperador, 16 de Março e Teresa, na área central, e na Estrada União e Indústria, em Itaipava. A primeira com 67 firmas, a segunda com 26, a terceira com 47 e a quarta com 25.

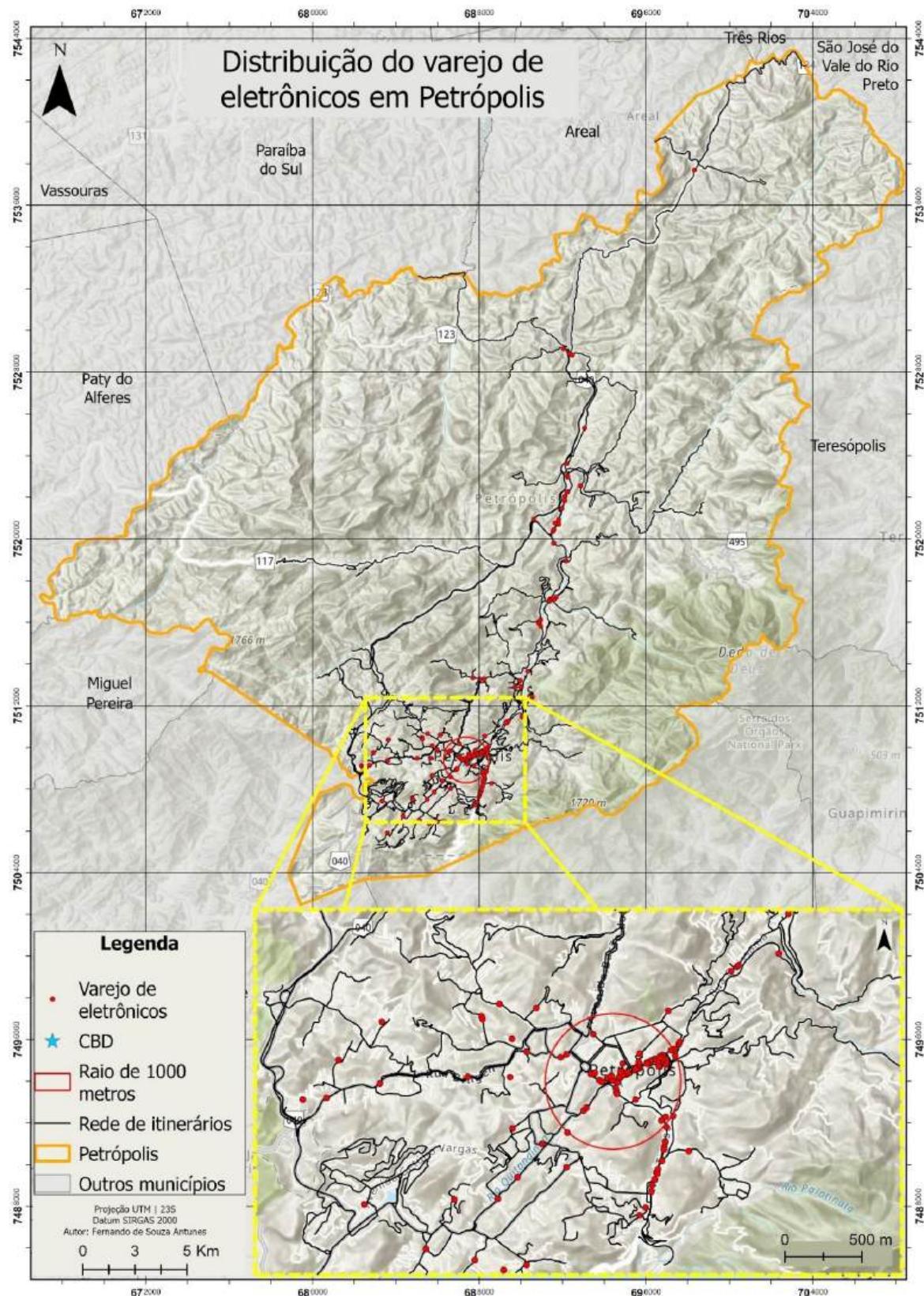


Figura 44 - Distribuição do varejo de eletrônicos em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

A concentração de firmas na área do Centro Histórico faz o índice *closeness* emergir com a maior correlação com pontos de ônibus sem pesos no cálculo (0,574). Com coeficiente de correlação pouco mais baixo (0,566), *straightness* segue como segunda tendência de escolha locacional. Esse resultado pode estar apoiado na escolha de ruas que são muito importantes nos itinerários de ônibus, como a rua do Imperador, Estrada União e Indústria e ruas Doutor Paulo Herve/Bingen. Por fim, ainda no primeiro grupo, *betweenness* é o índice com menor correlação com o varejo de eletroeletrônicos (0,482). O resultado indica que esse varejo tende a evitar vias que servem de caminhos mais curtos a muitos pares de pontos de ônibus na rede de itinerários, tais como as ruas Coronel Veiga/Washington Luiz, Silva Jardim e Quissamã. Tal entendimento, quando se analisam os PO, se apoia no raciocínio de que esses tipos de bens não demandam compras constantes. Ou seja, estar nos caminhos mais curtos pode não gerar consumo extra de quem está passando pela rua.

Analizando as correlações do segundo grupo, interseções com pesos, é possível perceber que a variação entre os coeficientes é menor. As indicações de preferência assumem configuração diferente, tendo o índice *straightness* à frente (0,778), seguido por *betweenness* (0,746) e *closeness* (0,739). Essa configuração mostra que, em relação às esquinas das ruas que formam a rede de itinerários de ônibus, há preferência pelas que formam itinerários mais retilíneos, com menos desvios. *Betweenness* também é favorecido quando o tipo de atividade tem grande presença nas ruas da área central, como é o caso do varejo de eletroeletrônicos. Uma vez que as vias em Petrópolis seguem um padrão tentacular, grande parte do fluxo entre o primeiro e os outros quatro distritos tem as ruas da área central como as vias preferências de passagem. Isso pode explicar a proximidade entre os coeficientes de correlação *betweenness* e *closeness*.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, segue a mesma configuração do primeiro, onde *closeness* é o índice com maior correlação com varejo de eletroeletrônicos (0,691), seguido por *straightness* (0,547) e *betweenness* (0,538). Nesse grupo, *closeness* e *betweenness* têm coeficientes de correlação maiores do que no primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos. Isso pode indicar que a concentração de firmas ao redor dos pontos de ônibus favorece a instalação do varejo de eletroeletrônicos. De toda forma, fica claro que, analisando os coeficientes de correlação, pode haver maior preferência pela alocação nas proximidades de esquinas em detrimento dos pontos de ônibus.

A tabela 3 mostra que o varejo de eletrônicos tem uma das maiores correlações com índice *gravity*, onde pontos de ônibus têm grande potencial de atração para essas firmas (0,970). Esse resultado indica que, ao se considerar toda a rede de vias formada pelos itinerários de ônibus, o varejo de eletrônicos tem forte tendência a buscar locais próximos a PO. Ainda que o consumo dos produtos comercializados por essas lojas não seja frequente, elas parecem valorizar a proximidade com os consumidores que acessam essas áreas por transporte público (sobretudo a área central).

Ao considerar a quantidade de domicílios em até 600 metros das firmas, os coeficientes de correlação seguem muito fortes (0,942 e 0,955, respectivamente). Há leve tendência pela preferência de PO. Esse resultado mostra que, em áreas com maior quantidade de domicílios, essas firmas têm leve preferência por instalarem-se perto de pontos de ônibus em detrimento das esquinas. Essa preferência pode estar relacionada ao acesso dos moradores à rede de ônibus da cidade. Ainda que o consumo dessas mercadorias não seja frequente, grande parte do que é comercializado nessas lojas são eletrodomésticos e artigos para o lar, fazendo sentido que elas estejam no caminho dos consumidores que estejam chegando ou saindo de seus domicílios. O potencial de atração das esquinas em relação ao varejo de eletrônicos também não deve ser desprezado. Contudo, entende-se que a correlação muito forte entre as esquinas e essas firmas se dá, em grande medida, pela forte presença desse tipo de varejo na área central, como já mencionado anteriormente.

A tabela 5 apresenta os coeficientes de associação e isolamento espaciais entre varejo de eletrônicos e os demais tipos de atividades. Há oito tipos de atividades apresentando tendência de associação espacial, onde destaca-se os estatisticamente significativos: varejo de eletrônicos (**2,69**); varejo de calçados (**1,87**); varejo de tecidos (**1,82**); salões de beleza (**1,44**); e farmácias (**1,29**). Apesar de maior que 1, é possível considerar que supermercados têm distribuição aleatória em relação ao varejo de eletrônicos (1,02), embora seu coeficiente não seja estatisticamente significativo.

Entre os dez vizinhos mais próximos, há chance duas vezes e meia maior do que uma distribuição aleatória de encontrar uma outra firma do varejo de eletrônicos. Essa tendência de associação espacial é comum para esse tipo de atividade, uma vez que favorece a consulta de preços por parte do consumidor. No geral, o produto eletrônico é escolhido com antecedência, havendo consulta pelos requisitos técnicos e preço. Depois da definição, o cliente poderá

consultar diversas firmas do varejo específico, fazendo a aquisição onde houver melhor preço e/ou condições de pagamento. Em diversas cidades (como Rio de Janeiro, por exemplo), é comum existirem galerias especializadas em produtos de informática.

A análise dos outros tipos de atividades espacialmente associados ao varejo de eletrônicos e estatisticamente significativos lança luz para a seguinte característica: varejo e serviços voltados ao uso pessoal/individual. Calçados e tecidos comercializam bens voltados ao vestuário, que, apesar de não demandar compras frequentes, precisam que o comprador esteja fisicamente na loja, a fim de experimentar calçados e determinar visualmente o tecido ou produtos de cama, mesa e banho. Já os salões de beleza e as farmácias são tipos de atividades que atendem a uma demanda semanal ou mensal, ou seja, frequente.

No que diz respeito ao isolamento espacial, existem doze atividades nesta condição, onde destacam-se as que apresentam significância estatística: varejo de roupas e acessórios (**0,75**); serviços de alimentação (**0,71**); mercearias (**0,70**); instituições educacionais (**0,59**); e serviços de alojamento (**0,33**). Todas as atividades mencionadas apresentam isolamento espacial simétrico, com destaque para serviços de alojamento que apresenta coeficiente 50% menor do que quando é analisado enquanto categoria de interesse.

4.2.14 Serviços de alojamento

Entende-se como serviços de alojamento os hotéis, *hostels* (albergues) e pousadas. Apesar de serem uma categoria de hospedagem de extrema relevância na atualidade, sobretudo pelo quantitativo de unidades disponíveis mundo afora, as unidades residenciais que servem como hospedagem a partir de plataformas de aluguéis por temporada não serão consideradas neste trabalho. Essa decisão se deu pelo fato de que tais unidades não têm um CNPJ e uma categoria CNAE associada àquele endereço.

Em toda a cidade, são 116 firmas que oferecem serviços de alojamento. Isso representa 2,1% das firmas da cidade. Desses 116, 32 encontram-se em um raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, ou seja, no Centro Histórico de Petrópolis. Isso quer dizer que 27,5% dos serviços de alojamento estão na principal área turística da cidade. Há, contudo, uma grande quantidade dessas firmas no distrito de Itaipava, notadamente um dos

principais destinos de turismo voltado para natureza. São 23 hotéis e pousadas, correspondendo a 20% do total. A figura 45 apresenta a distribuição dos serviços de alojamento em Petrópolis.

Analizando o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, da tabela 2, é possível perceber que o índice *straightness* apresenta a maior correlação com as unidades de alojamento (0,582), seguido de *closeness* (0,570) e *betweenness* (0,497). Apesar de mais de 25% dos hotéis e pousadas ficarem no Centro Histórico, o índice *closeness* não apresenta, nesse grupo, a maior correlação com essas firmas. Ainda que *closeness* tenha correlação próxima de *straightness*, é este último que representa a preferência locacional na rede formada pelas ruas que compõem os itinerários dos ônibus. Esse resultado mostra que hotéis e pousadas tendem a preferir ruas que foram rotas com menos desvios no percurso entre dois PO.

Ainda no primeiro grupo, o índice *betweenness* se apresenta como última escolha locacional. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que, levando em consideração o deslocamento entre PO, hotéis e pousadas tendem a preferir localizarem-se próximos a pontos turísticos bem conhecidos (sejam eles naturais ou não) em detrimento de estarem nos principais caminhos mais curtos entre dois PO. A localização em vias principais se torna importante somente nas áreas turísticas da cidade, ou seja, em pequenos recortes da rede.

No segundo grupo, interseções com pesos, *straightness* segue como o índice de maior correlação com hotéis e pousadas (0,740), seguido por *betweenness* (0,728) e *closeness* (0,716). Ao analisar o KDE para os valores do índice de acessibilidade *betweenness* para o primeiro e segundo grupo, respectivamente, é possível entender a diferença entre os valores de correlação de tal índice nos dois grupos. Para o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, os maiores valores de *betweenness* estão na área de transição entre o primeiro e segundo distritos, sobretudo na área que correspondem a Estrada União e Indústria e Rua Quissamã. No segundo grupo, interseções (esquinas) com pesos, há duas áreas que apresentam os

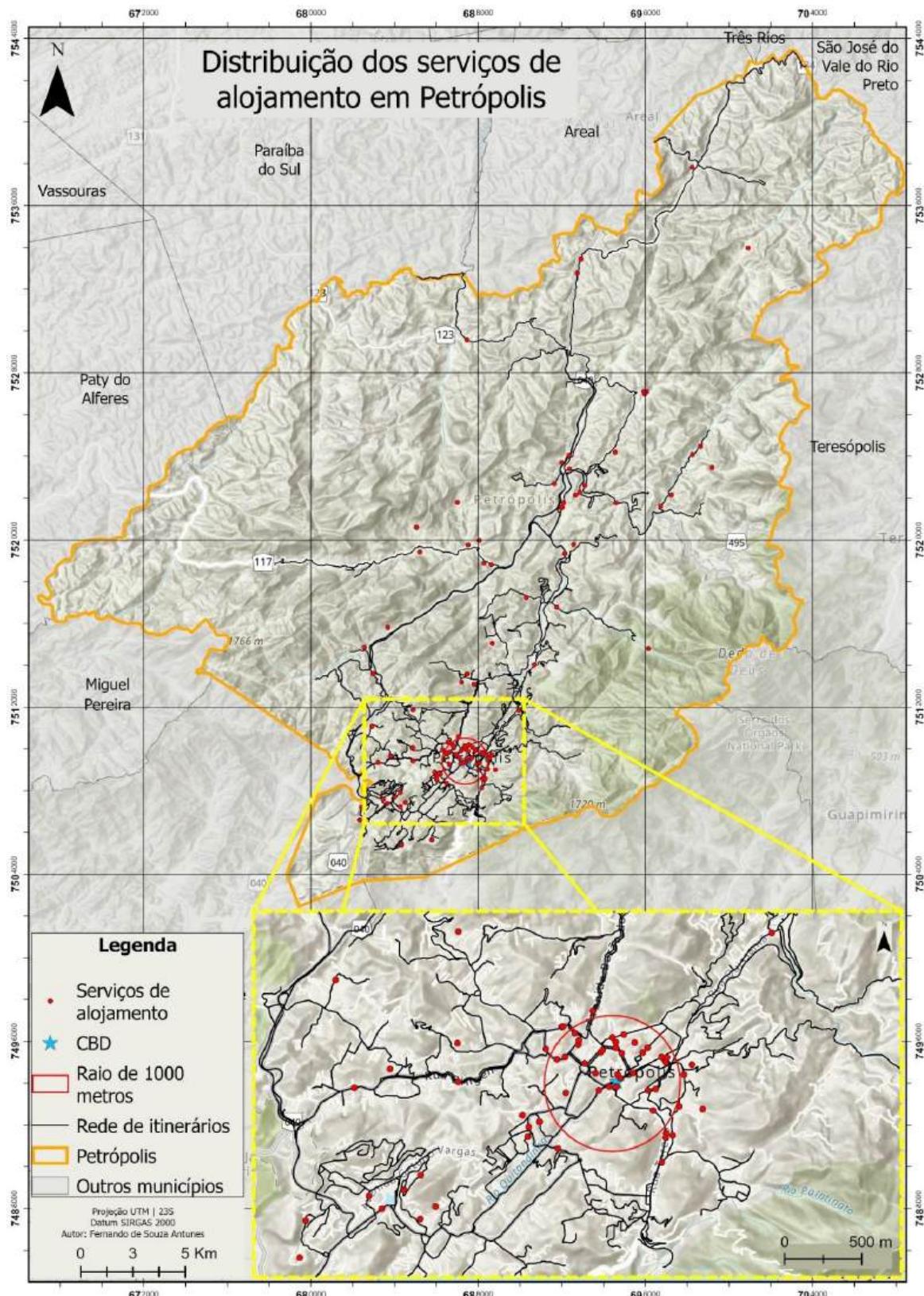


Figura 45 - Distribuição de serviços de alojamento em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

maiores valores de *betweenness*: área do Centro Histórico e outra conhecida como Cascatinha. Há ainda áreas que apresentam valores da segunda maior classe desse índice. Nesse sentido, há diferenças no comportamento da análise dos elementos na rede, como trazido anteriormente.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, apresenta *closeness* como o índice com maior correlação com hotéis e pousadas (0,631), seguido por *straightness* (0,567) e *betweenness* (0,508). Nesse grupo, diferentemente do primeiro, que também analisa pontos de ônibus como origem e destino, os índices *closeness* e *straightness* trocaram de posição. A análise dos KDE do índice *straightness* de pontos de ônibus e de *closeness* com pesos de pontos de ônibus mostra que esse resultado pode estar relacionado com a descontinuidade da classe de maiores valores do índice *straightness*, justamente onde existe maior concentração de hotéis e pousadas e de pontos de ônibus com maior quantidade de firmas em até 600 metros. Dessa maneira, quando analisados os pontos de ônibus e a quantidade de firmas do entorno, há tendência de que hotéis, pousadas e similares prefiram instalarem-se próximos a pontos de ônibus que estão mais próximos de todos os outros pontos de ônibus da rede.

