

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes

Marcela Cristina Costa Branco

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O MERCADO IMOBILIÁRIO DE ARMAZÉNS E
A ACESSIBILIDADE AOS LUGARES CENTRAIS NA REGIÃO METROPOLITANA
DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte

2023

Marcela Cristina Costa Branco

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O MERCADO IMOBILIÁRIO DE ARMAZÉNS E
A ACESSIBILIDADE AOS LUGARES CENTRAIS NA REGIÃO METROPOLITANA
DE BELO HORIZONTE**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Mestre (a) em Geotecnia e Transportes.

Orientadora: Dra. Daniela Antunes Lessa.

Coorientadora: Dra. Renata Lúcia Magalhães de Oliveira.

Belo Horizonte
2023

Branco, Marcela Cristina Costa.

B816a Análise da relação entre o mercado imobiliário de armazéns e a acessibilidade aos lugares centrais na Região Metropolitana de Belo Horizonte [recurso eletrônico] / Marcela Cristina Costa Branco. – 2023.

1 recurso online (116 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Daniela Antunes Lessa.

Coorientadora: Renata Lúcia Magalhães de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: 107-116.

Bibliografia: f. 97-106.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Transportes – Teses. 2. Armazenamento e transporte de cargas – Teses. 3. Logística empresarial – Teses. 4. Armazéns gerais – Teses. 5. Lugares centrais (cidades e vilas) – Teses. 6. Acessibilidade – Teses. 7. Locação de imóveis – Teses. 8. Mercado imobiliário – Belo Horizonte, Região Metropolitana de – Teses. I. Lessa, Daniela Antunes. II. Oliveira, Renata Lúcia Magalhães de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 656(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE Mestrado em Geotecnia e Transportes

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Realizou-se, no dia 06 de outubro de 2023, às 14:00 horas, em formato remoto, a defesa de dissertação intitulada *ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O MERCADO IMOBILIÁRIO DE ARMAZÉNS E A ACESSIBILIDADE AOS LUGARES CENTRAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE*, apresentada por MARCELA CRISTINA COSTA BRANCO como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES pela Universidade Federal de Minas Gerais, à seguinte Comissão Examinadora: Profa. Daniela Antunes Lessa – Orientadora - UFMG, Profa. Renata Lucia Magalhães de Oliveira, coorientadora - CEFET-MG, Profa. Lucélia Viviane Vaz Raad - CEFET-MG e Profa. Luiza Farnese Lana Sarayed-Din - UFRJ. O resultado final foi comunicado publicamente a aluna pela orientadora. Nada mais havendo a tratar, a orientadora encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 06 de outubro de 2023.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Luiza Farnese Lana Sarayed-Din, Usuária Externa**, em 06/10/2023, às 16:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Daniela Antunes Lessa, Usuário Externo**, em 06/10/2023, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Renata Lúcia Magalhães de Oliveira, Usuário Externo**, em 11/10/2023, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Lucélia Vaz Raad, Usuário Externo**, em 13/10/2023, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2665174** e o código CRC **EFC0F641**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por toda sabedoria recebida e por me auxiliar em todo processo.

Agradeço também ao meu marido, Eudes Branco e, a minha mãe Elaine Branco, pelo apoio e incentivo.

Agradeço às minhas orientadoras Prof.^a Daniela e Prof.^a Renata por toda direção e condução nesta caminhada de conhecimento.

“Pesquisar é acordar para o mundo.”
(LAMY, 2011).

RESUMO

No contexto do mercado imobiliário logístico, as transformações impulsionadas pelo *e-commerce* e a configuração urbana desempenham um papel crucial na distribuição de mercadorias, particularmente no que se refere ao último quilômetro e às entregas domiciliares. Diante disso, esta pesquisa tem como principal objetivo a identificação de lugares centrais (proxy da concentração do mercado consumidor) e a investigação da relação entre a precificação de locação de armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais. O estudo tem como contexto o mercado imobiliário de armazéns na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e segue uma estrutura composta por três eixos principais. Estes eixos incluem a análise do mercado imobiliário de armazéns, a identificação dos lugares centrais dentro da RMBH e a avaliação da acessibilidade dos armazéns em relação a esses lugares centrais. Para a identificação dos lugares centrais, foram utilizados dados de Pontos de Interesse (POIs) do *OpenStreetMap* (OSM) nos hexágonos da RMBH. Para a avaliação da acessibilidade, empregou-se o modelo gravitacional. Por fim, a pesquisa investigou as correlações entre os preços de locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos em relação aos lugares centrais. Os resultados desta pesquisa revelaram que ao aplicar o teste de correlação de *Spearman*, observou-se uma correlação positiva e fraca entre a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais e os preços de locação por metro quadrado por mês desses equipamentos nas áreas de centralidade muito forte, independentemente do meio de transporte utilizado, seja para carro, bicicleta ou a pé. No entanto, ao considerar os lugares centrais sem a distinção das subcategorias de centralidades, a correlação de *Spearman* revelou-se positiva e moderada para as áreas de centralidade muito forte com a utilização dos mesmos meios de transporte mencionados. Assim, não é possível afirmar que o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado aos preços de locação desses equipamentos. A análise da correlação de *Spearman* revelou outro viés interessante: a acessibilidade dos armazéns, considerando os modos de transporte (carro, bicicleta e a pé) para as localidades de centralidade intermediária, demonstrou uma correlação negativa com os preços de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês. Isso sugere que armazéns com maior acessibilidade a localidades de centralidade intermediária tendem a ter preços de locação mais baixos. Esse padrão também se aplica às localidades de centralidade fraca, quando se considera o transporte por bicicleta. Portanto, é relevante considerar estudos futuros para uma análise mais aprofundada desses fenômenos. Por meio do teste de *Kruskal-Wallis*, foram observadas diferenças significativas na acessibilidade dos armazéns para as subcategorias de centralidades. Porém ao aplicar o teste de comparações múltiplas de Dunn, entre os subgrupos de centralidades, a acessibilidade dos armazéns para a centralidade intermediária e forte mostraram uma igualdade de significância quando se trata do modo de transporte a pé. Isso sugere a necessidade de investigações futuras para compreender os fatores subjacentes a esse fenômeno. Por outro lado, pelo teste de *Wilcoxon*, não é possível afirmar que os preços de locação dos armazéns são maiores nos lugares centrais da RMBH.

Palavras-chave: mercado imobiliário de armazéns; lugares centrais; armazéns; acessibilidade; modelo gravitacional; preço de locação dos armazéns.