A tabela 3 contém os coeficientes de correlação entre o índice *gravity* e serviços de alojamento para os três grupos analisados acima. Todos os grupos têm correlação forte ou muito forte, com destaque para as interseções (0,833). O aumento da quantidade de domicílio no entorno dos serviços de alojamento leva essas firmas a buscarem locais mais próximos das esquinas do que de PO, esse último tendo coeficiente de correlação 0,773. Quando os domicílios não são considerados, pontos de ônibus apresentam coeficiente levemente maior: 0,798.

A tabela 5 traz os coeficientes de associação e isolamento espaciais dos serviços de alojamento. Dentre os dez tipos de atividades que apresentam coeficiente de associação espacial, destacam-se os estatisticamente significativos: serviços de alojamento (**3,95**); instituições educacionais (**2,15**); mercearias (**2,04**); açougue (**1,83**); imobiliárias (**1,54**); e serviços de alimentação (**1,31**). Entre as dez firmas vizinhas mais próximas, há quatro vezes mais chances de ter algum tipo de serviço de alojamento. Esse resultado está relacionado à alta concentração de hotéis e pousadas no Centro Histórico e em Itaipava, principais áreas turísticas da cidade. Ou seja, parece ser razoável que atividades desse tipo busquem proximidade.

Há probabilidade pouco mais de duas vezes maior do que a distribuição aleatória em encontrar instituições educacionais como uma das dez atividades vizinhas mais próximas dos

serviços de alojamento. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que instituições educacionais em Petrópolis muitas vezes ocupam edificações que tinham função residencial. Da mesma maneira, muitas pousadas no Centro Histórico também ocupam antigas residências. Assim, esse coeficiente de associação espacial mostra que há, de fato, tendência forte de aproximação dessas duas atividades que assumiram edificações antigas do Centro Histórico de Petrópolis.

Interessante notar que há considerável probabilidade de se encontrar mercearias, açouguês e imobiliária como vizinhos próximos dos serviços de alojamento. Não foi possível identificar a motivação dessa relação, mas fato é que os coeficientes mostram força. Já para serviços de alimentação, não é difícil inferir que haja interesse de bares e restaurantes em localizarem-se próximos de hotéis e pousadas, a fim de garantir os hóspedes como clientes.

Serviços de alojamento têm comportamento diferente das outras atividades discutidas até agora, no que diz respeito ao relacionamento simétrico ou assimétrico. Das atividades espacialmente associadas mencionadas acima, instituições educacionais e mercearias apresentam simetria em relação aos serviços de alojamento, mas com força consideravelmente menor (**1,54** e **1,50**, respectivamente). Esse movimento mostra que há mais interesse das instituições educacionais e mercearias estarem mais próximos dos hotéis e pousadas do que o inverso. A associação espacial é assimétrica no caso dos açouguês e serviços de alimentação (0,74 e 0,92, respectivamente). Hotéis e pousadas tendem a isolarem-se de açouguês e serviços de alimentação. É interessante notar que os bares e restaurantes buscam a proximidade com os serviços de alimentação, devido à motivação já mencionada, mas o movimento contrário é consideravelmente menor, quando não inexistente.

No que diz respeito aos coeficientes de isolamento espacial, é possível observar dez tipos de atividades, onde destacam-se os que apresentam coeficientes estatisticamente significativos: varejo de eletrônicos (**0,63**); varejo de calçados (**0,47**); varejo de tecidos (**0,32**); e varejo de roupas e acessórios (**0,30**). Parece haver certa tendência de que hotéis e pousadas busquem isolamento do varejo de grande atração de pessoas, como os mencionados acima, sobretudo os que se concentram nas ruas Teresa e do Imperador (têxtil). É importante salientar que, apesar de estarem concentrados na área central, serviços de alojamento buscam as áreas antes ocupadas pela função residencial, que, via de regra, apresentam certo isolamento do varejo têxtil. Todas as atividades mencionadas apresentam isolamento espacial simétrico.

4.2.15 Varejo de tecidos

A história de Petrópolis mostra que o varejo de tecidos e artigos de cama, mesa e banho tem sua relevância muito apoiada no passado industrial da cidade. Como lembram Rabaço (1985) e Ambrozio (2008), Petrópolis foi um polo industrial no estado do Rio de Janeiro até a década de 1970, sobretudo da indústria têxtil. Essa aglomeração de indústrias têxteis na cidade pode ter levado a uma concentração de varejo de tecidos na área central e rua Teresa.

Quando analisada a quantidade de firmas em um raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, conta-se 70 unidades, das 192 presentes em toda a cidade, o que corresponde a 36,4% do total. Já no eixo da rua Teresa, existem 60 firmas de varejo de tecidos, o que corresponde a 31,2% (figura 46). A concentração do varejo de tecidos em um único eixo viário de aproximadamente 1800 metros (ao todo, a rede de rotas de ônibus tem 448,5 km) mostra a importância desse recorte da rede no setor varejista têxtil, que se apresenta ainda mais robusto, quando considerada a existência de 1497 firmas de varejo de roupas e acessórios e 117 firmas de varejo de calçados.

A análise do primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem pesos, mostra baixa variação do coeficiente de correlação de dois dos três índices com o varejo de tecidos. O índice *closeness* tem maior correlação (0,551), seguido por *straightness* (0,550) e *betweenness* (0,461). Observando novamente a figura 46, percebe-se que quase a totalidade dessas firmas encontram-se no eixo da rua Teresa e no eixo da rua do Imperador (contemplando também as ruas 16 de Março e Paulo Barbosa). Isso corresponde a 63,5% (122 unidades) das firmas em uma extensão viária bem pequena, sobretudo quando

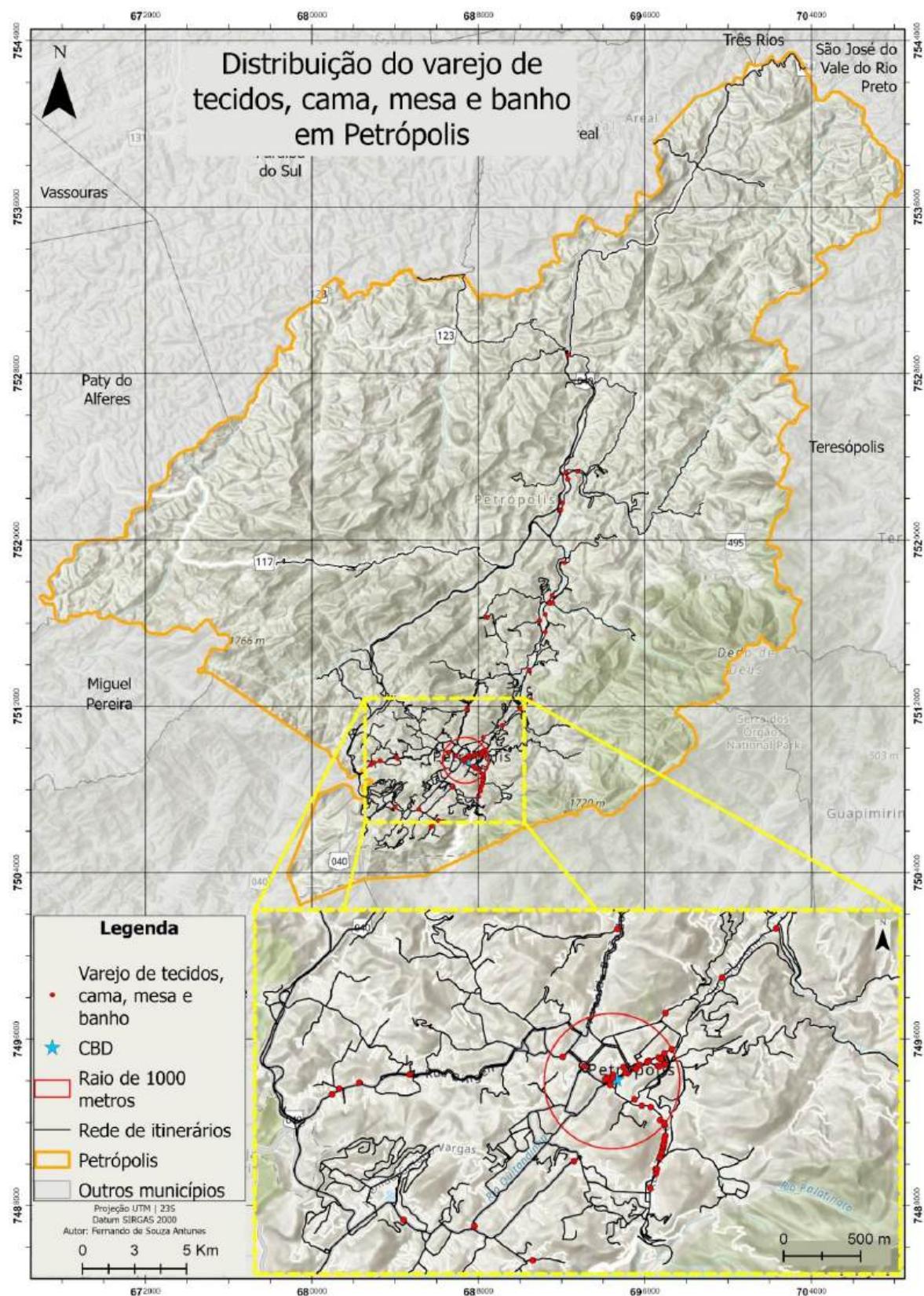


Figura 46 - Distribuição do varejo de tecidos, cama, mesa e banho em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

comparada à extensão total da rede de rotas de ônibus (448,5 km). Há, portanto, grande concentração do varejo de tecidos na área central ou em seus arredores imediatos, justamente a área onde o índice *closeness* tem maior expressão. Esse resultado parece coerente quando se leva em consideração que tecidos (e artigos de cama, mesa e banho) não são bens que necessitam de aquisições frequentes, ou seja, não necessitam de localizações próximas ao mercado consumidor, mas que estejam mais próximas de todos os pontos da rede.

O segundo grupo, interseções com pesos, também apresenta baixa variação entre os coeficientes de correlação. Nesse grupo, o índice *straightness* tem a maior correlação (0,683), seguido de *closeness* (0,661) e *betweenness* (0,620). Quando comparados o primeiro e segundo grupos, observa-se uma inversão entre os índices *closeness* e *straightness*. A análise das interseções com pesos mostra que o varejo de tecidos tende a preferir ruas que formam rotas com menos desvios entre duas esquinas da rede.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, segue a mesma estrutura do primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos: *closeness* (0,639), *straightness* (0,530) e *betweenness* (0,498). Nota-se que no terceiro grupo há variação considerável entre os coeficientes de correlação dos índices, sobretudo do índice *closeness*. Importante destacar que o único índice que teve variação considerável quando comparado com o primeiro grupo é, justamente, o índice *closeness*, de maior correlação com o varejo de tecidos. Os índices *straightness* e *betweenness* têm coeficientes de correlação próximos.

O resultado do terceiro grupo pode mostrar a possível tendência de que o varejo de tecidos tenha preferência por locais na rede onde há maior quantidade de firmas em até 600 metros de distância. O índice *closeness* sobressai nesse resultado porque é justamente na área central e em seus arredores imediatos em que há a maior quantidade de pontos de ônibus com maiores valores desse índice. Esse entendimento encontra respaldo na tabela 3, onde os pontos de ônibus apresentam o maior potencial de atração em relação às firmas em questão. Quando se considera a quantidade de domicílios em até 600 metros das firmas, os pontos de ônibus têm potencial de atração consideravelmente maior que interseções de vias na mesma condição (0,862 e 0,774, respectivamente). A maior correlação é dos PO, quando não se considera os domicílios (0,861).

Em relação ao potencial de atração do varejo de tecidos pelas interseções e PO, a tabela 3 mostra correlações fortes e muito fortes. De maneira geral, o varejo de tecidos tende a ser atraído mais por pontos de ônibus do que por esquinas. Quando não considerados os domicílios no cálculo do índice *gravity*, os pontos de ônibus têm correlação 0,861. Quando as residências em até 600 metros das firmas são levadas em consideração, os pontos de ônibus seguem tendo maior poder de atração que as esquinas: 0,861 e 0,832, respectivamente. Esse resultado pode ser percebido a partir da figura 47: fica claro que o varejo de tecidos está alinhado com a presença de pontos de ônibus com maiores valores de índice *gravity*, calculado levando em conta a quantidade de domicílios em até 600 metros. Para além da área central, esse alinhamento se dá no Bingen, Alto da Serra, Valparaíso, Quissamã/Itamarati e Corrêas.

A tabela 6 mostra os coeficientes de associação espacial entre o varejo de tecidos, cama, mesa e banho e os outros tipos de atividades. É possível identificar facilmente que esses coeficientes não são altos, com exceção do próprio varejo de tecidos enquanto categoria vizinha. Essa inferência pode ser feita devido à tendência já mencionada de aglomeração dessa atividade, sobretudo no eixo das ruas Teresa e do Imperador. Para além disso, há somente seis tipos de atividades espacialmente associadas ao varejo de tecidos, cama, mesa e banho, com destaque para os estatisticamente significativos: varejo de tecidos (**6,82**); açougue (**1,88**); e varejo de eletrônicos (**1,59**). Todos esses tipos de atividades apresentam associação espacial simétrica com o varejo de tecidos, ainda que este último busque proximidade com o varejo de eletrônicos com maior intensidade do que o contrário (**1,82**).

Conforme mencionado, há probabilidade muito alta de se encontrar outras firmas de varejo de tecidos como vizinhas mais próximas. Isso quer dizer que há quase cinco vezes mais chance de se encontrar uma firma do mesmo tipo em questão do que a de segunda maior probabilidade, que é o açougue. Esse resultado mostra que a aglomeração de firmas desse mesmo tipo de atividade pode favorecer a atração de clientes que buscam a variedade de tecidos e produtos de cama, mesa e banho, além da possibilidade de comparação de preços. Essa atração também é favorecida pelo já consagrado polo varejista têxtil da rua Teresa, explicando um dos mais altos coeficientes de associação espacial das tabelas 5 e 6.