ABSTRACT

In the context of the logistic real estate market, transformations driven by e-commerce and urban configuration play a crucial role in the distribution of goods, especially concerning the last mile and home deliveries. Against this backdrop, this research primarily aims to identify central places (a proxy of consumer market concentration) and to investigate the relationship between warehouse rental pricing and the accessibility of these facilities to the central places. The study is set in the warehouse real estate market in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH) and follows a structure consisting of three main axes. These axes include the analysis of the warehouse real estate market, the identification of central places within RMBH, and the assessment of the accessibility of warehouses to these central places. For the identification of central places, data from Points of Interest (POIs) from OpenStreetMap (OSM) in the RMBH hexagons were used. The gravitational model was employed for the accessibility evaluation. Lastly, the research examined the correlations between warehouse rental prices and the accessibility of these facilities concerning the central places. The results of this research revealed that when applying the Spearman correlation test, a positive and weak correlation was observed between the accessibility of warehouses to the central places and the rental prices per square meter per month of these facilities in areas of very strong centrality, regardless of the mode of transportation used, whether by car, bicycle, or on foot. However, when considering the central places without distinguishing centrality subcategories, the Spearman correlation turned out positive and moderate for areas of very strong centrality using the same transportation modes mentioned. Thus, it is not possible to affirm that the level of warehouse accessibility to central places is directly related to the rental prices of these facilities. The Spearman correlation analysis revealed another interesting bias: the accessibility of warehouses, considering modes of transport (car, bicycle, and on foot) for localities of intermediate centrality, showed a negative correlation with the rental prices of these facilities per square meter per month. This suggests that warehouses with higher accessibility to locations of intermediate centrality tend to have lower rental prices. This pattern also applies to locations of weak centrality when considering transportation by bicycle. Therefore, it is relevant to consider future studies for a more in-depth analysis of these phenomena. Through the Kruskal-Wallis test, significant differences in the accessibility of warehouses to centrality subcategories were observed. However, when applying the Dunn's multiple comparisons test, between centrality subgroups, warehouse accessibility to intermediate and strong centrality showed equal significance when it comes to walking transportation mode. This suggests the need for further investigations to understand the factors underlying this phenomenon. On the other hand, through the Wilcoxon test, it's not possible to assert that warehouse rental prices are higher in the central places of the RMBH.

Keywords: warehouse real estate market; central places; warehouses; accessibility; gravitational model; warehouse rental price.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas da revisão sistemática da literatura	17
Figura 2 – Publicações por países na base <i>Web of Science</i>	18
Figura 3 – Evolução na aplicação de dados abertos colaborativos	30
Figura 4 – Fluxograma das etapas do processo metodológico	35
Figura 5 – Etapas na identificação das centralidades	38
Figura 6 – Dimensão A – Identificação dos lugares centrais na RMBH	39
Figura 7 – Centralidades RMBH	40
Quadro 1 – Dicionário para geocodificação espacial	42
Quadro 2 – Variáveis de estudo e sua relação com os eixos principais da pesquisa	43
Figura 8 – Concentração de armazéns por hexágono na RMBH	44
Quadro 3 – Definição dos parâmetros para o cálculo da acessibilidade dos armazéns para as centralidades RMBH	50
Figura 9 – <i>Boxplot</i> da acessibilidade dos armazéns para as centralidades	64
Figura 10 – Histograma da acessibilidade dos armazéns para as centralidades	65
Figura 11 – Teste de <i>Wilcoxon</i> não pareado	72
Figura 12 – Preço médio de locação dos armazéns RMBH	73
Figura 13 – Histograma do número de POIs e preço médio dos armazéns nos lugares centrais	75
Figura 14 – <i>Boxplot</i> do número de POIs e preço médio dos armazéns nos lugares centrais	76
Gráfico 1 – Gráfico de dispersão entre o número de POIs e armazéns nos lugares centrais	77
Figura 15 – Histograma da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais	85
Figura 16 – <i>Boxplot</i> da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais	86
Gráfico 2 – Gráfico de dispersão – Geral	87
Gráfico 3 – Gráfico de dispersão – Galpões e lojas	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Publicações por ano na base <i>Web of Science</i>	18
Tabela 2 – Publicações por ano na base <i>Scopus</i>	19
Tabela 3 – Definição das centralidades RMBH	40
Tabela 4 – Estatística descritiva RMBH	61
Tabela 5 – Testes <i>Shapiro-Wilk</i> e <i>Levene</i> para RMBH	63
Tabela 6 – Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis com análise geral	67
Tabela 7 – Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis com análise de lojas	69
Tabela 8 – Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis com análise de galpões	69
Tabela 9 – Estatística descritiva – Número de POIs e preço médio de locação nos lugares centrais RMBH	74
Tabela 10 – Teste de <i>Kruskall-Wallis</i>	80
Tabela 11 – Teste de comparações múltiplas de <i>Dunn</i>	81
Tabela 12 – Estatística descritiva RMBH – Lugares centrais	84
Tabela 13 – Correlação de <i>Spearman</i> – Geral	89
Tabela 14 – Correlação de <i>Spearman</i> – Lojas	89
Tabela 15 – Correlação de <i>Spearman</i> – Galpões	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OHDS	<i>Online home delivery services</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
POIs	Pontos de Interesse
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Revisão sistemática da literatura	16
2.2 Contextualização do mercado imobiliário logístico	20
2.3 Acessibilidade e online home delivery services	21
2.4 Mensuração da acessibilidade e os aspectos de interação	24
2.5 Identificação das centralidades de acordo com a função urbana.....	28
4 MÉTODO DE PESQUISA	35
4.1 Identificação das centralidades na Região Metropolitana de Belo Horizonte.....	36
4.2 Método da coleta de dados da precificação da locação dos armazéns na Região Metropolitana de Belo Horizonte e geocodificação espacial dos armazéns.....	41
4.3 Tipologia da rede viária na estimação da matriz do tempo de viagem e as impedâncias.....	44
4.4 Mensuração da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais (proxy da concentração do mercado consumidor).....	48
4.5 Banco de dados com precificação da locação e acessibilidade dos armazéns	51
5 RESULTADOS	56
5.1 Resultados da análise estatística entre a precificação de locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais com a classificação das centralidades	58
5.2 Análise estatística para verificar as relações entre as variáveis preço de locação dos armazéns e os lugares centrais – Teste de Wilcoxon não pareado.....	70
5.3 Exploração adicional: Análise estatística para verificar a correlação entre as variáveis de preço de locação dos armazéns e os Pontos de Interesse nos lugares centrais – Teste de correlação de Spearman.....	73
5.4 Exploração adicional: Acessibilidade dos armazéns por centralidade.....	79
5.5 Exploração adicional: Resultados da análise estatística entre a precificação de locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais sem a classificação das centralidades	83
6 CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICES	107
APÊNDICE A - Acessibilidade dos armazéns para cada centralidade considerando o modo de transporte carro, bicicleta e a pé.	107
APÊNDICE B – Acessibilidade dos armazéns para os lugares centrais sem a classificação das centralidades considerando o modo de transporte carro, bicicleta e a pé.	115

1 INTRODUÇÃO

A 4.^a Revolução Industrial trouxe mudanças significativas na interação nas relações humanas, tendo um impacto abrangente em vários setores econômicos em todo o mundo, transformando completamente os sistemas de produção e gestão, como discutido por Holubcík, Koman e Soviar (2021). Essa transformação inclui a engenharia logística, conforme contextualizada por Michlowicz (2021), que descreve como as tecnologias digitais estão alterando fundamentalmente a forma como a produção é conduzida, com a geração, transferência e processamento de dados, juntamente com a análise de grandes conjuntos de dados, conhecidos como big data.