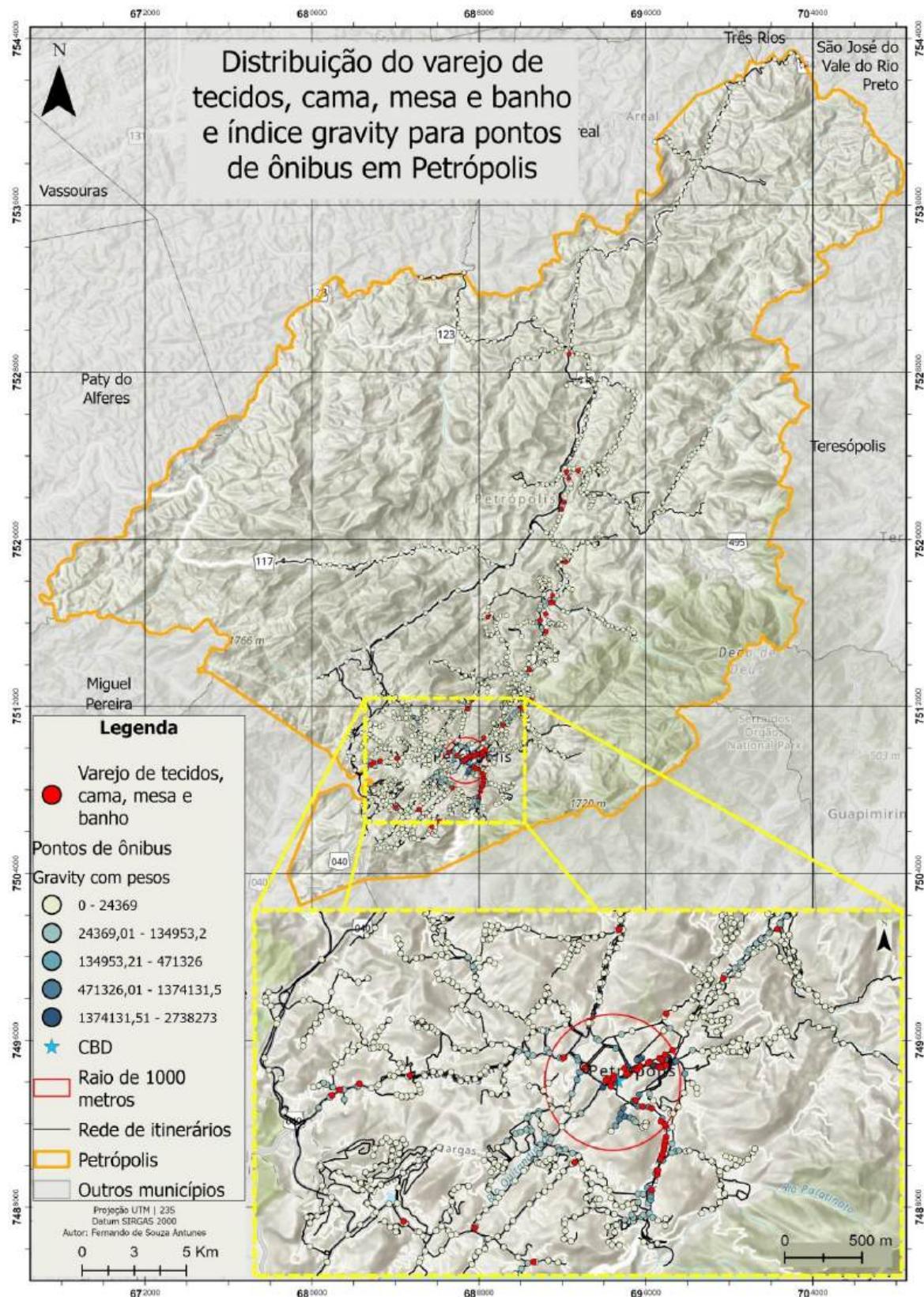


Figura 47 - Distribuição do varejo de tecidos, cama, mesa e banho e índice gravity para pontos de ônibus em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

A tabela 6 mostra também que supermercados têm distribuição perfeitamente aleatória em relação ao varejo de tecidos. Para além disso, é possível identificar outras treze atividades que apresentam isolamento espacial em relação ao varejo de tecidos, com destaque para as estatisticamente significativas: varejo de roupas e acessórios (**0,73**); serviços de alimentação (**0,64**); imobiliárias (**0,54**); serviços de saúde humana (**0,51**); serviços advocatícios (**0,40**); serviços de alojamento (**0,20**).

Ainda que ocupem os mesmos eixos viários, o varejo de roupas e acessórios tende a isolar-se do varejo de tecidos. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que o primeiro busca associar-se espacialmente apenas com sua própria atividade, ainda que certos espaços sejam comuns a outras atividades. Alguns serviços típicos da área central tendem a isolarem-se do varejo de tecidos, como os anteriormente mencionados. Há tendência de isolamento para serviços que costumam estar juntos em edifícios comerciais, como imobiliárias, serviços de saúde humana e escritórios de advogados. É possível que essas atividades busquem áreas mais importantes na área central, talvez com custo maior do que uma firma do varejo de tecidos possa pagar. Já os serviços de alojamento têm a menor probabilidade de serem encontrados como vizinhos mais próximos do varejo de tecidos. Esses serviços tendem ao afastamento dos eixos das ruas Teresa e do Imperador, ainda que estejam na área central, também conhecida como Centro Histórico.

O varejo de tecidos apresenta isolamento espacial simétrico com varejo de roupas e acessórios (**0,77**), imobiliárias (**0,78**), serviços de saúde humana (**0,61**), serviços advocatícios (**0,41**) e serviços de alojamento (**0,32**). Há, no entanto, assimetria no que diz respeito a serviços de alimentação (1,02).

4.2.16 Bancos e instituições financeiras

Tradicionalmente, bancos e instituições financeiras tendem a escolher locais com boa acessibilidade. Isso faz com que em grande parte das cidades haja um percentual considerável dessas firmas em suas áreas mais dinâmicas, notadamente centros e subcentros. Em toda a cidade de Petrópolis, há 192 bancos e instituições financeiras, o equivalente a 2% das 5439 firmas analisadas nessa pesquisa. Em um raio de 1000 metros da esquina das ruas do Imperador

e Marechal Deodoro há 46 unidades, o que corresponde a 42,5% das firmas em tela. A distribuição dos bancos e instituições financeiras pode ser visto na figura 48.

Pelo exposto, confirma-se que esse tipo de serviço tem robusta preferência por localizar-se na parte mais dinâmica da cidade, onde há a maior aglomeração empresarial e para onde flui a maior quantidade de pessoas. A título de comparação, se forem considerados somente os bancos, serão computadas 34 unidades em toda a cidade, com 23 delas dentro de 1000 metros da esquina das ruas do Imperador e Marechal Deodoro, ou seja, 67,6% de tais firmas. Contudo, ficou decidido por analisar, além dos bancos, também as instituições financeiras que têm funções similares e, por vezes, sobrepostas com os primeiros.

Analizando o primeiro grupo da tabela 2, pontos de ônibus sem peso, observa-se a seguinte estrutura: o mais alto coeficiente de correlação com bancos e instituições financeiras pertence a *closeness* (0,530), seguido por *straightness* (0,528) e *betweenness* (0,490). Esse resultado mostra a tendência dessas firmas escolherem instalações nos arredores dos pontos de ônibus mais próximos de todos os outros na rede. Há, contudo, pequena diferença entre os coeficientes de correlação de *closeness* e *straightness*. Isso sugere que tais firmas, além de preferirem locais mais próximos de todos os outros (portanto, centrais), também parecem preferir a proximidade com pontos de ônibus onde há possibilidade de rotas mais eficientes na rede. Isto é, onde o caminho entre dois pontos de ônibus sofre menos desvios. Para citar algumas dessas ruas: Coronel Veiga, Washington Luiz, Imperador e Estrada União e Indústria.

O segundo grupo, intersecções com pesos, tem o índice *straightness* com a maior correlação com as firmas (0,696), seguido de *betweenness* (0,682) e *closeness* (0,671). A variação entre os três índices é pequena e surpreende o índice *closeness* ter a menor correlação com as firmas. Quando analisada o KDE do índice *closeness* desse grupo, é possível perceber que as áreas com maiores valores de densidade são menores do que os dois outros índices. Isso pode mostrar que, ainda que haja considerável área de sobreposição de *closeness* com pesos e de firmas na área central de Petrópolis, os outros índices compensam com sobreposição de áreas mais extensas, sobretudo nos arredores da Estrada União e Indústria.

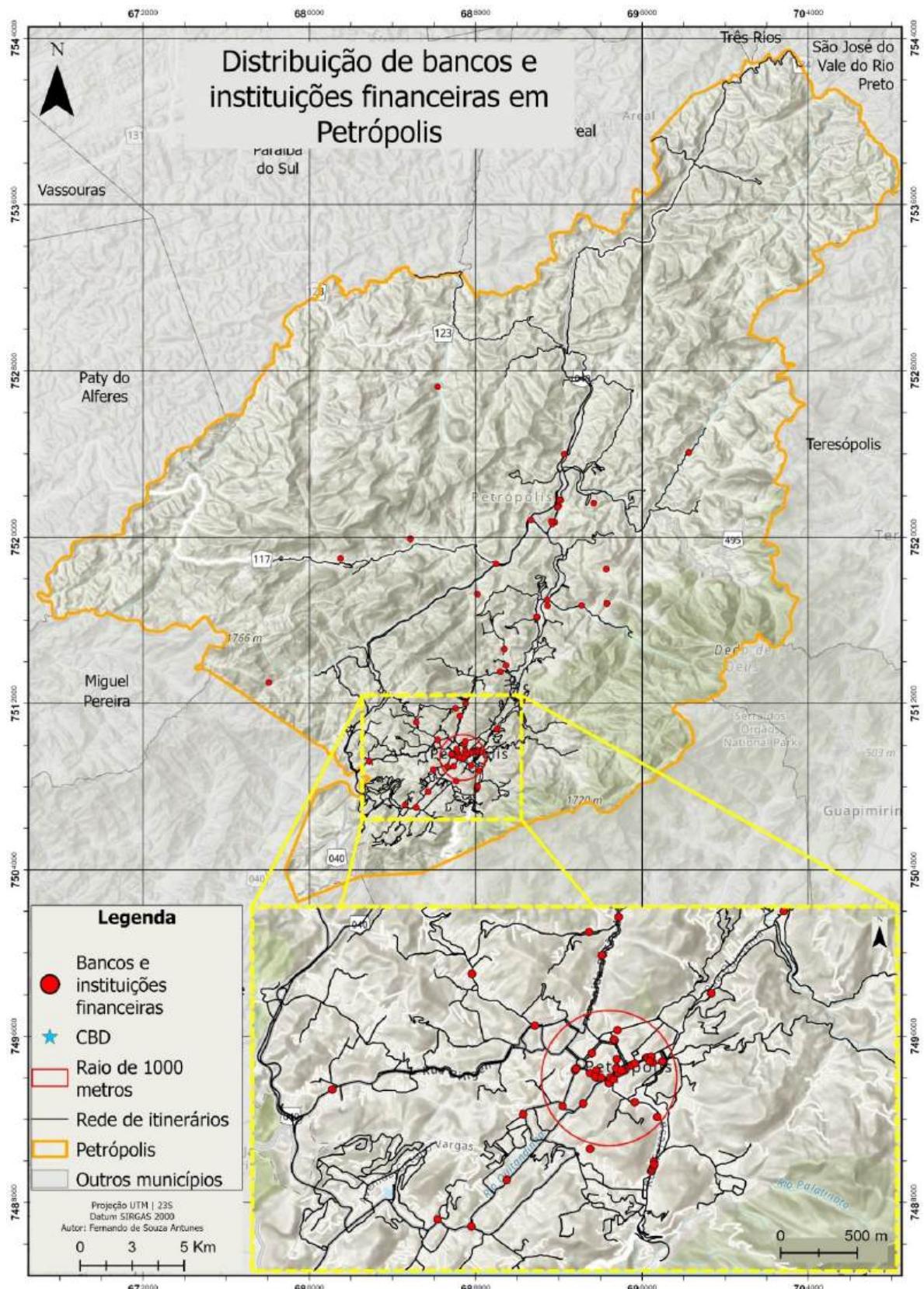


Figura 48 - Distribuição de bancos e instituições financeiras em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

No terceiro grupo, pontos de ônibus com peso, *closeness* volta como o índice com maior coeficiente de correlação com as firmas (0,603), seguido de *betweenness* (0,512) e *straightness* (0,511). Destaca-se que o coeficiente de correlação de *closeness* nesse grupo, que também analisa PO, é maior que no primeiro grupo (onde também aparece como índice de acessibilidade de maior correlação). Tal resultado mostra que a quantidade de firmas em até 600 metros de distância dos pontos de ônibus podem fazer diferença na escolha locacional de bancos e instituições financeiras, quando tais pontos de ônibus estão mais centrais na rede de rotas de ônibus.

Ruas que apresentam valores consideráveis no cálculo do índice *betweenness* podem ser entendidas como ruas com alto potencial de transferência de ônibus (baldeação), uma vez que servem como caminhos mais curtos para diversos pares de pontos na rede. Nesse contexto, levando em consideração o resultado do terceiro grupo, que apresenta o índice *betweenness* com segunda maior correlação, parece haver interesse de bancos e instituições financeiras em instalarem-se em ruas com essas características, quando elas têm outras firmas em até 600 metros de distâncias dos pontos de ônibus analisados.

A quantidade de firmas em até 600 metros dos pontos de ônibus parece não exercer muita influência nos bancos e instituições financeiras quando se analisa a correlação com o índice *straightness*. Esse índice apresenta pequena queda, quando comparada com o primeiro grupo. Tal resultado pode ser tão importante quanto o aumento do coeficiente de correlação de *betweenness* nesse grupo. Há virtual igualdade entre *straightness* e *betweenness* no terceiro grupo, mas com aumento do segundo e diminuição do primeiro, em relação ao primeiro grupo. É possível concluir que há preferência por pontos de ônibus com mais firmas na distância estabelecida, em ruas com maiores quantidades de caminhos mais curtos entre dois outros pares de pontos de ônibus do que ruas que formam rotas com menos desvios.

A partir da tabela 3 é possível perceber que bancos e instituições financeiras tendem a ser mais atraídos por esquinas, quando a quantidade de domicílios no entorno é considerada (0,850). Ainda sob esta condição, pontos de ônibus apresentam menor potencial de atração dessas firmas (0,827). Ou seja, em áreas com mais domicílios, os bancos e instituições financeiras têm leve tendência a escolherem esquinas para se instalarem. Quando o cenário de análise não considera domicílios os pontos de ônibus têm seu potencial de atração aumentado: 0,846. Esse aumento do potencial de atração dos pontos de ônibus pode estar relacionado ao

fato de que essas firmas tendem a não se instalarem em áreas tipicamente residenciais. Dessa maneira, quando se desprezam os domicílios no cálculo, o potencial de atração tende a aumentar para PO.

A tabela 5 reúne os coeficientes de associação espacial entre bancos e instituições financeiras e todos os outros tipos de atividades. É possível perceber que, dentre as dez atividades espacialmente associadas aos bancos e instituições financeiras, é junto ao seu próprio tipo de atividade que essas firmas buscam proximidade. Ou seja, há probabilidade três vezes e meia maior do que uma distribuição aleatória de se encontrar algum outro banco ou instituição financeira entre as dez firmas mais próximas. Ainda é possível constatar que há quase duas vezes mais chances de se encontrar bancos como vizinhos mais próximos do que serviços advocatícios, que é o segundo tipo de atividade com maior probabilidade de estar próximos dos bancos.

Dos dez tipos de atividades espacialmente associadas aos bancos e instituições financeiras, destacam-se os que apresentam significância estatística: bancos (**3,66**); serviços advocatícios (**1,87**); serviços de saúde humana (**1,70**); imobiliárias (**1,57**); serviços de alojamento (**1,55**); e varejo de móveis e iluminação (**1,47**). Todas essas atividades apresentam relacionamento simétrico com a categoria de interesse.

Para além da alta probabilidade de associação espacial junto a firmas do mesmo tipo, também há para atividades muito comuns em edifícios comerciais. Uma vez que nesses edifícios funcionam inúmeros tipos de atividades, eles atraem uma quantidade considerável de pessoas. Pode ser importante que bancos e instituições financeiras estejam próximas a eles, facilitando a resolução de demandas bancárias por parte das diferentes atividades, bem como dos clientes.

Investigação mais aprofundada deverá ser feita para entender a proximidade de serviços de alojamento e varejo de móveis/iluminação para com os bancos. Mas é possível que bancos e serviços de alojamento dividam interesse em ruas importantes fora do eixo da rua do Imperador, tais como rua da Imperatriz e Avenidas Koeler e Ipiranga. Essas vias ainda abrigam bastante importância na área central, sobretudo para serviços de alojamento e outros que podem pagar a locação dos antigos casarões construídos no período imperial. Tais ruas abrigam, ao todo, quatro bancos e sete hotéis e pousadas. Distribuição similar é encontrada no Estrada União

e Indústria, na altura de Itaipava. No que diz respeito ao varejo de móveis/iluminação, a maior parte da associação espacial entre este e os bancos se dá na área central, na Rua do Imperador, e em Itaipava, na Estrada União e Indústria, com quantidade considerável de firmas das duas atividades.

Instituições educacionais e farmácias apresentam distribuição perfeitamente aleatória com bancos e instituições financeiras (1,00), indicando que não há nenhuma tendência nem associação nem isolamento espaciais entre essas atividades e a categoria de interesse. No que diz respeito ao isolamento espacial, a tabela 5 apresenta cinco tipos de atividades nessa condição, com destaque para os estatisticamente significativos: serviços de alimentação (**0,81**); oficinas mecânicas (**0,58**); e varejo de roupas e acessórios (**0,39**). Com exceção do varejo de roupas, que tende a aproximar-se apenas de sua própria atividade na área central, serviços de alimentação e, sobretudo, oficinas mecânicas podem apresentar isolamento devido ao preço da terra ou aluguel onde encontram-se a maioria dos bancos e instituições financeiras. Oficinas mecânicas demandam espaço, o que pode custar caro em algumas localidades, como a área central. Para além disso, o custo de aluguéis tende a ser maior com a proximidade de bancos, aumentando a tendência de afastamento de certas atividades, mesmo fora da área central. Há isolamento espacial simétrico entre as atividades mencionadas acima e bancos e instituições financeiras.

4.2.17 Serviços advocatícios

Serviços advocatícios representam 1,9% do total das firmas analisadas, havendo, ao todo, 102 escritórios que prestam esse serviço em Petrópolis. Tais firmas, conforme aponta Corrêa (1989), também tendem a instalarem-se nos centros e subcentros. Esse padrão espacial se constrói tanto pela natureza da atividade, que não demanda visitas constantes de clientes, como pela proximidade com os comandos de empresas sediadas na cidade. Esse comportamento espacial se traduz nos seguintes números: existem 68 unidades em um raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Marechal Deodoro. Isso corresponde a 66,6% do total de firmas da cidade. A distribuição das firmas de serviços advocatícios é apresentada no mapa da figura 50.

Os números do parágrafo anterior refletem a preferência locacional observada no primeiro grupo da tabela 2, que mostra a maior correlação entre serviços advocatícios para com o índice *closeness* (0,526), seguido por *straightness* (0,517) e *betweenness* (0,446). É possível perceber que os coeficientes de correlação do primeiro e segundo índices já citados têm valores bem próximos, havendo variação considerável nesse grupo somente para *betweenness* em relação aos dois primeiros.

Quando analisadas as sobreposições dos KDE de *closeness* e *straightness*, respectivamente, com os escritórios de advogados, há melhor entendimento da proximidade entre os coeficientes de correlação dos dois índices. Enquanto o KDE de *closeness* tem sua classe de estimativa mais alta (cor vermelha) em toda a área central e alongando-se por parte da rua Quissamã e Estrada União e Indústria, o KDE de *straightness* apresenta sua classe de estimativa mais alta que contempla a área central dividida em duas partes.

A classe de estimativa mais alta de *closeness* sobrepõe-se com todas as 66 firmas do raio de 1000 metros da esquina das ruas do Imperador com Marechal Deodoro. Isso mostra que 66,6% das dos escritórios de advocacia da cidade estão na área onde estar mais próximos de todos os outros pontos de ônibus da rede na cidade é fundamental. Ao analisar a classe de estimativa mais alta de *straightness*, percebe-se que, das 66 firmas citadas anteriormente, somente 5 a sobrepõem. Para além dessas 5, há somente 4 outros escritórios de advocacia sobrepostos com a classe de estimativa mais alta. É possível deduzir, contudo, que a proximidade de *straightness* para com *closeness* se deve ao fato de que há maiores áreas de estimativas para todas as outras classes de *straightness*, havendo, portanto, maior sobreposição.

O segundo grupo, interseções com pesos, apresenta uma estrutura um pouco diferente, tendo *closeness* como índice com maior correlação com escritórios de advogados (0,768), seguido por *betweenness* (0,741) e *straightness* (0,721). A análise do mapa da figura 50 mostra que há, de fato, crescimento na quantidade de escritórios da periferia à área central, onde prevalecem maiores valores do índice *closeness*. No que diz respeito à segunda maior correlação do grupo, *betweenness*, há escritórios exatamente nas ruas com valores médios ou altos do índice, como rua do Imperador, Coronel Veiga, Bingen, Quissamã e Estrada União e Indústria. Ainda que não seja a escolha locacional

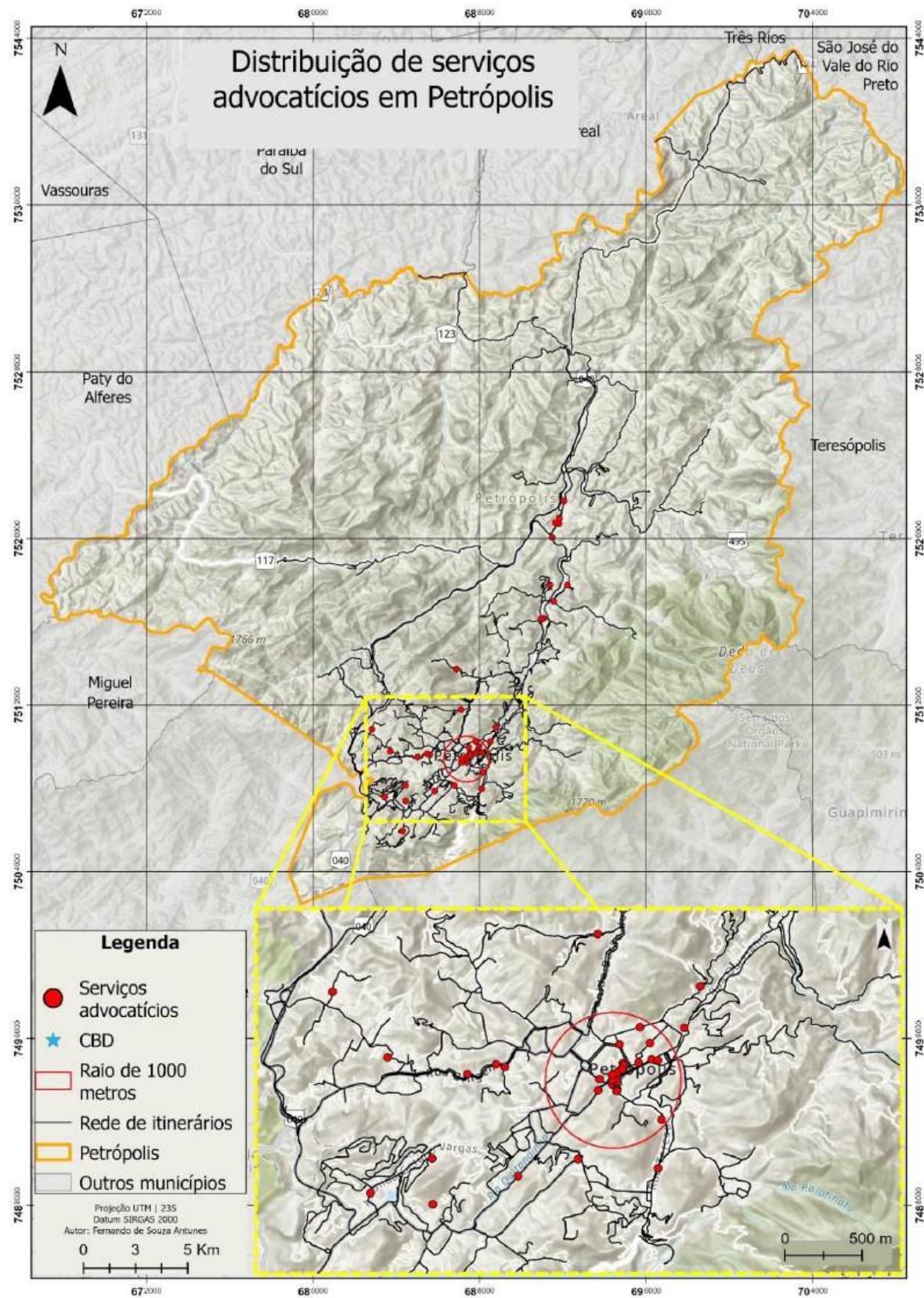


Figura 49 - Distribuição de serviços advocatícios em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

principal, percebe-se que existem alguns escritórios posicionados justamente nas ruas que servem de caminho mais curto para muitos pares de esquinas na rede. Soma-se a isso, o fato de estar na Estrada União e Indústria o aglomerado de firmas de todas as atividades no distrito Itaipava, inclusive de escritórios de advogados.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, tem novamente *closeness* com maior correlação com os escritórios (0,630), seguido de *straightness* (0,501) e *betweenness* (0,494). O grupo apresenta a mesma estrutura do primeiro grupo, mas com coeficiente de correlação maior para *closeness*. Essa diferença pode estar apoiada pelo maior quantitativo de firmas na área central. Destaca-se que, novamente, a queda e aumento, ainda que pequenos, do coeficiente de correlação de *straightness* e *betweenness*, respectivamente, em comparação com o primeiro grupo.

No que diz respeito à acessibilidade por atração referentes aos dois tipos de nós da rede (interseções e PO), percebe-se correlação muito forte entre seus índices *gravity* e escritórios de advocacia. No que diz respeito a este índice para interseções, quando considerados os domicílios do entorno, há forte correlação com as firmas (0,952), indicando que pode haver boas vantagens locacionais. No que diz respeito aos PO, os coeficientes de correlação são virtualmente iguais, considerando ou não a quantidade de domicílios (0,894 e 0,899, respectivamente). Esse último resultado pode evidenciar a importância das esquinas em comparação com os PO: nos dois contextos analisados, a acessibilidade dos pontos de ônibus é menor do que das esquinas, o que pode caracterizar uma vantagem locacional maior para as segundas em detrimento das primeiras.

Na tabela 5 são exibidos os coeficientes de associação e isolamento espaciais referentes aos escritórios de advocacia. Dentre os vinte tipos de atividades, sete são espacialmente associadas com a categoria de interesse, onde destacam-se as estatisticamente significativas: serviços advocatícios (**5,70**); serviços de saúde humana (**3,00**); imobiliárias (**2,16**); e salões de beleza (**1,72**).

As atividades mencionadas acima têm como característica comum a forte ocupação de edifícios comerciais, sobretudo da área central. Há probabilidade cinco vezes e meia maior do que uma distribuição aleatória de ser encontrado um escritório de advocacia perto de outro. Tal probabilidade é quase o dobro da probabilidade de encontrar firmas de serviços de saúde

humana, ainda que estas representem uma quantidade de firmas cinco vezes maior do que as primeiras. Esse raciocínio reforça a tendência de associação espacial entre firmas da categoria de interesse, já que mostra que um quantitativo bem menor de firmas tem quase duas vezes mais chance de ser encontrada como uma das dez vizinhas mais próximas. Como exemplo, pode ser citado o edifício comercial da rua Marechal Deodoro, número 79, na área central, que possui nove escritórios de advocacia. Para além disso, todas as atividades mencionadas no parágrafo anterior têm associação espacial simétrica com serviços advocatícios, com destaque para salões de beleza que atraem mais os escritórios de advocacia do que o contrário (**2,02**).

Varejo de eletrônicos apresenta virtual distribuição aleatória (1,01) em relação aos serviços de advocatícios, ou seja, não há tendência ou interesse do primeiro em associar-se ou isolar-se espacialmente dos segundos. No que diz respeito às demais atividades, são doze as que buscam isolamento espacial dos serviços advocatícios, com destaque para os estatisticamente significativos: mercearias (**0,47**); serviços de alimentação (**0,41**); varejo de tecidos (**0,41**); varejo de roupas e acessórios (**0,40**); oficinas mecânicas (**0,36**); e supermercados (**0,15**). Todas as atividades mencionadas têm isolamento espacial simétrico com serviços de advocacia.

É possível perceber que, no geral, o varejo de todo tipo busca isolar-se das firmas da categoria de interesse, sendo as farmácias e o varejo de eletrônicos as exceções. Os menores coeficientes de isolamento ficam com oficinas mecânicas e supermercados. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que oficinas mecânicas demandam mais espaço e por esse motivo tendem a buscar lojas mais distantes da área central. No que diz respeito aos supermercados, há forte tendência dessas firmas manterem-se distantes dos escritórios de advocacia, ainda que sua presença seja percebida na área central. Levando em consideração que escritórios de advocacia ocupam salas em edifícios comerciais, torna-se incompatível a proximidade entre essas edificações e as de supermercado.

4.2.18 Salões de beleza

Salões de beleza são tipos de atividades muito comuns nas cidades brasileiras. Contemplam alguns serviços de estética, tais como: corte, pintura e outros procedimentos em

cabelos; manicure; pedicure etc. Em Petrópolis, no ano de 2019, havia 83 salões de beleza. Esse número corresponde a 1,5% das firmas analisadas na pesquisa.

Havia, no início das análises, expectativa de encontrar salões de beleza mais dispersos na rede de vias, sobretudo nas áreas mais periféricas do primeiro distrito. Essa expectativa se baseava no entendimento de que salão de beleza é um tipo de serviço consumido com frequência considerável e, portanto, estaria mais próximo dos domicílios, em todas as áreas da cidade. O que se apresentou, no entanto, foi uma alta concentração dessas firmas na área central da cidade, como pode ser visto na figura 50. Ainda que a área central tenha também um quantitativo considerável de domicílios, uma vez que é a área mais verticalizada da cidade, parece haver, também para salões de beleza, a necessidade de ida ao centro para consumir tais serviços ou em algumas poucas unidades na periferia do primeiro distrito.

Na área central, dentro do raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e Duque de Caxias, há 60 firmas. Ou seja, 70,5% dos salões de beleza encontram-se nesse recorte espacial. Para além desse raio, como pode ser visto na figura 50, existem 10 salões de beleza no primeiro distrito (Petrópolis), quase todos em vias de grande movimento; 3 no segundo distrito (Cascatinha); 10 no terceiro distrito (Itaipava); e nenhum no quarto e no quinto distritos (Pedro do Rio e Posse, respectivamente).

Chama atenção o fato de que, em Itaipava, há a mesma quantidade de salões de beleza que em toda a área periférica do primeiro distrito, sendo 9 unidades somente na Estrada União e Indústria. Sendo Itaipava o segundo mais importante destino turístico em Petrópolis, com muitas casas de veraneio e algumas pousadas, pode ajudar a explicar a oferta desse serviço naquele distrito.

Para além do quantitativo de firmas, também chama atenção os coeficientes de correlação entre salões de beleza e os índices de acessibilidade estarem abaixo de 0,5 para os grupos de PO. Como foi previamente mencionado, a aglomeração de firmas tende a resultar em coeficientes de correlação mais baixos. Isso quer dizer que a menor dispersão desfavorece a ideia de que certos tipos de atividades econômicas procedem em suas escolhas locacionais a partir de padrões de acessibilidade em rede.

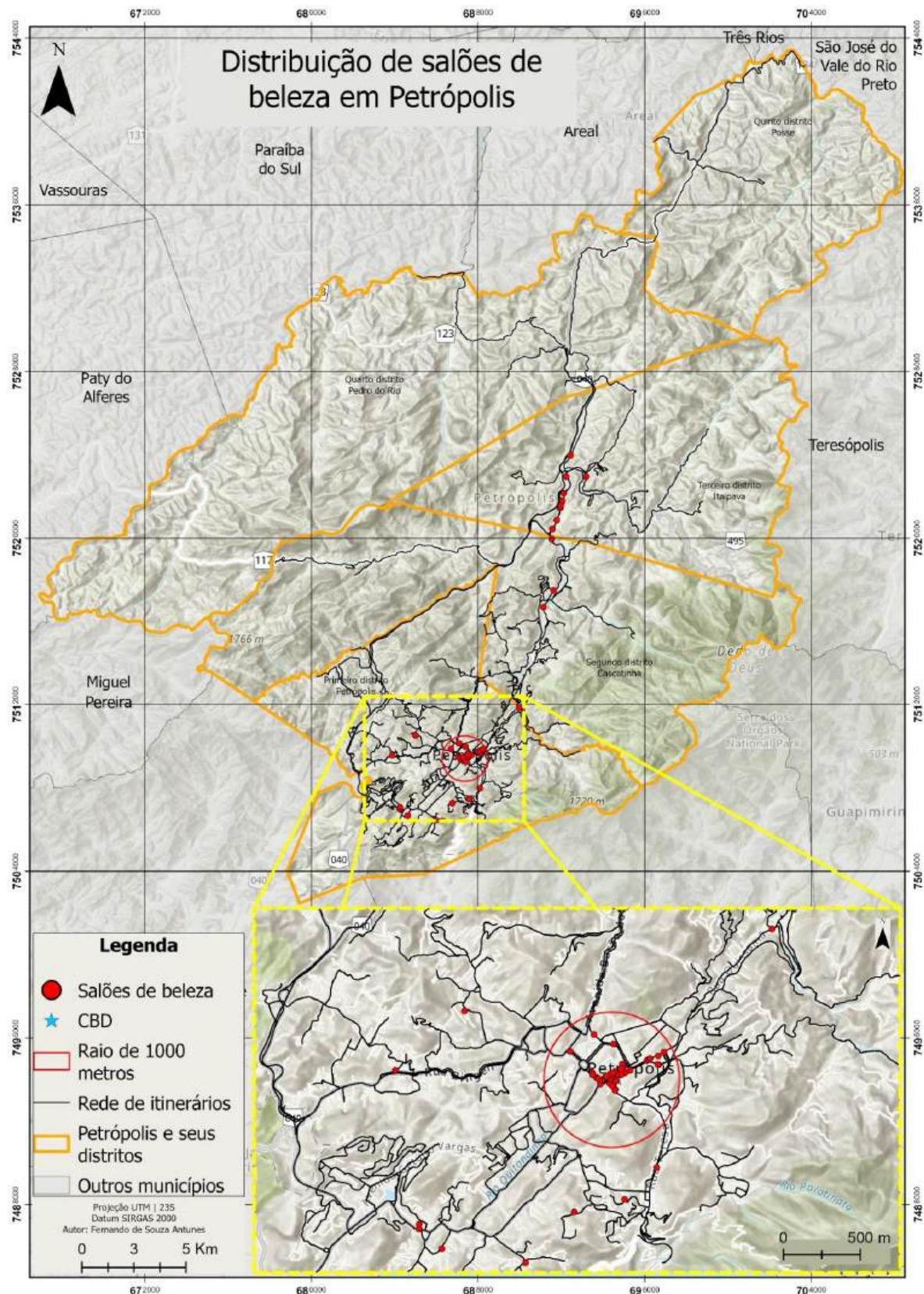


Figura 50 - Distribuição de salões de beleza em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

Avançando para a análise dos coeficientes de correlação na tabela 2, o primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, apresenta *straightness* com maior correlação na alocação de salões de beleza na rede (0,471), seguido de *closeness* (0,469) e *betweenness* (0,410). O resultado do primeiro grupo mostra que os coeficientes de correlação têm baixa variação. Para os dois primeiros, a variação é quase irrelevante. Essa primeira interpretação pode estar relacionada também à aglomeração das firmas na área central, culminando no entendimento mencionado no parágrafo anterior.