Acompanhando essas mudanças disruptivas no cenário contemporâneo, Issaoui *et al.* (2020) introduzem um novo conceito na logística que integra atividades humanas com preocupações ambientais. Isso resulta em uma abordagem abrangente que incorpora sustentabilidade e transformação digital nas operações logísticas.

Rodrigue (2020), por sua vez, aponta que na década de 2010 surgiram grandes empresas na área do *e-commerce* em todo o mundo. Isso ocorreu em resposta às mudanças tecnológicas e às particularidades dos mercados regionais, incluindo regulamentação e preferências dos consumidores. A título de exemplo, as empresas Rakuten e B2W Digital atualmente são as maiores empresas de *e-commerce* no Japão e na América Latina, respectivamente, mais especificamente no Brasil.

O surgimento do comércio eletrônico teve um grande impacto na distribuição de mercadorias, afetando tanto a demanda e quanto a localização das instalações logísticas nas áreas urbanas (Rodrigue, Dablanc e Giuliano, 2017). Além disso, o varejo online continua crescendo rapidamente. As vendas pelo *e-commerce* revelam que a pandemia da Covid-19 tem impacto significativo para esse setor e que movimentará US\$ 6,5 trilhões até o final do ano de 2023 (Bhatti *et al.*, 2020).

Nesse contexto, varejistas e empresas de entrega de encomendas estão desenvolvendo diversas estratégias para lidar com a distribuição de última milha no *e-commerce* em áreas urbanas (Janjevic e Winkenbach, 2020).

O estudo conduzido por Janjevic e Winkenbach (2020) revelou que além das características de mercado, as empresas adaptam suas estratégias de distribuição de acordo com

as particularidades das áreas urbanas dos locais em que operam, Isso inclui considerar elementos como a demanda local, com foco especial em características como zona de serviço, densidade da demanda e os atributos do ambiente físicos e operacionais locais.

Diversos estudos exploram as decisões relacionadas à escolha de instalações logísticas, levando em conta fatores como a acessibilidade e outros atributos, como o custo de aluguel de armazéns (Kang, 2020a; Gingerich e Maoh, 2019; Durmus e Turk, 2014; Woudsma *et al.*, 2008). A mudança na localização das instalações logísticas e a expansão do *e-commerce* levaram ao desenvolvimento de novos conceitos de redes logísticas. Isso inclui a instalação de armazéns menores ou compartilhados em locais estratégicos, mesmo, em regiões onde o mercado imobiliário para armazéns tradicionais era limitado, conforme discutido por Rodrigue (2020).

Esta pesquisa se justifica por várias razões, com destaque para o impacto do *e-commerce* na estrutura de demanda, nas características locais dos armazéns e nas estratégias de distribuição, particularmente nas operações de última milha em áreas urbanas, conforme discutido por Rodrigue, Dablanc e Giuliano (2017).

O aumento das entregas domiciliares é um dos resultados mais evidentes do crescimento do *e-commerce*, uma vez que os consumidores estão cada vez mais optando por compras online, como indicado por Gossling (2017). No cenário econômico atual do Brasil, diversos fatores contribuíram para a consolidação e expansão do *e-commerce*, incluindo a disseminação do acesso à internet, a popularização dos smartphones e o impacto da pandemia da Covid-19, conforme destacado por Cruz (2021).

Dentro desse contexto, o mercado imobiliário logístico de armazéns tem se mostrado uma atividade economicamente atraente, especialmente no contexto brasileiro. A dinâmica desse mercado é acelerada pela influência do *e-commerce*, que se refere às transações comerciais realizadas online, permitindo que os consumidores comprem produtos pela internet. Além disso, o *q-commerce*, uma extensão do *e-commerce*, envolve entregas rápidas, muitas vezes em questão de horas, atendendo à crescente demanda por conveniência dos consumidores. Existe também os serviços *on demand* que são caracterizados pela disponibilidade imediata de serviços, como transporte de mercadorias ou entrega de alimentos, sob demanda dos clientes, contribuindo para a otimização da cadeia de suprimentos.

No entanto, essa dinâmica de mercado está desafiadoramente desalinhada com as soluções disponíveis para mitigar os impactos da distribuição de mercadorias, apresentando desafios logísticos significativos que requerem abordagens inovadoras e estratégias adaptativas para atender às crescentes demandas.

É crucial levar em consideração a estrutura urbana na distribuição de mercadorias, especialmente no último quilômetro e nas entregas domiciliares, dado o cenário de mudanças significativas no mercado imobiliário logístico e as transformações trazidas pelo *e-commerce*.

Nesse contexto, a pergunta que orienta este trabalho de pesquisa é: "A precificação para locação dos armazéns está relacionada à acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor)?"

As hipóteses derivadas dessa pergunta-problema para desenvolvimento desta dissertação são:

a) o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos;

b) o preço de locação de armazéns é maior nas regiões mais centrais (Christaller, 1966) da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

É importante ressaltar que, nessa hipótese, compreende-se que o contexto local desempenha um papel significativo nessas relações, tornando-se assim relevante a exploração específica do contexto da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Para contextualização, a RMBH é composta por 34 municípios: Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano.

Este trabalho tem como objetivo investigar as relações entre a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais (*proxy* para concentração do mercado consumidor) com os preços de locação dos armazéns na RMBH. O objetivo geral será alcançado por meio dos seguintes objetivos específicos:

i. Caracterizar a estrutura urbana com base no conceito de lugares centrais urbanos, (conforme definido por Christaller, 1966) para identificar a localização dos consumidores;

ii. Compreender e analisar as possíveis relações entre os diferentes níveis de acessibilidade a partir dos armazéns considerando potenciais interações com lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor) da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Por meio das relações que envolvem o mercado imobiliário logístico as contribuições fenomenológicas desta pesquisa são:

- a) identificação dos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor);
- b) acessibilidade como forma de investigar a Região Metropolitana de Belo Horizonte em relação a locação de armazéns e o mercado consumidor ao considerar os lugares centrais e;
- c) geração de instrumentos para o planejamento da estrutura urbana que considerem a estrutura imobiliária de armazéns em relação aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor).

Este estudo, alinhado com os objetivos propostos, visa contribuir significativamente para a compreensão da estrutura urbana da RMBH, utilizando tanto os preços praticados pelo mercado imobiliário de armazéns quanto a mensuração da acessibilidade desses equipamentos considerando os lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor).