No que diz respeito à estrutura das correlações do primeiro grupo, *straightness* se apresenta com o maior coeficiente (apesar da baixa diferença para *closeness*) porque grande parte das firmas está em vias principais, seja na escala da cidade (Coronel Veiga, Washinton Luiz, Imperador, Quissamã e União e Indústria), seja na escala dos quarteirões (General Rondon e Bingen). *Closeness* não fica muito atrás, porque 70,5% das firmas estão na área central.

O segundo grupo, interseções com pesos, apresenta a seguinte estrutura: *closeness*, com a maior correlação (0,727), seguido por *betweenness* (0,717) e *straightness* (0,691). Esse resultado segue o esperado, uma vez que, no que diz respeito às esquinas, a área central tem maior resposta para o índice *closeness*. Os salões de beleza em Petrópolis têm maior predisposição por aglomerarem-se, talvez favorecendo a necessidade de se passar pelo centro da cidade em deslocamentos, bem como pela maior verticalização das moradias. É também na área central onde encontram-se as maiores rendas dos moradores da cidade, o que também pode favorecer a escolha locacional dessas firmas nessa área.

Os poucos salões de beleza que não estão na área central escolheram ruas movimentadas como General Rondon, Teresa, Bingen, Quissamã e Estrada União e Indústria. Como explicado para o grupo anterior, essas são ruas importantes, por onde passam os principais deslocamentos.

O resultado do terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, apresenta algumas mudanças na estrutura quando se leva em conta a quantidade de firmas em até 600 metros de distância. *Closeness* tem a maior correlação com salões (0,574), seguido por *straightness* (0,453) e *betweenness* (0,451). Segue a tendência de *closeness* ter as maiores correlações nesse grupo, haja vista que é na área central onde esse índice tem maior desempenho e é nessa mesma área que há maior concentração de firmas, favorecendo o peso utilizado nos cálculos. Tal aumento de desempenho decorrente da concentração de firmas não é acompanhado pelos

outros índices, havendo, inclusive, diminuição do coeficiente de correlação para *straightness* em relação ao primeiro grupo. Apesar de ser o segundo maior coeficiente do grupo, há virtual igualdade com *betweenness*, que teve leve aumento em relação ao primeiro grupo. A análise do KDE do índice *straightness* mostra que os tipos de atividades que têm alta concentração nas ruas do Imperador, 16 de março e Marechal Deodoro, para o terceiro grupo, provavelmente apresentarão queda de seus coeficientes de correlação, porque há uma divisão da classe de maior valor de *straightness* justamente nessa parte da área central.

Salões de beleza tendem a encontrar consideráveis vantagens locacionais ao se instalarem próximas de interseções de ruas e pontos de ônibus (tabela 3). Apesar de os pontos de ônibus apresentarem acessibilidade muito alta para salões de beleza nos dois contextos analisados, ficam atrás das interseções de vias. As correlações entre índice *gravity* e salões de beleza calculadas para pontos de ônibus levando em conta ou não os domicílios são virtualmente iguais (0,897 e 0,895, respectivamente). Já o índice *gravity* das interseções das vias, que levam em conta os domicílios do entorno, apresentam correlação com 0,955 com os salões de beleza, indicando maior acessibilidade do que os PO.

O resultado apresentado pode indicar que salões de beleza têm vantagens locacionais mais atrativas quando próximas das esquinas do que dos pontos de ônibus. Também é possível inferir que a alta concentração dessas firmas na área central faz emergir o índice *gravity* para esquinas, uma vez que essas firmas, em Petrópolis, se instalam nas galerias e prédios comerciais. É muito comum que as portas de entrada das edificações e, portanto, seu endereço, estejam localizadas nas esquinas das ruas das áreas centrais, favorecendo o acesso de clientes.

Na tabela 6 é possível observar os coeficientes de associação espacial relativos aos salões de beleza. Para com essa categoria de interesse, há nove tipos de atividades que buscam associarem-se espacialmente com os salões, onde destacam-se os estatisticamente significativos: salões de beleza (**2,17**); serviços advocatícios (**2,02**); serviços de saúde humana (**1,70**); varejo de calçados (**1,50**); varejo de eletrônicos (**1,34**); e imobiliárias (**1,31**). Todas as atividades têm associação espacial simétrica com salões de beleza.

Observa-se, novamente, que a maior associação espacial se dá entre atividades do mesmo tipo. Como mencionado anteriormente, em Petrópolis, a maior parte dos salões de beleza se concentra na área central e não nas áreas residenciais periféricas. Nesse contexto, tais

firmas buscam, prioritariamente, salas em edifícios comerciais. É possível deduzir que essas escolhas locacionais favorecem a proximidade entre a mesma atividade, bem como a outras que também ocupam esses mesmos edifícios, como serviços advocatícios, serviços de saúde humana e imobiliárias.

Ainda na tabela 6, dentre os onze tipos de atividades que buscam isolamento espacial para com os salões de beleza, sete atividades destacam-se por serem estatisticamente significativos: serviços de alimentação (**0,83**); varejo de roupas e acessórios (**0,75**); serviços de alojamento (**0,45**); oficinas mecânicas (**0,41**); mercearias (**0,38**); açougues (**0,38**); e varejo de automóveis (**0,35**). Com exceção dos serviços de alimentação, que, enquanto categoria de interesse apresenta coeficiente que indica distribuição aleatória (1,01), todos as atividades mencionadas apresentam isolamento espacial simétrico com salões de beleza.

É possível perceber que a maioria das atividades que se isolam espacialmente dos salões de beleza é do varejo. Uma vez que a atividade de interesse se predominantemente na área central, possuindo apenas poucas unidades fora deste recorte, não surpreende que oficinas mecânicas e varejo de automóveis estejam entre as atividades que mais se isolam dos salões. Essas atividades não dividem as mesmas áreas, quiçá, o mesmo público. Para além dessas, percebe-se que mercearias e açougues, também tendem ao isolamento espacial, uma vez que comercializam produtos de consumo diário e, portanto, buscam maior proximidade com o mercado consumidor, mais distante da área central. Serviços de alojamento, como já mencionado, buscam locais na área central mais relacionados à história da cidade, fora do eixo das ruas do Imperador e Teresa.

4.2.19 Varejo de calçados

Como mencionado anteriormente, os três últimos tipos de atividades da tabela 2 apresentam os menores coeficientes de correlação e isso está diretamente relacionado ao fato de suas firmas estarem altamente concentradas. Em Petrópolis, conta-se 117 firmas do varejo de calçados, o equivalente a 2,2% das firmas analisadas. Desse total de firmas, 88 estão instaladas na área central, dentro do raio de 1000 metros das esquinas das ruas do Imperador e

Marechal Deodoro. Esse quantitativo equivale a 75,2% do varejo de calçado da cidade. A distribuição das firmas do varejo de calçados é apresentada no mapa da figura 52.

A concentração relatada anteriormente também encontra lastro na literatura (Berry, 1988; Corrêa, 1989; Sevtsuk, 2020). Dessa maneira, a concentração do varejo de calçados na área central também era esperada, uma vez que tais bens não são de consumo recorrente, não havendo, portanto, necessidade de grande dispersão dessas firmas para locais próximos dos consumidores. Como Itaipava, terceiro distrito, tem certa importância na cidade, ligada ao turismo e lazer, há 10 firmas do varejo de calçados na Estrada União e Indústria, todas concentradas em um raio de 150 metros. Para além da escolha locacional já esperada, estar concentrado nas ruas do Imperador e 16 de Março pode ser estratégico, uma vez que o polo varejista de roupas e acessórios da rua Teresa encontra-se nos arredores imediatos.

O primeiro grupo da tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação entre o varejo de calçados e os índices de acessibilidade. *Closeness* apresenta a maior correlação com essas firmas (0,461), seguido de *straightness* (0,448) e *betweenness* (0,377). Como já mencionado, tipos de atividades altamente concentradas em um determinado recorte espacial, tendem a ter maior correlação com o índice que se destaca nessa mesma área. Sendo assim, para o primeiro grupo, o índice de acessibilidade de maior correlação não poderia ser diferente. As firmas de varejo de calçados tendem a preferir locais mais centrais na rede de rotas de ônibus. Uma vez que os bens não são adquiridos com frequência, é importante instalarem-se em destinos mais próximos de todos os outros PO.

O segundo grupo, interseções com pesos, também tem *closeness* com maior correlação com varejo de calçados (0,704), seguido de *betweenness* (0,675) e *straightness* (0,653). Esse resultado também segue a mesma lógica relacionada à concentração das firmas na área central. Nesse caso, deve ser considerada, ainda, a quantidade de firmas

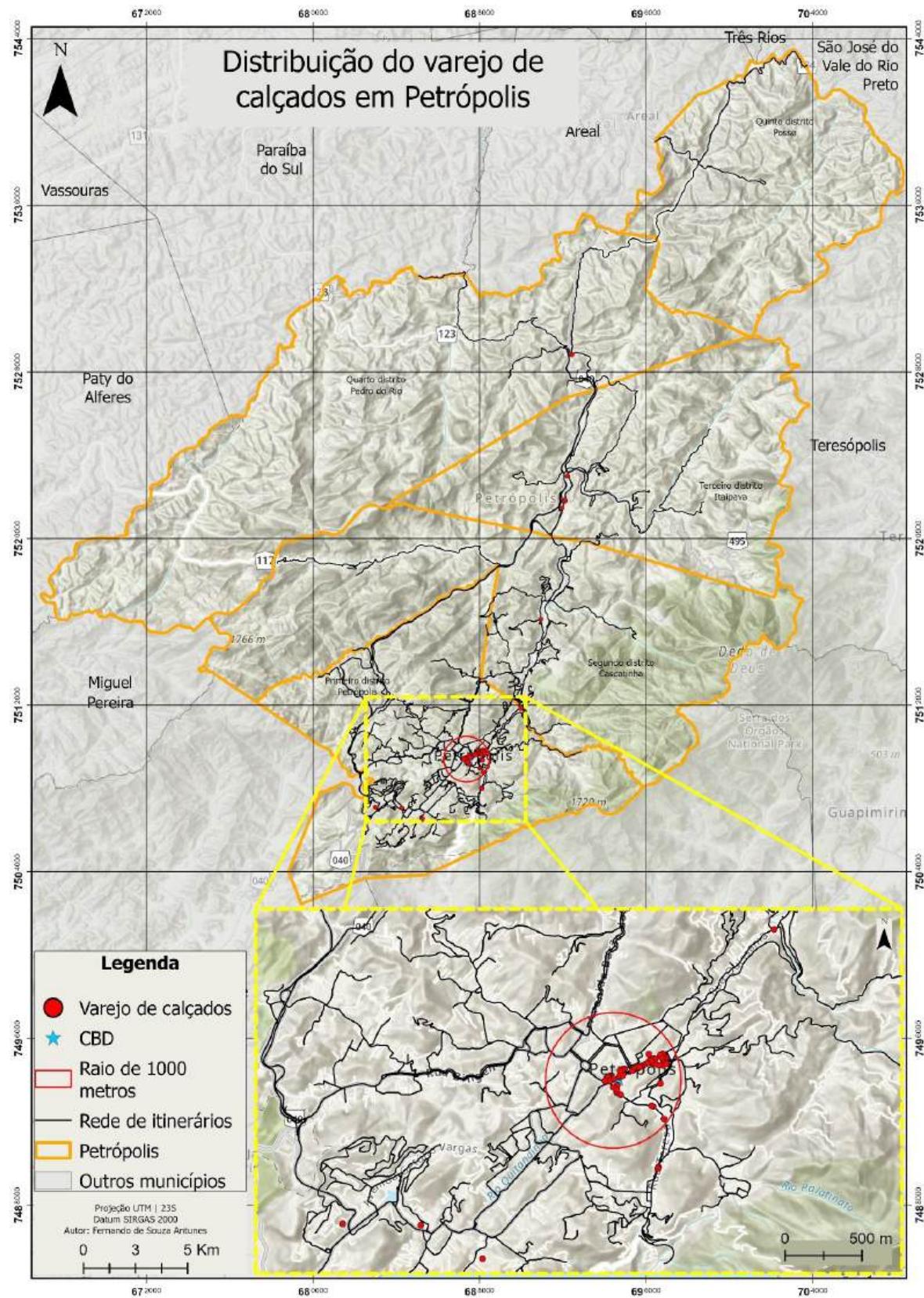


Figura 51 - Distribuição do varejo de calçados em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

como peso no cálculo do índice de acessibilidade, que também favorece *closeness*. A variação entre os dois índices seguintes não é expressiva, tendo *betweenness* a vantagem. Tal índice destaca sua correlação puxado pela rua do Imperador e Estrada União e Indústria.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, apresenta *closeness* novamente com maior correlação com o varejo de calçados (0,598), seguido de *betweenness* (0,455) e *straightness* (0,427). A quantidade de firmas em até 600 metros de caminhada eleva consideravelmente o coeficiente de correlação de *closeness*, em relação ao grupo de pontos de ônibus sem pesos. Esse resultado mostra que o número de firmas instaladas em até 10 minutos de caminhada dos pontos de ônibus mais centrais ajuda a entender a distribuição das lojas e calçados. Esse mesmo raciocínio também ajuda a entender o incremento do coeficiente de correlação de *betweenness*, em relação ao primeiro grupo. Mais uma vez, *straightness* tem redução no seu coeficiente de correlação, também em relação ao primeiro grupo.

A partir dos coeficientes de correlação entre índice *gravity* e os nós da rede (interseções e PO), apresentados na tabela 3, pode-se entender seus níveis de acessibilidade. É possível perceber que, nos dois cenários apresentados (levando ou não em conta os domicílios do entorno), as firmas do varejo de calçados são as mais susceptíveis à atração por esquinas ou PO. Isto é, possuem os maiores coeficientes de correlação. Conforme mencionado anteriormente, 75,2% das firmas estão concentradas na área central e essa grande concentração pode favorecer a acessibilidade desses nós.

Em relação aos valores, quando se consideram os domicílios no entorno do varejo de calçados, os pontos de ônibus têm pequena vantagem em relação às esquinas (0,985 e 0,973, respectivamente). Quando não considerados os domicílios, pontos de ônibus têm leve queda, igualando em 0,973. Levando em consideração que a acessibilidade de esquinas e pontos de ônibus pode ser determinada pelo peso das firmas (domicílios do entorno) e o decaimento de suas distâncias até os primeiros, entende-se que o varejo de calçados pode ter maior vantagem locacional, caso esteja mais próximo de PO.

A tabela 5 contém os coeficientes de associação espacial das diferentes atividades analisadas para com o varejo de calçados. Entre os vinte tipos de atividades analisados, oito apresentam associação espacial com a categoria de interesse, ainda que serviços advocatícios tenha virtual distribuição aleatória frente ao varejo de calçados (1,02). Destacam-se as

atividades estatisticamente significativas: varejo de calçados (**5,01**); varejo de eletrônicos (**2,11**); farmácias (**1,75**); e varejo de roupas e acessórios (**1,18**). Todos as atividades mencionadas apresentam associação espacial simétrica com o varejo de calçados.

Assim como acontece com muitas outras atividades, as firmas do varejo de calçados apresentam forte tendência de associação espacial entre si. Esse resultado mostra que pode haver vantagem locacional considerável em manterem-se próximas umas das outras. A proximidade entre as firmas de varejo pode trazer facilidades ao consumidor em busca do melhor preço e/ou modelos que melhor se adequam ao gosto pessoal. Também é possível verificar que o varejo de eletrônicos tem probabilidade duas vezes maior de ser encontrado entre as dez firmas mais próximas do varejo de calçado do que uma distribuição aleatória. Ao que parece também pode haver vantagens locacionais em localizar uma loja de varejo de eletrônicos próxima de uma loja de calçados. Essa associação espacial também pode estar ligada ao fato de que parte do varejo de eletrônicos e computadores ocupam galerias comerciais, bem como o varejo de calçados.