Ademais, o método que será desenvolvido permitirá sua replicação em outros estudos, uma vez que utilizará dados abertos e colaborativos. Isso possibilitará a compreensão estrutura espacial com base nas relações entre a precificação da locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor) para regiões metropolitanas. Essa compreensão é um instrumento valioso para o planejamento urbano e para a gestão do acesso a mercadorias, sob a perspectiva das interações espaciais e o mercado imobiliário de armazéns.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é composto por duas partes essenciais: uma revisão sistemática da literatura e a investigação contextualizada dos estudos. Inicialmente será apresentada a revisão sistemática da literatura, que abrangeu os anos de 2010 a 2021, sendo relacionado ao ano de 2021 por ser este o ano do levantamento dos dados. Seguida pela análise dos estudos existentes até o ano de 2022, devido as investigações terem ocorrido no ano de 2022. Na qual serão contextualizados os indicadores e métodos de identificação das centralidades, bem como a mensuração da acessibilidade.

2.1 Revisão sistemática da literatura

Para a revisão sistemática da literatura foram criadas palavras-chave específicas para delimitar a abordagem temática conduzindo a investigação nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e em outras plataformas relevantes. As palavras-chave escolhidas foram: “*Logistics Real Estate Market*”, “*Logistics Facilities*”, “*Warehouses*”, “*Logistics Real Estate*” e “*Accessibility*”.

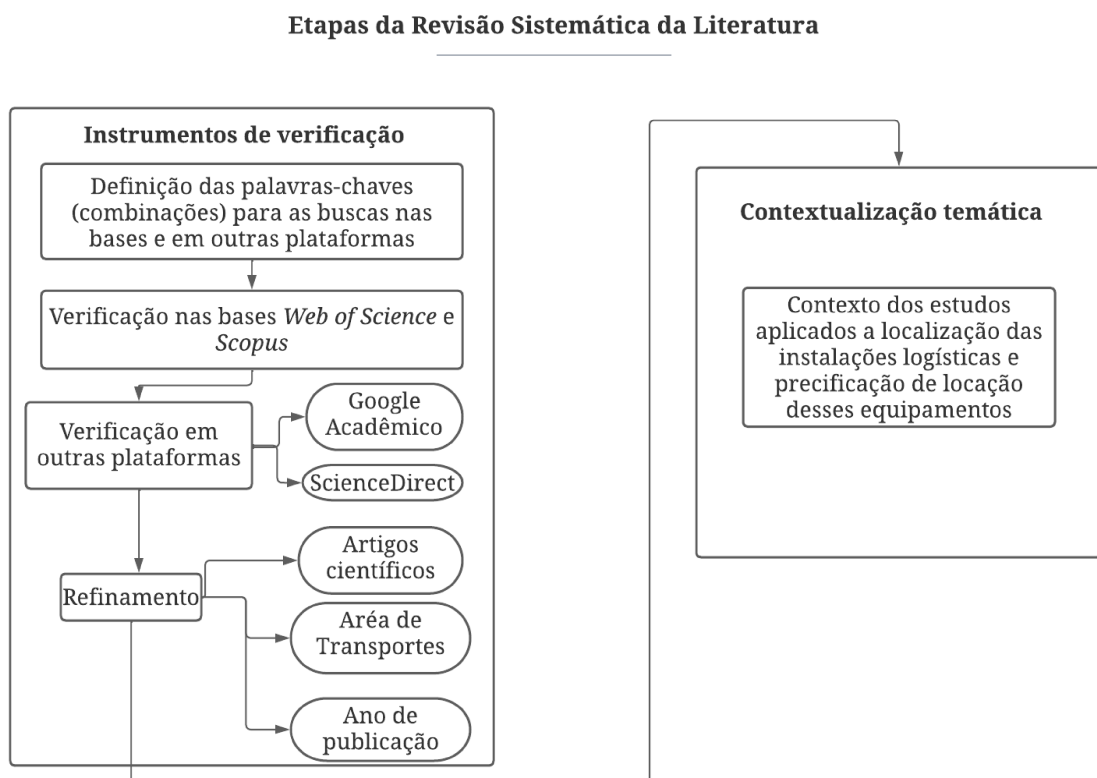
A seleção dessas palavras-chave teve como objetivo orientar a busca nas bases mencionadas para o contexto do mercado imobiliário logístico. Para otimizar as chances de encontrar os estudos pertinentes, foram feitas as combinações entre as palavras-chave, da seguinte maneira: “*Logistics Real Estate Market and Logistics Facilities*”, “*Logistics Real Estate Market and Warehouses*” e “*Logistics Real Estate and Accessibility*”.

O período de análise abrangeu os anos de 2010 a 2021. Essa escolha se justifica pela existência de estudos na literatura que tratam do mercado imobiliário logístico, com foco nos fatores que afetam a localização das instalações logísticas e os determinantes da precificação da locação desses imóveis.

Embora existam várias pesquisas sobre o espraiamento logístico, esse estudo se concentra em investigar os fatores que influenciam a mudança de localização das instalações logísticas. Esses fatores podem incluir acessibilidade, infraestrutura de transportes, preços de locação desses equipamentos, entre outros. Além disso, o estudo buscou compreender os motivos adjacentes que afetam a precificação da locação das instalações logísticas.

Para examinar os estudos na literatura relacionados ao mercado imobiliário logístico considerando fatores que afetam localização das instalações logísticas e os determinantes da precificação da locação desses imóveis, foi desenvolvida uma metodologia de sistematização, cuja representação está na Figura 1.

Figura 1: Etapas da revisão sistemática da literatura.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 1 apresenta, em números, a contagem de estudos encontrados na base *Web of Science* com a combinação das palavras-chave. Para refinar a pesquisa, foi seguido o critério delineado na à Figura 1, aplicando filtros na base para localizar artigos científicos na área de transportes e considerando o período de análise entre 2010 e 2021. Esse mesmo critério de refinamento foi aplicado à base *Scopus*, conforme mostrado na Tabela 2. Adicionalmente, foram conduzidas análises no Google Acadêmico.

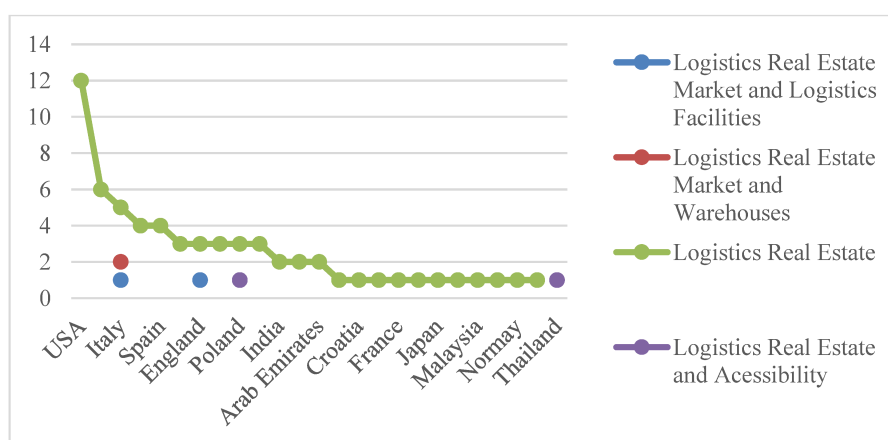
Tabela 1: Publicações por ano na base *Web of Science*.

	Logistics Real Estate Market and Logistics Facilities	Logistics Real Estate Market and Warehouses	Logistics Real Estate	Logistics Real Estate and Accessibility
2010	2	0	6	1
2011	0	0	3	0
2012	0	1	7	0
2013	0	0	8	0
2014	0	0	10	0
2015	1	1	14	0
2016	2	2	13	2
2017	0	1	20	0
2018	0	0	16	1
2019	2	2	17	1
2020	0	0	23	2
2021	0	1	9	0
Total	7	8	146	7

Fonte: Elaborado pela autora.

Na base *Web of Science*, foi realizada uma análise da produção de estudos por países (conforme mostrado na Figura 2), considerando as palavras-chave combinadas. Durante a contabilização, foram incluídos artigos científicos em que a fonte de publicação mencionava o país de origem ou aqueles que a própria base *Web of Science* conseguiu identificar automaticamente.

Os resultados revelaram que os Estados Unidos lideram a produção na temática do mercado imobiliário logístico, com 12 publicações, seguidos pela Itália, com 8 publicações. Logo em seguida estão Espanha e Inglaterra, ambos com 4 publicações cada.

Figura 2: Publicações por países na base *Web of Science*.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na base Scopus, aplicando os mesmos critérios previamente estabelecidos para a base *Web of Science*, conforme detalhado na Tabela 1, foram identificadas as seguintes publicações por ano usando a combinação das palavras-chave descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Publicações por ano na base *Scopus*.

	Logistics Real Estate Market and Logistics Facilities	Logistics Real Estate Market and Warehouses	Logistics Real Estate	Logistics Real Estate and Accessibility
2010	1	0	0	0
2011	0	0	0	0
2012	0	0	6	1
2013	0	0	11	0
2014	1	1	9	0
2015	0	0	8	0
2016	0	0	3	0
2017	1	1	7	0
2018	0	0	8	0
2019	1	1	13	0
2020	1	0	19	0
2021	1	1	13	0
Total	6	4	97	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise da base *Scopus* em comparação com a base *Web of Science*, não foram observadas mudanças significativas no que diz respeito à combinação das palavras-chave, em relação ao número de publicações selecionadas ou na escolha dos artigos para inclusão no presente estudo.

As publicações por países na base *Scopus* mantiveram o mesmo padrão identificado na base *Web of Science*. Além disso, ao serem exploradas outras plataformas, como o Google Acadêmico, foi constatado que não houve divergências em relação às bases anteriormente analisadas, assim como na seleção dos estudos a serem considerados.

Para complementar a pesquisa de forma abrangente, também foram abordadas algumas publicações por meio da plataforma *ScienceDirect*, incluindo veículos de destaque, como o *Journal of Transport Geography*, entre outros relevantes.

É importante destacar que a revisão sistemática da literatura desempenha um papel crucial ao examinar a produção do conhecimento sobre a temática em diversos países. Isso permite identificar lacunas na literatura existente e conceitos que podem ser empregados em

futuras investigações. Dessa forma, é estabelecida uma ponte entre o que foi abordado na literatura e as possíveis direções para o desenvolvimento de novos conceitos ou aprimoramento de estudos publicados.

2.2 Contextualização do mercado imobiliário logístico

Nas últimas décadas, diversas transformações impactaram os sistemas de instalações logísticas (Sakai, Beziat e Heitz., 2020), resultando no espraiamento logístico observado em várias cidades pelo mundo (Aljohani e Thompson, 2016; Dablanc, 2014; Dablanc e Rakotonarivo, 2010).

No que diz respeito à escolha de localização das instalações logísticas, estudos têm se voltado para analisar os fatores e características individuais que influenciam essa decisão (Kang, 2020a; Gingerich e Maoh, 2019; Woudsma *et al.*, 2008). Ademais, há pesquisas que abordam as influências na preferência pela localização das instalações logísticas, considerando características locais e setores de atividades logísticas como demonstrado em um estudo sobre a atração de desenvolvimento para instalações logísticas na região de Paris (Sakai, Beziat e Heitz, 2020).

Outro estudo realizado por Durmus e Turk (2014) analisou os fatores que influenciam a localização de armazéns em Istambul, na Turquia. Suas descobertas destacaram a influência significativa da acessibilidade, da existência de *clusters* industriais e comerciais, do aluguel e das distâncias até o centro da cidade e a alfândega nas decisões de localizações de armazéns.

Quanto à dinâmica do mercado logístico, estudos têm explorado o preço de locação das instalações logísticas, e os fatores que impactam na sua formação, com foco em características físicas dos armazéns e outros atributos (Baglio, Perotti e Garagiola, 2019; Buttimer. Rutherford e Witten, 1997). Ma *et al.* (2018), por exemplo, empregam técnicas de *machine learning* para estimar o preço de aluguel de armazéns na na área de Pequim, China.

Além disso, Gingerich e Maoh (2019) destacam que o custo do terreno é um fator relevante na escolha da localização da instalação logística. No contexto dos efeitos recentes do *e-commerce* no mercado logístico, varejistas e empresas da cadeia de fornecimento estão desenvolvendo diversas estratégias para a distribuição no *e-commerce* de última milha em áreas urbanas (Janjevic e Winkenbach, 2020).

Essas estratégias devem levar em consideração vários elementos no contexto local, que podem ser particularmente desafiadores nos mercados emergentes, que ainda não foram amplamente discutidos na literatura. O aumento da globalização e da terceirização no mercado imobiliário logístico tem levado empresas a optar por imóveis alugados em vez de propriedades próprias, a fim de se adaptar às mudanças de mercado (Wagner, 2010).

A localização das instalações logísticas também é afetada pela distribuição espacial dos potenciais consumidores (Durmus e Turk, 2014). Liu *et al.* (2017) descobriram que, na China, a distribuição de instalações logísticas é significativamente orientada pelo mercado consumidor, conforme indicado pelos dados de calor logístico.

Conforme argumentado por Dablanc (2018) o comércio eletrônico desempenha um papel especial nas inovações tecnológicas que impactam diretamente a logística urbana. Os consumidores agora têm expectativas mais altas em relação aos prazos de entrega e passaram a exigir uma maior pontualidade nas entregas de mercadorias (Jaller e Pahwa, 2020). Esse cenário resultou em uma maior demanda por armazéns menores próximos aos consumidores em áreas densas (Smith, 2019).

Vários estudos têm destacado a proximidade das instalações logísticas com o mercado consumidor, como evidenciado em cidades como Amsterdã (Ploos van Amstel *et al.*, 2021); Paris (Dablanc, 2018); Seoul (Lim e Park, 2020); Shenzhen (Xiao *et al.*, 2021) e várias cidades dos Estados Unidos (Kang, 2020b).

Entende-se, à luz da revisão da literatura, que existe a necessidade de investigar as práticas do mercado imobiliário logístico e as transformações promovidas pelo *e-commerce*. A carga ainda é trabalhada como uma questão dissociada dos planos de gestão urbana e o planejamento orientado à acessibilidade pode auxiliar na inclusão da carga no planejamento urbano.