Farmácias também mostram uma tendência de aproximação da categoria de interesse. Essa tendência pode estar relacionada à busca por instalarem-se em locais com maior presença do varejo, que gera maior atração de transeuntes. Varejo de roupas e acessórios apresenta leve tendência de associação espacial com o varejo de calçados, sendo um resultado relevante, uma vez que há isolamento espacial dos primeiros em relação a nenhum dos outros tipos de atividade. No entanto, essa tendência, como já mencionado, é leve e se dá a partir das lojas fora do eixo da rua Teresa, mais precisamente nas ruas do Imperador e Dezesseis de Março.

Ainda na tabela 5, é possível identificar doze atividades que apresentam isolamento espacial frente ao varejo de calçados, onde destacam-se as estatisticamente significativas: serviços de alimentação (**0,47**); padarias (**0,47**); educação (**0,44**); serviços de alojamento (**0,36**); mercearias (**0,32**); varejo de automóveis (**0,13**); açougue (**0,12**); e oficinas mecânicas (**0,10**). Entre todas as atividades analisadas quanto categoria de interesse, o varejo de calçados destaca-se pela quantidade de outras atividades que buscam isolamento espacial das primeiras. Todas as atividades mencionadas apresentam isolamento espacial simétrico com o varejo de calçados.

A partir dos coeficientes de isolamento espacial mencionados no parágrafo anterior, percebe-se a tendência do varejo de produtos de consumo frequente, como padarias, mercearias, açougues e até de supermercados (0,56) em se manterem distantes da categoria de interesse. Esse resultado pode estar relacionado com as diferentes áreas ocupadas por esses dois grupos de atividades, uma vez que o varejo de calçados está concentrado na área central. Esse entendimento também pode ser estendido ao varejo de automóveis e oficinas mecânicas que buscam instalações mais distantes da área central. Serviços de alojamento e instituições educacionais, ainda que presentes em grande número na área central, buscam ruas com edificações mais tradicionais e, portanto, mais distantes das ruas onde o varejo e serviços são mais densos.

4.2.20 Varejo de roupas e acessórios

Já anteriormente mencionado neste texto, Petrópolis foi um polo da indústria têxtil no estado do Rio de Janeiro. Esse passado levou ao desenvolvimento de uma aglomeração de firmas de varejo de roupas e acessórios na rua Teresa. Existem em toda a cidade 1497 unidades dessa atividade, correspondendo a 27,5% do total de firmas. Desses 1497 firmas, 906 estão no polo de varejo têxtil da rua Teresa, isto é, 60,5% do varejo de roupas e acessórios. Para além dos limites da rua Teresa, mas também na área central, conta-se mais 282 unidades de varejo de roupas e acessórios nas ruas do Imperador, 16 de Março e Paulo Barbosa, as principais dessa área, como mostra a figura 52. No limite, a área central e seus arredores imediatos contam com 1188 unidades, ou 79,3% das firmas de varejo de roupas e acessórios.

O nível de concentração dessas firmas pode ajudar a explicar os menores coeficientes de correlação observados na tabela 2. Nessa mesma tabela, no primeiro grupo, pontos de ônibus sem pesos, o índice de maior correlação com varejo de roupas e acessórios é *closeness* (0,454), seguido de *straightness* (0,448) e *betweenness* (0,346). É possível perceber que há virtual igualdade entre os coeficientes de correlação do primeiro

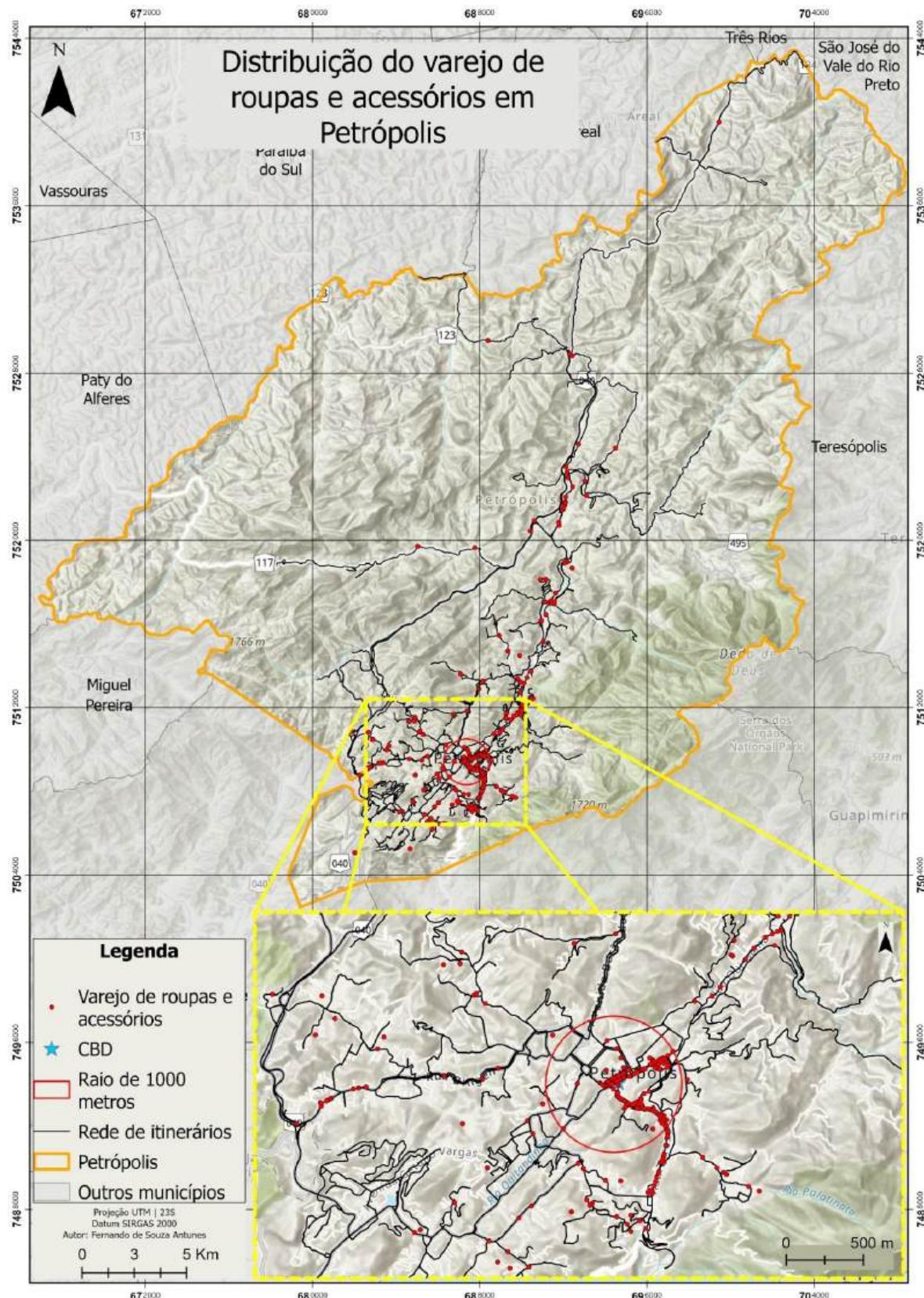


Figura 52 - Distribuição do varejo de roupas e acessórios em Petrópolis, com raio de 1000 metros em relação ao CBD (área com maior quantidade de firmas do setor terciário).

e segundo índices. Entende-se que a alta concentração dessas firmas reduz a diferença entre os índices.

Em relação ao segundo grupo, interseções com pesos, *closeness* apresenta a maior correlação com o varejo de roupas e acessórios (0,680), seguido de *straightness* (0,636) e *betweenness* (0,626). Esse resultado mostra, em consonância com a distribuição espacial das firmas em questão, que elas tendem a preferir locais mais próximos de todos os outros na rede. Contudo, há de se considerar que, no caso do varejo de roupas, pode haver sobreposição eventual do polo têxtil da rua Teresa com a área de maior densidade do índice *closeness* e, até mesmo, *straightness*. A disposição de lojas na cidade pode responder mais à atração do polo do que a melhor acessibilidade da rede de ruas.

O terceiro grupo, pontos de ônibus com pesos, mostra *closeness* com maior correlação (0,578), seguido de *straightness* (0,427) e *betweenness* (0,406). Esse resultado segue o padrão dos tipos atividades já analisados até aqui, que favorece o índice que melhor se adapta à área de maior densidade de firmas, que é a área central. Há, contudo, necessidade de, novamente, chamar atenção ao fato de que, para esse tipo de atividade, especificamente, a atração do polo da rua Teresa exerce maior influência para a localização das unidades do que os índices de acessibilidade na rede.

Conforme mostra a tabela 3, a acessibilidade de interseções e pontos de ônibus tem coeficiente de correlação muito forte com o varejo de roupas e acessórios. Esse resultado mostra que esse varejo tende a encontrar vantagens locacionais quando próximas desses nós, sobretudo quando próximo aos PO. Quando não são considerados os domicílios no entorno, a correlação entre esse varejo e o índice *gravity* de pontos de ônibus é 0,917. Essa correlação é a mesma encontrada entre o índice *gravity* de pontos de ônibus quando calculado levando em consideração as áreas residenciais.

O resultado indica que a acessibilidade dos pontos de ônibus permanece a mesma nos dois cenários, levando ao entendimento de que o varejo de roupas e acessórios vê vantagem locacional muito forte ao se instalar próximo aos PO, independentemente da possibilidade de clientes no entorno. Essa vantagem locacional referente aos pontos de ônibus é maior do que a encontrada nas proximidades de esquinas, que tem correlação menor, levando em consideração os domicílios do entorno: 0,892.

Ao analisar o contexto da presença de domicílios no entorno do varejo de roupa é possível inferir que há tendência de que tais firmas esperam ser mais acessadas por clientes em trânsito pelo sistema de transporte público do que pelos clientes que moram no entorno. A alta concentração das firmas no polo varejista da rua Teresa também favorece esse entendimento.

A tabela 6 apresenta os coeficientes de associação e isolamento espaciais para varejo de roupas e acessórios enquanto categoria de interesse. Observa-se que este tipo de atividade é altamente concentrado, sobretudo no eixo da rua Teresa, mas também nas ruas do Imperador e Dezesseis de Março. Dos vinte tipos de atividade considerados neste estudo, apenas dois apresentam associação espacial com a categoria de interesse: varejo de roupas e acessórios (2,56) e varejo de calçados (1,09). Todos os outros tipos de atividades evitam instalarem-se próximos do varejo de roupas e acessórios.

Os coeficientes de isolamento espacial indicam que as firmas da categoria de interesse buscam aglomerarem-se ao máximo, mesmo quando fora do polo varejista da rua Teresa. Esse movimento se dá na tentativa de atrair consumidores de dentro e fora da cidade na busca por variedades e preços. De toda forma, tamanha aglomeração de firmas do mesmo tipo de atividade pode repelir ou expulsar firmas de outros tipos de atividades, resultando nos coeficientes do varejo de roupas e acessórios.

4.3 Síntese dos resultados

A tabela 7 contém uma síntese dos resultados das duas análises empreendidas nesta pesquisa e está ordenada em colunas, duas das quais foram organizadas a partir das maiores para as menores médias dos coeficientes de associação espacial. Para além dessas colunas, em outras duas na extremidade direita da tabela, também são exibidas a média dos coeficientes de isolamento espacial de cada tipo de atividade e o índice de acessibilidade que se destaca para cada atividade (e seu valor) correspondente aos dois tipos de nós investigados nesta pesquisa. Na referida tabela 7, há variação de cores, do verde ao vermelho, inseridas para auxiliar o leitor a identificar a variação de valores dentro de cada coluna. O verde mais escuro representa o valor numérico mais baixo, variando até o vermelho escuro que representa o valor numérico mais alto.

Tabela 7 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial e *Multiple Centrality Assessment*.

Tipos de atividade	Médias de associação espacial	Médias de isolamento espacial	Interseções com pesos	Pontos de ônibus com pesos
Açougue	2,50	0,56	Str (0,676)	Str (0,649)
Varejo de tecidos	2,37	0,67	Clo (0,687)	Clo (0,639)
Serviços advocatícios	2,16	0,51	Clo (0,768)	Clo (0,630)
Varejo de automóveis	2,08	0,55	Clo (0,808)	Clo (0,723)
Mercearias	2,02	0,64	Str (0,822)	Str (0,844)
Serviços de saúde humana	2,00	0,65	Clo (0,815)	Clo (0,686)
Varejo de móveis/iluminação	1,96	0,74	Str (0,697)	Str (0,650)
Varejo de calçados	1,85	0,47	Clo (0,704)	Clo (0,598)
Supermercados	1,85	0,60	Clo (0,879)	Clo (0,852)
Varejo de roupas e acessórios	1,83	0,42	Clo (0,680)	Clo (0,578)
Serviços de alojamento	1,79	0,65	Clo (0,748)	Clo (0,631)
Oficinas Mecânicas	1,75	0,57	Str (0,826)	Str (0,851)
Padarias	1,70	0,72	Str (0,735)	Str (0,705)
Bancos	1,66	0,75	Clo (0,703)	Clo (0,603)
Varejo de eletrônicos	1,59	0,79	Clo (0,785)	Clo (0,691)
Educação	1,56	0,67	Bet (0,801)	Clo (0,736)
Salões de beleza	1,54	0,60	Clo (0,727)	Clo (0,574)
Farmácias	1,38	0,82	Clo (0,770)	Clo (0,672)
Imobiliárias	1,38	0,78	Clo (0,796)	Clo (0,673)
Serviços de alimentação	1,30	0,79	Clo (0,849)	Clo (0,750)

A princípio, não é possível identificar um padrão único e bem definido que comporte as duas análises (associação/isolamento espacial e *Multiple Centrality Assessment*), contudo, analisando os índices de acessibilidade isoladamente, evidenciam-se algumas tendências. A fim de demonstrá-los com mais precisão, as tabelas 8 e 9 foram elaboradas.

Na tabela 8, em que figuram somente as atividades em que o índice *closeness* prevalece para os dois tipos de nós na rede, depreende-se dois grupos. O primeiro grupo, composto por varejo de eletrônicos, imobiliárias, farmácias e serviços de alimentação, apresentam as mais altas médias de isolamento espacial e valores mais altos de correlação entre a localização das firmas e o índice *closeness*. Essas atividades são as que buscam locais mais próximos de todos

os outros pontos da rede e apresentam maior média do coeficiente de isolamento espacial, ou seja, menor tendência dessas atividades em se isolarem de todas as outras.

Os tipos de atividades desse primeiro grupo que buscam uma localização mais central na rede de ruas estão justamente nessa área onde *closeness* predomina. Isso não quer dizer exatamente que elas tendem a apresentar forte associação espacial com outras firmas: esses tipos de atividades são também os que apresentam menor média do coeficiente de associação espacial, resultando em menor tendência a esse relacionamento. Esse primeiro grupo busca ruas centrais na rede, mas sem examinar associação ou isolamento espacial com nenhum tipo de atividade. Ao que parece, a localização na rede de ruas pode ser mais importante do que na vizinhança de firmas.

Tabela 8 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial das atividades com maior correlação com o índice *closeness*.

Tipos de atividade	Médias de associação espacial	Médias de isolamento espacial	Interseções com pesos	Pontos de ônibus com pesos
Varejo de tecidos	2,37	0,67	Clo (0,687)	Clo (0,639)
Serviços advocatícios	2,16	0,51	Clo (0,768)	Clo (0,630)
Varejo de automóveis	2,08	0,55	Clo (0,808)	Clo (0,723)
Serviços de saúde humana	2,00	0,65	Clo (0,815)	Clo (0,686)
Varejo de calçados	1,85	0,47	Clo (0,704)	Clo (0,598)
Supermercados	1,85	0,60	Clo (0,879)	Clo (0,852)
Varejo de roupas e acessórios	1,83	0,42	Clo (0,680)	Clo (0,578)
Serviços de alojamento	1,79	0,65	Clo (0,748)	Clo (0,631)
Bancos	1,66	0,75	Clo (0,703)	Clo (0,603)
Varejo de eletrônicos	1,59	0,79	Clo (0,785)	Clo (0,691)
Salões de beleza	1,54	0,60	Clo (0,727)	Clo (0,574)
Farmácias	1,38	0,82	Clo (0,770)	Clo (0,672)
Imobiliárias	1,38	0,78	Clo (0,796)	Clo (0,673)
Serviços de alimentação	1,30	0,79	Clo (0,849)	Clo (0,750)

O segundo grupo, composto por serviços advocatícios, varejo de automóveis, serviços de saúde humana e supermercados, também apresentam valores altos de correlação entre a

localização das firmas e o índice *closeness* para os dois tipos de nós da rede de ruas. Além dessa característica, tais atividades têm em comum maiores médias do coeficiente de associação espacial e menores médias do coeficiente de isolamento espacial. Esse resultado mostra que as firmas desse grupo têm relacionamentos espaciais de associação e isolamento mais fortes e também forte correlação com as áreas mais centrais da rede formada pelos itinerários dos ônibus.