2.3 Acessibilidade e online home delivery services

Geurs e van Wee (2004) definem a acessibilidade como medida que avalia o sistema de transporte e permite que indivíduos, grupos ou mercadorias alcancem a atividades ou destinos utilizando as ferramentas e os serviços do sistema de transporte. Essa acessibilidade compreende quatro componentes distintos: uso do solo, transporte, temporal e individual. O

componente uso do solo diz respeito à quantidade, qualidade e localização das oportunidades oferecidas, como por exemplo emprego e escola bem como à demanda por essas oportunidades. O componente de transporte refere-se ao tempo, custo e esforço que um indivíduo enfrenta para se deslocar de uma origem a um destino. O componente temporal engloba o tempo disponível para os indivíduos usarem essas oportunidades e o período em que essas oportunidades estão acessíveis. Por fim, o componente individual reflete as necessidades, capacidades e oportunidades específicas de cada indivíduo que influenciam seu acesso aos diferentes modos de transporte (Geurs e van Wee, 2004).

Geurs e van Wee (2004) também destacam que as medidas de acessibilidade podem ser baseadas em quatro grupos distintos: infraestrutura, localização, pessoas e utilitários (originadas em pesquisas econômicas). Essas medidas englobam:

a) Medidas de infraestrutura: Essas medidas avaliam o desempenho (observado ou simulado) e o nível de serviço da infraestrutura de transporte, como por exemplo, o grau de congestionamento e a média de velocidade na rede viária.

b) Medidas baseadas em localização: Esse tipo de mensuração investiga a acessibilidade em locais específicos e descreve o nível de acesso a atividades distribuídas espacialmente.

c) Medidas baseadas nas pessoas: Essas medidas focam na acessibilidade a nível individual, com o objetivo de quantificar as restrições à liberdade de ação de um indivíduo no ambiente. Isso pode incluir, por exemplo, restrições relacionadas às viagens ou à velocidade permitida pelo sistema de transporte.

d) Medidas baseadas em utilidade: Essas medidas levam em consideração os benefícios econômicos que as pessoas obtêm ao acessar as atividades distribuídas no espaço.

A acessibilidade, conforme definida por Hansen (1959), representa a oportunidade de interação disponível a um indivíduo ou grupo em um local específico, permitindo a participação em uma atividade ou alcançar um destino por meio de diferentes modos de transporte (Geurs e van Wee, 2004). Isso é considerado uma medida de acessibilidade ativa.

Existe também a perspectiva espacial, a capacidade de um determinado local de alcançar e ser alcançado de diferentes locais no sistema de transporte (Dalvi e Martin, 1976) e refere-se à acessibilidade passiva (Cascetta, Cartení e Montanino, 2016).

Cascetta, Cartení e Montanino (2016) definem a acessibilidade passiva como a acessibilidade de uma atividade ou local por potenciais usuários. Neste sentido pode-se considerar a acessibilidade como elemento que relaciona o consumidor e o armazém.

Embora a acessibilidade tenha tradicionalmente se concentrado em garantir que as pessoas possam viajar para destinos que oferecem oportunidades e suprimentos, o rápido crescimento do comércio eletrônico exige uma dimensão adicional relacionada à acessibilidade aos serviços de *online home delivery services* (OHDS). A OHDS pode fornecer acesso a bens para uma grande parte da população e nivelar o nível relativo de acessibilidade entre diferentes grupos sociais (Lucas, van Wee e Maat, 2016).

No entanto, a maioria das pesquisas sobre OHDS se concentra em perspectivas do setor privado, enquanto as pesquisas sobre políticas públicas se concentram nos impactos ambientais e não em seus efeitos sobre a acessibilidade ou inclusão (Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson, 2021).

Relativamente à definição de acessibilidade de transporte, ela se refere à capacidade de chegar a oportunidades em um local específico por meio de um sistema de transporte determinado. Enquanto isso, a acessibilidade relacionada ao *e-commerce* é definida como a capacidade de acessar mercadorias de um determinado local usando OHDS disponíveis (Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson, 2021).

Para os varejistas de comércio eletrônico, o principal interesse é garantir alta acessibilidade aos clientes e atender às suas necessidades com custos mínimos. No entanto, quando o custo de entrega é alto demais ou as receitas são muito baixas para certos grupos de clientes, a falta de serviços logísticos pode resultar em desigualdades significativas no acesso a bens pelos consumidores. Isso cria uma lacuna, uma vez que não é responsabilidade do setor privado garantir o acesso a OHDS, e as políticas de transporte raramente incluem o acesso a OHDS em suas métricas de acessibilidade (Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson, 2021).

Neste sentido, Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson (2021) discutem a necessidade de ampliar os serviços de OHDS sob a perspectiva da acessibilidade e marginalização. Os autores propõem um método para quantificar o acesso à OHDS e avaliar os níveis de desigualdades no acesso a esses serviços usando dados de fornecedores de OHDS nos setores farmacêutico e alimentício, bem como dados fornecidos por operadores de transporte que entregam encomendas. Eles realizaram um estudo de caso na região de *Vastra Gotaland*, na costa oeste

da Suécia, com o objetivo de medir o acesso a bens clássicos via OHDS e compará-lo com a demografia. Os resultados mostraram desigualdades significativas no acesso à OHDS, especialmente durante a pandemia da COVID-19 limitou a acessibilidade esses serviços. (Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson, 2021).

Conforme as ofertas de bens clássicos aos clientes através de plataformas on-line aumentam, tornou-se essencial examinar a acessibilidade e a marginalização social não apenas sob a perspectiva do uso da terra e do planejamento de transporte, mas também do acesso ao OHDS (Sanchez-Diaz, Vural e Halldórsson, 2021).

2.4 Mensuração da acessibilidade e os aspectos de interação

As pessoas tomam decisões de localização o tempo todo, seja para ir a um supermercado ou ao *shopping*, por exemplo. Da mesma forma acontece com as empresas e o fornecimento de serviços, assim, a localização se torna um atributo importante na tomada de decisões (Underhill, 2004).

A utilização do acesso geográfico para medir o desempenho de cidades e redes tem crescido nos últimos anos. Enquanto a mobilidade mede a facilidade de movimentação na rede, a acessibilidade mede a facilidade de alcançar destinos valorizados. Desta forma a acessibilidade considera tanto a mobilidade na rede quanto a distribuição espacial dos lugares os quais representam desejos de acesso (Levinson e Wu, 2020).

A acessibilidade pode ser explorada em diversas frentes, sendo considerado um conceito abstrato e várias abordagens de definições foram formuladas ao longo dos anos, seja no sentido de oportunidades, utilidade (fatores que envolvem o excedente do consumidor), ativa e passiva (atender as necessidades que envolvem as atividades econômicas e os indivíduos), descritiva e comportamental (Cascetta, Cartení e Montanino, 2012).

As medidas de acessibilidade são bastante úteis para compreender a estrutura urbana, pois fornece informações essenciais sobre a organização espacial dos sistemas urbanos (Horner, 2004). A capacidade de capturar a distribuição das atividades humanas permite revelar aspectos-chave da estrutura urbana (Horner, 2004; Geertman e Ritsema van Eck, 1995).

Avaliando as metodologias desenvolvidas sobre acessibilidade, medidas de acessibilidade simples e práticas são fatores importantes na avaliação do uso do solo e dos

sistemas de transporte, porque métodos complexos são menos prováveis de serem aplicados por planejadores e formuladores de políticas (Bertolini, Le Clerq e Kapoen, 2005).

Vários métodos têm sido desenvolvidos para medir a acessibilidade em estruturas urbanas. Os métodos são baseados em várias definições e/ou abordagens do conceito de acessibilidade e possuem vários níveis de exigência e complexidade de dados. (Lee e Miller, 2018; Geurs e van Wee, 2004; Liu e Zhu, 2004).

Existem fatores que devem ser levados em consideração para a definição de acessibilidade que considere a facilidade em atender necessidades em locais atribuídos no espaço para um sujeito localizado em uma determinada área (Cascetta, Cartení e Montanino, 2012).

Dentre estes fatores estão: a) os sujeitos envolvidos (características socioeconômicas do sujeito envolvido na atividade); b) a quantidade, a qualidade e a localização das oportunidades (atividades) consideradas (por exemplo, compras, escolaridade e locais de trabalho) ou a natureza, considerando a quantidade e a localização dos potenciais usuários no caso da acessibilidade passiva e; c) os atributos como tempo de viagem, tempos de acesso/saída, custos diretos e indiretos e a qualidade das viagens permitidas pelo sistema de abastecimento de transporte (Cascetta, Cartení e Montanino, 2012).

Nos estudos na literatura a seguir são apresentados alguns exemplos de mensuração de acessibilidade baseadas em localização: i. Medidas de contorno: Guy (1983); Black e Conroy (1977); Wachs e Kumagai (1973); Ingram (1971) e Wickstrom (1971); ii. Medida potencial: Handy (1994); Linneker e Spence (1992); Hansen (1959) e; Stewart (1947); iii. Medidas potenciais adaptadas: van Wee, Hagoort e Annema (2001); Shen (1998); Joseph e Bantock (1982); Knox (1978) e Weibull (1976); iv. Fatores de equilíbrio: Geurs e Ritsema van Eck (2003); Wilson (1970; 1971).

Nas primeiras aplicações sobre mensuração da acessibilidade ativa, a distância era usada como medida de custo de viagem, mas o tempo de viagem passou a ser mais utilizado. O mesmo grupo de tempo é experimentado de forma relativamente igual por diferentes grupos demográficos (Levinson e Wu, 2020).

O tempo de viagem de uma rota depende da velocidade de viagem ao longo da rede e da distância da rota (S_{ij}) e a eficiência (circuito) do projeto da rede é, muitas vezes, tão importante quanto a velocidade (V_{ij}) na rede na determinação do tempo de viagem. Ademais o

congestionamento pode impactar no tempo de viagem e pode ser considerado como uma impedância para o cálculo da acessibilidade (Levinson e Wu, 2020).

Os custos de tempo e monetários são a combinação mais usada como o custo generalizado (Levinson e Wu, 2020). Além da variável tempo, medidas de distâncias (também chamadas medidas de conectividade) são a classe mais simples de medidas de acessibilidade baseadas em localização, por exemplo, as medidas de acessibilidade relativa desenvolvidas por Ingram (1971).

Para compreender os aspectos que diferenciam a acessibilidade ativa e passiva, é crucial destacar que, na acessibilidade passiva a mensuração do custo ocorre do ponto j para o ponto i, enquanto que na acessibilidade ativa, essa mensuração ocorre do ponto i para o ponto j (Cascetta, 2009; Papa e Coppola, 2012; Levinson e Wu, 2020).

A mensuração da acessibilidade ativa envolve fatores como o ponto de localização entre origem (i) e destino (O), custos de viagem entre a origem e destino que podem ser estimadas considerando o tempo e a despesa monetária, as impedâncias que envolvem características de um grupo de usuários (neste aspecto são incluídos fatores censitários), para a população estimada em cada zona pode ser atribuído um peso para estimar o alcance destas pessoas a uma determinada atividade localizada no destino (Levinson e Wu, 2020; Cascetta, Cartení e Montanino, 2012).

A escala de mensuração da acessibilidade pode ser realizada em nível agregado ou desagregado. O nível agregado é baseado em zonas e o modelo desagregado seria a análise em um menor nível entre origem i (cada pessoa/usuário) e destino (edifícios) (Cascetta, Cartení e Montanino, 2012).

Hansen (1959) realizou uma análise da acessibilidade levando em consideração o potencial de oportunidades de interação. O cálculo é realizado da seguinte forma, na Equação (1):

$$A_2 = \frac{S_2}{T_{1-2}^x} \quad (1)$$

Onde, A_2 = pode ser considerado como a mensuração relativa da acessibilidade da zona 1 para a atividade localizada na zona 2; S_2 = pode ser considerado como o número de atividades

econômicas na zona 2; T_{1-2} = tempo de viagem ou distância entre zona 1 e zona 2; x = é o expoente que descreve o efeito do tempo de viagem entre as zonas.

Geurs e van Wee (2004) e Ingram (1971) entendem que os indicadores baseados na distância são a classe mais simples de medida de acessibilidade. O elemento comum nessa categoria é a sua derivação a partir de alguma medida de impedância, como a distância euclidiana ou o tempo mínimo de deslocamento entre os pontos. A seguir é mostrado o índice de Ingram (1971), na Equação (2):

$$A_i = \sum_{j=1}^n f(C_{ij}) \quad (2)$$

Onde, A_i é a acessibilidade da região i , C o custo ou tempo necessário para se superar a distância entre i e j , e $f(\dots)$ uma função matemática representativa do efeito da impedância.

De acordo com Geurs e van Wee (2004) a medida de acessibilidade potencial tem a seguinte forma, assumindo uma função de custo exponencial negativo, Equação (3):

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_j e^{-\beta C_{ij}} \quad (3)$$

Onde, A_i é a mensuração da acessibilidade na zona i para todas as oportunidades D na zona j , C_{ij} são os custos de viagem entre i e j , e β é o parâmetro de sensibilidade de custo.

Outra forma de mensuração da acessibilidade é a consideração do potencial de acessibilidade (baseado no modelo gravitacional). O método tem sido amplamente utilizado em estudos urbanos e geográficos desde o final da década de 1940. Os estudos mais conhecidos são: Vickerman, 1974; Ingram, 1971; Hansen, 1959 e; Stewart, 1947.

Através da revisão da literatura são apresentados os modelos de mensuração da acessibilidade. Por meio da acessibilidade ativa é possível investigar a relação entre os armazéns e lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor).

2.5 Identificação das centralidades de acordo com a função urbana

A expansão urbana, conforme argumentado por Duarte (1974); Corrêa (1995) e Souza (2005), propicia a descentralização de empreendimentos o que, por sua vez, atende às necessidades da população que reside distante do centro urbano passa a ter as suas necessidades supridas com a constituição de centralidades com diferentes graus de magnitude. No contexto urbano, com base na densidade demográfica e renda da população, determinadas centralidades podem surgir como significativos subcentros de comércios e serviços (Corrêa, 1995).