Pode-se dizer que as atividades, tanto aquelas que buscam associarem-se e/ou isolarem-se a outras quanto as que tendem (mas não possuem) a uma distribuição aleatória, buscam ruas onde a acessibilidade mais vantajosa se relaciona com a proximidade de todos os outros nós da rede. As médias de associação/isolamento espacial desse grupo mostram que essas atividades buscam fortemente associarem-se espacialmente com a mesma ou com outras atividades do mesmo grupo, o que resulta na forte tendência ao isolamento das atividades do primeiro grupo.

Quando a observação se volta para as atividades que têm o índice *straightness* como principal, tal como pode ser visto na tabela 9, percebe-se um padrão com uma definição mais clara: quanto maior a média do coeficiente de associação espacial, menor a correlação entre o tipo de atividades e o índice de acessibilidade, ainda que as mercearias sejam a exceção. Esse resultado mostra que parte das atividades que têm como objetivo a comercialização de produtos de consumo cotidiano tendem a buscar ruas que servem como rotas mais simples entre os nós da rede.

Tabela 9 - Síntese das análises de associação/isolamento espacial das atividades com maior correlação com o índice *straightness*.

Tipos de atividades	Médias de associação espacial	Médias de isolamento espacial	Interseções com pesos	Pontos de ônibus com pesos
Oficinas mecânicas	1,75	0,57	Str (0,826)	Str (0,851)
Mercearias	2,02	0,64	Str (0,822)	Str (0,844)
Padarias	1,70	0,72	Str (0,735)	Str (0,705)
Varejo de móveis/iluminação	1,96	0,74	Str (0,697)	Str (0,650)
Açougue	2,50	0,56	Str (0,676)	Str (0,649)

No caso de Petrópolis, ruas com esse padrão são as mais movimentadas de cada um dos quarteirões (como já mencionado, Petrópolis não tem ainda uma divisão por bairros), que, geralmente, seguem margeando os rios. São, de fato, ruas onde as firmas se instalaram para assegurar acesso facilitado por parte dos consumidores, mas ainda assim se instalaram em ruas onde há maior espaço para edificação, fluxos de pessoas e transporte público. Açougueiros e padarias são claros exemplos desse tipo de firma, que necessitam estarem próximas das áreas residenciais, mas em ruas de maior movimento. Para varejo de móveis e de iluminação, ainda que os produtos que comercializam não sejam de consumo cotidiano, firmas desses tipos de atividade também aparecem nessa configuração espacial devido à história de ocupação da cidade, como já mencionado. No quarteirão Bingen, sobretudo, se estabeleceu, ainda no século XIX, manufaturas e, posteriormente, indústrias moveleiras.

A tentativa, engendrada nesta seção, de alinhar os resultados das análises espaciais quantitativas não encerra quaisquer análises e discussões complementares. Wang *et al.* (2014) reforçam a *Multiple Centrality Assessment* como um arcabouço teórico-metodológico com intuito muito mais argumentativo do que assertivo da localização de entidades urbanas na rede de ruas. Em outras palavras, tal metodologia não se pretende enquanto uma matriz de vantagem locacional urbana ou um preditor locacional de sucesso empresarial.

Os resultados obtidos a partir do cálculo do coeficiente de associação/isolamento espacial também não tem como objetivo encerrar análises e discussões complementares. Elas podem e devem servir como um indicativo de tipos de atividades econômicas que tendem a associarem-se e/ou isolarem-se espacialmente entre si, abrindo novas possibilidades de aprofundamento no estudo desse processo. Questionários e entrevistas com clientes e os responsáveis pelas firmas podem ajudar a desvendar as vantagens/desvantagens locacionais encontradas por tipos de atividades e que levem a uma associação/isolamento espacial ainda não encontrada na literatura. Esta pesquisa traz, no entanto, primeiros resultados nesse sentido, a partir de métodos quantitativos de análise, esperando que possam alavancar novas pesquisas que deem continuidade nas análises locacionais de varejo e de serviços.

5. Considerações finais

Nesta pesquisa, investigou-se a distribuição espacial do comércio varejista e de serviços em Petrópolis, por meio de uma análise de redes espaciais. A questão central abordou como a rede de ruas e suas características influenciam a localização e a concentração dessas atividades. A pesquisa desenvolveu-se no cenário da cidade de Petrópolis, com sua configuração urbana peculiar e relevância histórica na Região Serrana do Rio de Janeiro. A fim de privilegiar os meios de deslocamento mais comuns em Petrópolis, foram empregadas nas análises apenas as ruas que compõem os itinerários das linhas de ônibus municipais. Essa escolha mostrou-se pertinente a partir do momento que nenhuma das firmas selecionadas deixou de ser alcançada pela rede de ruas utilizadas, evitando, portanto, desperdícios de processamento computacional e suavização desnecessária nos resultados.

A cidade de Petrópolis está inserida em uma geomorfologia que dificulta seu espraiamento e, àquela época, seu planejamento inicial já considerava essas características do relevo. Com o passar dos anos esse planejamento foi substituído por um processo de produção urbana que levou a uma crescente ocupação das encostas e morros. Essas ocupações, via de regra, estão nas periferias da cidade.

Questionamentos iniciais foram formulados e são aqui retomados: é possível identificar alguma relação entre as escolhas locacionais de comércio varejista e de serviços e o grau de acessibilidade referente à rede de ruas? A configuração da rede de ruas revela maiores vantagens locacionais para determinados tipos de comércio e de serviços ou essas atividades buscam aglomeração ou isolamento baseados nos tipos de atividades vizinhos? A geomorfologia de Petrópolis influencia na relação entre a rede de ruas e os índices de acessibilidade? A partir desses questionamentos, os objetivos desta pesquisa foram estabelecidos e foram perseguidos

No que diz respeito ao primeiro questionamento, pode-se dizer que há, sim, uma relação entre as escolhas locacionais dos tipos de atividades econômicas e o tipo de acessibilidade que uma determinada rua ou seção desta exerce para toda a rede. Esse tipo de acessibilidade ora está relacionado à associação/isolamento espacial entre as diferentes atividades, ora independente. Isso quer dizer que algumas atividades se mostram mais inclinadas à busca pela

melhor localização da rua na rede (de acordo com o tipo de acessibilidade esperado) do que buscar estarem mais próximas ou distantes de outras atividades econômicas.

Essas preferências também podem se dar dentro da própria rua, se próximas aos pontos de ônibus ou das esquinas. Os primeiros são origem e destino de passageiros no sistema de transporte da cidade, ou seja, pode haver grande fluxo de pessoas chegando ou saindo dessas seções das ruas, favorecendo certas atividades. Já as esquinas são localizações mais tradicionais no que diz respeito às vantagens locacionais. Lojas em esquinas têm maior acessibilidade, porque estão no cruzamento de duas ou mais ruas, aumentando, portanto, a chance de acesso de clientes. A partir dos resultados, é possível concluir que a maior parte dos tipos de atividades têm coeficientes de correlação maiores para os índices de acessibilidade calculados para esquinas, quando comparados com pontos de ônibus com pesos. Entende-se que, dentre os dois fixos, há preferência para esquinas, ainda que os coeficientes não tenham uma variação expressiva.

O segundo questionamento – a configuração da rede de ruas revela maiores vantagens locacionais para determinados tipos de comércio e de serviços ou essas atividades buscam aglomeração ou isolamento baseados nos tipos de atividades vizinhos? – traz à tona a investigação sobre se há padrões bem definidos que mostrem uma relação estreita entre os índices de acessibilidade e os coeficientes de associação/isolamento espacial. Apesar de emergirem resultados que indiquem potencial para esse relacionamento, ele não é explícito em muitos casos ou pode, inclusive, ser inexistente para alguns tipos de atividades.

Alguns padrões que acabam emergindo dizem respeito a atividades típicas de áreas centrais. Dessa maneira, há aquelas que apresentam maiores coeficientes de correlação com esquinas ou com pontos de ônibus mais centrais e que têm maiores médias de coeficientes de isolamento espacial. Há também atividades que não são típicas de áreas centrais e que mostram tendência em instalarem-se em ruas com menos desvios entre origens e destinos. Estas também possuem maiores médias de associação espacial. Esse último padrão mostra-se um pouco mais delineado. Um rápido cálculo de coeficiente de correlação entre essas médias resulta em 0,54, ou seja, uma correlação moderada.

A alta concentração de firmas na área central ou em suas proximidades faz com que haja baixa diversidade de resultados no que diz respeito aos índices de acessibilidade. Nesse

contexto, dos três índices de acessibilidade, aquele que têm maior correlação com as atividades é *closeness* e alguns poucos *straightness*. Isso também pode interferir na investigação da relação em questão.

O último questionamento – a geomorfologia de Petrópolis influencia na relação entre a rede de ruas e os índices de acessibilidade? – diz respeito à condição geomorfológica de Petrópolis na urbanização. Ao fim desta pesquisa, é plausível afirmar que as formas de relevo da cidade influenciam sobremaneira não só a relação das ruas com os índices considerados, mas com todo o cotidiano da cidade. Assim, como foi apontado no início deste texto, a geomorfologia e a disposição dos rios na cidade foram preponderantes desde o seu planejamento em que constava a criação das vias condicionadas a seguirem os cursos dos rios Quitandinha, Palatino e Piabanga, uma das principais características da configuração urbana dessa cidade.

A geomorfologia de Petrópolis faz com que todo o traçado de ruas da cidade forme uma rede totalmente diferente dos moldes tradicionais. Os principais estudos que utilizaram *MCA* realizaram análises em redes de ruas que formavam interseções ortogonais. Como em Petrópolis as ruas seguem o curso dos rios, no fundo dos vales, esse padrão de interseções ortogonais é incomum. Uma análise de correlação entre os índices de acessibilidade e um modelo digital de elevação retorna um coeficiente de -0,339 para *straightness* e -0,130 para *betweenness*. *Closeness* não apresentou coeficiente estatisticamente significativo. Esses valores mostram que o índice *straightness* é o que mais sofre interferência da topografia da cidade, isso porque as ruas que apresentam os maiores valores para esse índice são as que seguem os cursos fluviais. São também as principais vias dos quarteirões onde há maior movimento.

O conjunto de entendimentos adquiridos a partir dos resultados apresentados nesta pesquisa tem potencial no auxílio de políticas públicas, a exemplo de incentivos à criação de subcentros por parte da Prefeitura de Petrópolis. Consta no Plano Diretor da cidade de Petrópolis a descentralização de atividades econômicas do Centro Histórico e o fomento a subcentros de bairros e distritais por parte da Prefeitura: “*Art. 28. Quanto à articulação da política de transportes com as questões de uso do solo, deverão ser observados os seguintes aspectos: I - Criação ou fortalecimento de subcentros nos bairros e distritos; [...]*” (Petrópolis, 2014, p. 10).

Pode ser eficiente para o poder público, quando do incentivo à descentralização do Centro Histórico, saber quais as preferências locacionais na rede de ruas de cada tipo de atividade. Aliado a isso, visando o desenvolvimento dos subcentros, também pode ser eficiente para a Prefeitura saber quais atividades econômicas buscam associação ou isolamento espaciais entre si. Isso pode auxiliar na organização do uso do solo nesses novos subcentros, aumentando as chances de sucesso das firmas que escolhem esses novos locais, em detrimento do Centro Histórico.

Para além da alocação de firmas de acordo com suas vantagens locacionais relacionadas ao desenho urbano ou a associação/isolamento espacial, os resultados aqui apresentados podem auxiliar no planejamento do transporte público da cidade. O incentivo à subcentros deve estar relacionado a localizações com boa acessibilidade por transportes públicos e, nesse sentido, os índices de acessibilidade também trazem boa visão geral sobre a rede de ruas da cidade. E, nesse contexto, soma-se a iniciativa da Prefeitura de Petrópolis em criar quatro terminais rodoviários (COPPETEC, 2024): na rua General Rondon (Quitandinha); na rua Teresa (Alto da Serra); na rua Bingen (Bingen); e na Av. Barão do Rio Branco (Retiro). Ao todo, esses novos terminais levariam passageiros a até 814 firmas, em até 15 minutos de caminhada, o que corresponde a 14,3% do total de firmas analisadas nesta pesquisa. A depender das motivações específicas de cada um dos novos terminais, pode ser relevante saber qual o nível de acessibilidade das ruas que os receberão, de acordo com os diferentes índices.

Ainda que esta pesquisa tenha respondido aos questionamentos iniciais e atingido os objetivos propostos, algumas limitações foram encontradas ao longo do trabalho. Essas limitações não impediram procedimentos rigorosos para obtenção dos resultados, contudo, sendo possível saná-las, eles terão representação mais próximos da realidade.

A limitação relacionada justamente à condição geomorfológica de Petrópolis causou alguma imprecisão. A ferramenta *Urban Network Analyst*, utilizada para efetuar os cálculos dos índices de acessibilidade (*closeness*, *straightness* e *betweenness*), não considera a variação topográfica nas medições de distâncias entre os nós da rede. Dessa maneira, como defende Fernandes (2004), as distâncias métricas são calculadas utilizando uma superfície planimétrica,

em detrimento de uma superfície modelada⁶, baseada em um modelo digital de elevação. É bastante provável, portanto, que as distâncias medidas pela ferramenta tenham sido subestimadas para Petrópolis.

Como já mencionado, o arcabouço teórico-metodológico de *MCA* e as ferramentas que o utiliza foram desenvolvidos para pesquisas em cidades com relevos aplinados (Barcelona (Espanha), Massachussets (EUA), Bolonha (Itália), Changchun (China), Baton Rouge (EUA) etc.). Em Petrópolis, pode haver considerável diferença entre as distâncias entre os nós da rede quando o caminho entre eles passa por ruas com desnível acentuado. Essa diferença métrica pode levar a diferentes valores dos índices investigados.

Outra limitação relacionada à metodologia *MCA* está relacionada aos dados para simulação de deslocamento entre os nós da rede. A ferramenta não contempla a utilização de dados reais de transporte público, ainda que utilize um *Network Dataset* (ND). A análise desconsidera o sentido viário dos automóveis, velocidade, necessidade de baldeações, horários e tempos de viagem. Todas essas informações podem constar em um ND, mas seria necessário um conjunto de dados no padrão *General Transit Feed Specification* (*GTFS*), que Petrópolis não possui. Esse padrão pode ser entendido como um agregado de dados que integra a localização de pontos de ônibus, rotas, grade horária de cada linha em cada um dos pontos de ônibus (para cada dia da semana e feriados) e tarifas. O padrão *GTFS* permite uma visão completa e integrada da operação de transporte público da cidade, conforme planejada pela prefeitura responsável. Sem os dados *GTFS*, a análise da rede de ruas se dá de forma em que todos os pares de nós da rede podem ser acessados em um trajeto único, sem necessidade de baldeação (característica incomum em Petrópolis), em velocidade constante e em qualquer dia e horário.

⁶ Fernandes (2004) trouxe à baila a necessidade de serem utilizados modelos digitais de elevação nas análises espaciais empreendidas para inúmeros fins no campo da ciência geográfica. O autor fez uma rica e detalhada discussão acerca das diferenças em medições de distâncias e áreas quando calculadas em superfícies planimétricas (mapas, bidimensionais) e no que ele chamou à época de *superfície real*, que mais tarde foi corrigida para *superfície modelada*. Uma superfície modelada pode ser entendida como uma representação cartográfica que apresenta a geoinformação espacializada sobre um modelo digital de elevação, havendo, portanto, a possibilidade de calcular distâncias e áreas considerando o relevo da área de estudo. Nesse contexto, análises espaciais que se utilizam de superfície modelada apresentam resultados mais próximos da realidade.

Algumas das características mencionadas acima podem ser preponderantes na escolha das rotas entre os nós da rede de ruas por parte da população. A velocidade menor do que a normal em uma determinada rota, devido a engarrafamentos, pode fazer com que um usuário de ônibus escolha uma outra linha, que segue por uma rota mais longa, mas mais rápida. A escolha da linha de ônibus e, portanto, da rota a ser feita também pode variar de acordo com o dia e o horário, visto que algumas linhas rodam apenas em alguns horários nos picos da manhã e da noite ou apenas durante dias úteis. Uma vez que o calendário e os horários não são considerados, pode haver incongruências causadas por essas generalizações.

É exatamente sobre essas limitações que as pesquisas futuras devem se debruçar. Ao considerar a geomorfologia da cidade nas medições das distâncias, novos resultados podem ser descortinados. Para além disso, é importante que se encontre uma maneira de que essas novas análises sejam realizadas não só considerando as distâncias em superfície modelada, mas que sejam integradas em um modelo de transporte público. Esse modelo pode ser criado em um ND que leve em consideração não só as distâncias percorridas a pé entre domicílios e firmas, mas também utilizando o transporte público: domicílio (origem) – ponto de ônibus (com ou sem baldeação) – firmas (destino). Esse novo modelo de transporte público deverá considerar, a partir de dados GTFS, os horários que as linhas passam nos pontos de ônibus mais próximos das origens e dos destinos. Essa futura análise poderá resultar em informações novas em relação às evidências encontradas neste estudo e confirmar ou refutar hipóteses em relação aos índices de acessibilidade. Uma vez que, por exemplo, o índice *betweenness* mostra as ruas mais acessadas pelos caminhos mais curtos entre todos os nós da rede, a utilização de um modelo de transporte público completo poderá confirmar se essas ruas concentram os pontos de ônibus mais utilizados para baldeação entre as linhas.

Outra sugestão de pesquisas futuras envolve a análise socioespacial dos domicílios que conseguem alcançar aglomerados de comércio varejista e de serviços em até dez minutos. Como já mencionado anteriormente, entende-se que essas aglomerações são amenidades espaciais que facilitam o cotidiano da população. No decorrer desta pesquisa pôde ser observado que esses aglomerados, em sua maioria, são acessados mais facilmente, a pé, por moradores de renda mais alta. Ainda nessa perspectiva, a partir do modelo de transporte público e de dados de bilhetagem, é possível identificar os nós e as seções da rede de ruas que possuem melhor acessibilidade e, assim, delinear um perfil socioeconômico da população que os acessa no

decorrer do dia. Essa análise pode ajudar a deixar a mobilidade urbana mais equânime e o acesso mais justo aos possíveis subcentros incentivados pela Prefeitura, alterando rotas ou criando linhas para atingir esse objetivo.

Essa seção, ao contrário do que seu título sugere, busca muito mais propor uma continuidade da pesquisa geográfica que envolve (i) os deslocamentos da população (fluxos), (ii) o desenho urbano, (iii) os componentes econômicos que geram os deslocamentos (fixos) e (iv) como esses três fatores podem criar padrões específicos nas cidades. As limitações identificadas nesta pesquisa aparecem como confirmações de uma metodologia bem estruturada por uma rede robusta de pesquisadores mundo afora, que, sob o guarda-chuva da *Urban Analytics*, buscam entender, modelar e propor melhorias na vida urbana. Defende-se que as limitações são confirmações porque não invalidam o caminho escolhido para a obtenção de resultados. Pelo contrário, a rota permanece a mesma, mas com melhoria no desempenho, visando mais acurácia nos resultados. Entende-se, por fim, que esta pesquisa cumpriu o propósito de gerar evidências sobre como se dá a distribuição espacial do comércio varejista e dos serviços em Petrópolis a partir de dois métodos complementares de análise espacial.

Referências bibliográficas

- ALONSO, W. Location and Land Use. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- AMBROZIO, J. C. G. O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis (Uma História Territorial). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2008.
- ANTUNES, F. S. Geotecnologias e cartografia histórica no auxílio à análise da organização espacial da área gênese de Petrópolis - RJ. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.
- ANTUNES, F. S.; FERNANDES, M. C. (2020) Análise geográfica e cartografia histórica: subsídios para entender a organização espacial da área gênese de Petrópolis (RJ). Geousp – Espaço e Tempo (Online), v. 24, n. 1, p. 117-135, abr. 2020.
- ANTUNES, F. S.; WANG, F.; FERNANDES, M. C. (2022). Multiple centrality assessment of location preferences of retail and services in Petrópolis, Brazil. *Papers in Applied Geography*, 9(2), 136–148.
- ASPINALL, R.J. GIS and landscape conservation. In: GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W, (Orgs). Geographical Information Systems. New York: John Wiley & Sons, 2º ed., 1999. pp. 967 - 980.
- BATTY, M. (2005) Network geography: relations, interactions, scaling and spatial processes, in: P. Fisher and D. Unwin (Eds) Re-presenting GIS, pp. 149–170. London: Wiley.
- BATTY, M. (2008) Whither network science?, *Environment and Planning B*, 35(4), pp. 569–571.
- BAVELAS, A. (1948). A mathematical model for group structures. *Human Organization*. 7 16-30.
- BAVELAS, A. (1950). Communication patterns in task oriented groups. *Journal of the Acoustical Society of America* 22: 271-282.
- BAVELAS, A.; BARRET, D. (1951). An experimental approach to organizational communication. *Personne* 127: 366-371.
- BERRY, B. J. L. Geography of market centers and retail distribution. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1967.
- BERRY, B. J. L. Market Centers and Retail Location - Theory and Applications. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988.
- BONHAM-CARTER, G. F. Geographic Information Systems for Geoscientists - Modelling with GIS. Kindlington: Pergamon Press, 2º ed., 1996. BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press, 2nd ed., 333 p., 1998.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 13 novembro 2020.
- CAPEL, H. La morfología de las ciudades. Vol. I: Sociedad, cultura y paisaje urbano. Espanha, Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002

- CHRISTALLER, W. Central places in southern Germany. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1966 [1933].
- CLARK, W. A. Consumer Travel Patterns and the Concept of Range. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 58, p. 386-396, 1968.
- CLIFF, A. D.; ORD, J. K. (1981). Spatial Processes: Models and Application. London: Pion.
- COLBY, C. C. Centrifugal and Centripetal Forces in Urban Geography. In: *Readings in Urban Geography*. KOHN, C.; MAYER, R. (eds.). Chicago: The Chicago University Press, 1958 [1933]. p. 287-298.
- COPPETEC - Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. RELATÓRIO 07-E1 – Proposta de Implantação de Novos Terminais Rodoviários para Transporte Público – DIAGNÓSTICO DO SISTEMA VIÁRIO DA CIDADE DE PETRÓPOLIS (1^a PARTE). Rio de Janeiro: COPPETEC - Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos, 2024.
- CORRÊA, R. L. O Espaço urbano. Rio de Janeiro: Editora Ática, 1989.
- CORRÊA, R. L. Região e Organização Espacial. São Paulo: Editora Ática, 1986.
- CORRÊA, R. L. Estudos sobre a rede urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 336p.
- CRESSIE, N. A. C. (1991). Statistics for Spatial Data. New York: Wiley.
- ERTHAL, R. Organização Espacial das Atividades Terciárias em Niterói. 1980. Dissertação (Mestrado) - PPGG/ UFRJ, Rio de Janeiro.
- FERNANDES, M. C. Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. 263 f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, IGEO/UFRJ, 2004.
- FERNANDES, M. C. Discussões conceituais e metodológicas do uso do geoprocessamento em análises geoecológicas. In: BICALHO, A.M.S.M.; GOMES, P.C.C. (Org). Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica. 1 ed. Rio de Janeiro: Publit, 2009. p.267-286.
- FONSECA, F. P.; OLIVA, J. Cartografia. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2013.
- FRANÇA, I. S.; SOARES, B. R. Expressões de novas centralidades no espaço intra-urbano: a área central e o subcentro Major Prates em Montes Claros/MG. *Revista Cerrados*, v. 5, n. 01, p. 11-28, 31 dez. 2007.
- FREEMAN, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1, 215-239.
- GHOSH, A. et al. Models of the Retail Location Process: A Review. *Journal of Retailing*, v. 60, p. 5-36, 1984.
- GOODCHILD, M.F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems* 6(1): 31-45.
- GRIFFITH, D. G. (2010). The Moran Coefficient for Non-Normal Data. *Journal of Statistical Planning and Inference* 140, 2980–90.
- HANDY, S.; NIEMEIER, A. D. (1997). Measuring Accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29, 1175-1194. Association, 25(2), 73-76.

- HANSEN, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning*
- HOTELLING, H. Stability in Competition. *Economic Journal*, v. 39, p. 41-57, 1929.
- HOYT, H. *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washington: Federal Housing Administration, 1939.
- HUFF, D. L. (1963). A probabilistic analysis of shopping center trade areas. *Land Economics*, 39, 81–90.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal Cidades. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/petropolis/panorama>>.
- ISARD, W. *Location and space-economy; a general theory relating to industrial location, market areas, land use, trade, and urban structure*. Cambridge: Technology Press of Massachusetts Institute of Technology and Wiley, 1956.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. Tradução: KUX, H. J. H. São Paulo: Oficina de Textos. 424 p. 2009.
- LEAVITT, H. J. (1950). Some effects of certain communication patterns on group performance. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 46(1), 38–50.
- LESLIE, T. F.; KRONENFELD, B. J. (2011). The Colocation Quotient: A New Measure of Spatial Association Between Categorical Subsets of Points. *Geographical Analysis*. v. 43, n. 3, p. 306–326.
- LONGLEY, P. A. *et al.*, *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- LOPES, L. F. D. *Métodos quantitativos aplicados ao comportamento organizacional*. 1^a edição. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2018.
- LÖSCH, A. *The economics of location*. New Haven: Yale University Press, 1954.
- MAGALHÃES, C. (1966) A Função Industrial de Petrópolis. *Revista Brasileira de Geografia*, IBGE, ano XXIII, janeiro-março, n. 1, pp.19-55, jan-mar1966.
http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1966_v28_n1.pdf. Acesso em: 15 dez 2021.
- MAGRINI, M. A. O.; CATALÃO, I. Direito à cidade e consumo: contradições e convergências. In: GÓES, E. M. *et al.* (Org). *Consumo, crédito e direito à cidade*. Curitiba: Appris, 2019. p. 133-158.
- MENEZES, P. M. L., FERNANDES, M. C. *Roteiro de Cartografia*. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2013.
- MILLS, E. (1972). Studies in the structure of the urban economy. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- MILLS, E. An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area. *American Economic Review* v. 57, n. 2, p. 197-210, 1967.
- MULLINGAN, G. F. Consumer Travel Behavior: Extensions of a Multipurpose Shopping Model. *Geographical Analysis*, v. 19, p. 364-375, 1987.
- MURPHY, R. E.; VANCE, J. E. Jr. (1954). Delimiting the CBD. *Readings in Urban Geography*. KOHN, C. & MAYER, R. (eds). Chigago: The University of Chicago Press. p. 418-446.

- MURPHY, R. E.; VANCE, J. E. Jr.; EPSTEIN, B. J. (1955). Internal Structure of the CBD. *Economic Geography*, 31 (1).
- NOOV, W. D.; MRVAR, A.; BATAGELJ, V. Exploratory Social Network Analysis With Pajek. [S.l.]: Cambridge University Press, 2005. p. 334.
- PARK, R. E. The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the Urban Environment. *American Journal of Sociology*, v. 20, n. 5, pp. 577-612, 1915.
- PINHO, C. M. D. Análise das redes de localidades ribeirinhas Amazônicas no tecido urbano estendido: uma contribuição metodológica. São José dos Campos: INPE, 2012. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE, 2012.
- PINTAUDI, S. M. Os Shoppings Centers brasileiros e o processo de valorização do espaço urbano. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, p.29-48, 1987.
- PINTAUDI, S. M. O templo da mercadoria. Estudo sobre os shopping centers do Estado de São Paulo. Tese. (Doutorado em Geografia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- PINTAUDI, S. M. A cidade e as formas do comércio. In: CARLOS, A. F. A. (Org.). Novos Caminhos da Geografia. São Paulo: Contexto, 1999, p. 143-160.
- POPOVICH, V. V. Intelligent GIS Conceptualization. In: POPOVICH V.V. *et al.* (Org). Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS 2013) Environmental and Urban Challenges. Berlin: Springer, 2014. p.17-44.
- PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. (2006). The network analysis of urban streets: a primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33, 705-725.
- PORTA, S. *et al.* (2009). Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36, 450-465.
- PORTA, S. *et al.* (2011). Street centrality and location of economic activities in Barcelona. *Urban Studies*, 49, 1471-1488.
- PETRÓPOLIS. Lei nº 7.167, de 28 de março de 2014. Revê e atualiza o Plano Diretor de Petrópolis, instituído pela Lei nº 6.321, de dezembro de 2005. Publicada em 2 abr. 2014. Disponível em: <https://sig.petropolis.rj.gov.br/cpge/PD2014.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2024.
- PROUDFOOT, M. J. City Retail Structure. *Economic Geography*, v. 13, n. 4, p. 425-428, 1937.
- RABAÇO, H. J. História de Petrópolis. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis/Universidade Católica de Petrópolis, 1985.
- REIS, L. C. T. O Processo de Descentralização das Atividades Varejistas em Vitória: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. PPGG – Programa de Pós-graduação em Geografia, UFRJ: Rio de Janeiro. 2001.
- RIBEIRO FILHO, V. Configuração da Área Central de Manaus e sua Dinâmica Recente. Tese de Doutorado. PPGG – Programa de Pós-graduação em Geografia, UFRJ: Rio de Janeiro. 2004.
- RUSHTON, G. et al. Formulation and Test of a Normative Model for Spatial Allocation of Grocery Expenditures by a Dispersed Population. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 57, p. 389-400, 1967.

- SABIDUSSI, G. (1966). The centrality index of a graph. *Psychometrika*, 31 581-603.
- SANTOS, M. Espaço e Método. São Paulo: Nobel, 1985.
- SERPA, V. S. "O Sub-Centro Comercial do Méier: contribuição do estudo da estrutura varejista intra-urbana derivada do processo de descentralização da metrópole do Rio de Janeiro. 1991. Dissertação (Mestrado) - PPGG/UFRJ, Rio de Janeiro.
- SEVTSUK, A. Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA. Tese de Doutorado. Cambridge: MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2010.
- SEVTSUK, A. Location and agglomeration: the distribution of retail and food businesses in dense urban environments. *Journal of Planning Education and Research*, v. 34, n. 4, p. 374-393, 2014. DOI: 10.1177/0739456X14550401.
- SEVTSUK, A. Street Commerce: creating a vibrant urban sidewalks. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2020.
- SEVTSUK, A.; MEKONNEN, M. Urban network analysis: a new toolbox for ArcGIS. *Revue Internationale de Géomatique*, v. 22, n. 3, p. 287-305, 2012. DOI: 10.3166/rig.22.287-305.
- SILVA, A. G. Petrópolis: idealismo e inovações na gênese de uma cidade no Brasil-Império. Dissertação de Mestrado, 142f. Rio de Janeiro: IPPUR-UFRJ. 2000
- SILVA, C. H. C. (2014). Estudos sobre o comércio e o consumo na perspectiva da geografia urbana. *Geosul*, v. 29, n. 58, p 149-178, jul-dez. 2014.
- SILVA, W. R. PARA ALÉM DAS CIDADES - Centralidade e Estruturação Urbana: Londrina e Maringá. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente. 2006.
- SILVA, W. R. Shopping Centers e a expansão recente da Metrópole do Rio de Janeiro. In MAIA, D. S.; RODRIGUES, A. S.; SILVA, W. R. (Org.). *Expansão urbana: despossessão, conflitos, diversidade na produção e consumo de espaço*. João Pessoa: Editora UFPB, 2020.
- SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. (2009). *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Leicester, U.K.: Matador.
- SMITH, S. L. (1950). Communication pattern and the adaptability of task-oriented groups: an experimental study. Cambridge, MA: Group Networks Laboratory, Research Laboratory of Electronics, Massachusetts Institute of Technology.
- SOUZA, B. C. P. 2014. Os nomes geográficos de Petrópolis/RJ e a imigração alemã: memória e identidade. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. 145f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto.de Geografia, IGEO/UFRJ.
- SPOSITO, M. E. B. Novas formas comerciais e redefinição da centralidade intra-urbana. In: SPOSITO, M. E. B. (Org). *Textos e contextos para a leitura geográfica de uma cidade média*. Presidente Prudente: Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/Unesp, 2001, p.235-254.
- STIMSON, R. J.; STOUGH, R. R.; ROBERTS, B. H. (2006). *Regional Economic Development: Analysis and Planning Strategy*. Berlin: Springer.

- TOBLER, W. R. (1970) A computer movie: simulation of population change in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(20), 234–240.
- VILLAÇA, F. Espaço intra-urbano no Brasil. São Paulo: Fapesp, 1998.
- VRAGOVIC, I.; LOUIS, E.; DIAZ-GUILERA, A. (2005). Efficiency of informational transfers in regular and complex networks. *PHYSICAL REVIEW E* 71, 036122.
- WANG, F. (2000) Modeling commuting patterns in Chicago in a GIS environment: a job accessibility perspective, *Professional Geographer*, 52, pp. 120–133.
- WANG, F.; CHEN, C.; XIU, C.; ZHANG, P. (2014). Location analysis of retail stores in Changchun, China: A street centrality perspective. *Cities*, 41, 54-63.
- WARTENBERG, D. (1985). Multivariate Spatial Correlation: A Method for Exploratory Geographical Analysis. *Geographical Analysis* 17, 263–83.
- WASSERMAN, S.; FAUST, K. Social Networks Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.