Zukin (1998) sugere que as cidades pós-industriais se organizam em torno do consumo em vez da produção e, Lipovetsky (2007) desenvolve a teoria da sociedade do hiperconsumo, que corresponde a uma nova fase do capitalismo de consumo em que o consumidor desempenha um papel central na economia de mercado. Essa mudança na organização do espaço em torno do consumo resulta em novas estratégias na produção do espaço urbano, destinado a seduzir e atrair consumidores, gerando novos espaços de consumo.

Milani e Silva (2009) definem centralidade como a circulação contínua de consumidores, trabalhadores, automóveis, mercadorias e informação para determinados lugares. É de salientar a importância de se perceber que a intensidade desse movimento ou fluxo depende da importância de um determinado local e a sua capacidade de trazer mais pessoas. Nesse caso, faz sentido analisar a centralidade do ponto de vista das funções desses locais.

Para avaliar as centralidades com base em sua função urbana, um método aplicável envolve o uso de dados de Pontos de Interesse (POIs) que representam atividades urbanas cadastradas de forma colaborativa. Uma das plataformas que auxiliam no cadastro destas informações é o *OpenStreetMap* (OSM). Considerando que o mercado consumidor está vinculado a áreas com atividades urbanas, faz sentido explorar a identificação das centralidades com base em suas funções urbanas.

Zhang e Pfoser (2019) observam que as teorias urbanas tradicionalmente examinavam cidades em um nível macro considerando os aspectos de toda a cidade ao longo de décadas. Atualmente, os estudos urbanos procuram compreender os processos urbanos em escalas menores, como edifícios e níveis de cidadãos, o que apresenta desafios significativos na pesquisa em ciência de dados urbana.. Em complemento ao aspecto da escala, a velocidade também está presente na disponibilidade dos dados e refere-se à análise em tempo real, o que

deve levar a tomadas de decisão mais rápidas. Esses aspectos dão origem ao campo emergente da ciência de dados chamado de *Urban Analytics* (Zhang e Pfoser, 2019).

Já o desenvolvimento da tecnologia da comunicação e da tecnologia da *web 2.0*, incentivou o compartilhamento de dados de *crowdsourcing* relacionados ao comportamento da vida cotidiana das pessoas (Kitchin, 2014). Esses dados rapidamente se tornaram uma fonte fundamental para análises orientadas por dados em geografia e estudos urbanos (Miller e Goodchild, 2015). Sui, Elwood e Goodchild (2013) destacam que a Informação Geográfica Voluntária (VGI) refere-se a dados de *crowdsourcing* para a produção de conhecimento geográfico, enfatizando o processo de coleta de dados. Dados de redes sociais, Pontos de Interesse (POIs) e sites colaborativos são exemplos importantes de tipos de dados (Niu e Silva, 2020).

Dados de *crowdsourcing* demonstraram potencial para compreender a atividade urbana e seus padrões subjacentes, preenchendo lacunas na análise dos dados que conjuntos tradicionais não conseguem cobrir no contexto urbano (Long e Liu, 2016; Thakuriah, Tilahun e Zellner, 2016). No entanto, o conjunto de dados tradicionais e dados baseados em questionários para entender a atividade urbana não devem ser descartados. Ao considerar o número total de usuários e produtores de dados *crowdsourcing*, estes representam uma pequena fração da população, portanto seria errôneo considerar a substituição de métodos robustos de coleta de dados e ter apenas dados *crowdsourcing* como uma solução para todos os problemas de dados (Niu e Silva, 2020).

A Figura 3 a seguir ilustra a evolução da aplicação de dados abertos colaborativos no contexto urbano, incluindo dados de VGI.

Figura 3: Evolução na aplicação de dados abertos colaborativos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Importa mencionar que, no que se refere aos dados de VGI existem quatro áreas distintas de exploração desses dados: *GIScience*, *DataScience*, *Urban Studies* e Geografia humana. (Niu e Silva, 2020).

A utilização de dados *crowdsourced*, com o auxílio de técnicas de mineração de dados em Ciência de Dados, começou a ganhar destaque no contexto da Geografia em 2013, como documentado nos artigos de Crampton *et al.* (2013) e Li, Goodchild e Xu (2013), que resumiram o potencial desses dados para a identificação de padrões na dinâmica urbana, sobretudo em relação a aspectos socioeconômicos previamente não explorados.

De acordo com a pesquisa de Niu e Silva (2020) as fontes de dados *crowdsourced* podem ser classificadas em três categorias principais: a) mídias sociais: que consistem em informações compartilhadas por indivíduos em redes sociais; b) Pontos de Interesse, que se referem a localizações específicas de edifícios e instalações funcionais e; c) sites colaborativos: onde informações voluntárias ou informações colaborativas são obtidas por meio de plataformas online. As aplicações desses dados incluem análises de padrões de atividade, mobilidade, comportamento social, uso da terra, análise semântica, detecção de eventos,

inferência de localização, gerenciamento de desastres, gerenciamento de tráfego, entre outros (Niu e Silva, 2020).

Nesse contexto, os POIs, como uma categoria de dados *crowdsourced* e parte do VGI, referem-se a localizações associadas a instalações comerciais, áreas públicas e meios de transporte (Niu e Silva, 2020). Esses dados POIs são frequentemente obtidos de bancos de dados de código aberto, como *OpenStreetMap* (OSM) e dados de redes sociais conhecidos como *check-in*. Eles geralmente incluem informações como o nome do local, função, código postal e endereço, que refletem a distribuição das instalações (Niu e Silva, 2020).

Vale notar que os dados de POIs estão intrinsecamente relacionados à localização/locais coletando registros de visitas ou avaliações de usuários, enquanto os dados sociais se baseiam em conteúdo e coletam informações de localização dos indivíduos de maneira alternativa (Niu e Silva, 2020). Como exemplo, os dados do OSM, incluindo *check-in* de POIs em relação às mídias sociais, são utilizados por pesquisadores para investigar a dinâmica urbana em termos de estrutura urbana, uso funcional urbano e padrões de atividade urbana, além de mapeamento populacional (Niu e Silva, 2020).

Os POIs, por serem dados baseados em localização, estão intimamente relacionados ao ambiente urbano construído e têm sido usados na exploração de características físicas de áreas urbanas, como forma/estrutura urbana (Deng *et al.* 2019; Pan *et al.*, 2018; Song *et al.* 2018), limite urbano e crescimento urbano (Daggitt *et al.*, 2016; Long *et al.*, 2015). Pesquisadores têm usado POIs para identificar o uso do solo e investigar as características da função urbana (Liu *et al.*, 2017; Frias-Martinez e Frias-Martinez, 2014; Zhan, Ukkusuri e Zhu, 2014; Yuan, Zheng e Xie, 2012).

Ao analisar as informações geoespaciais de maneira mais granular e com conteúdo continuamente atualizado em relação ao comportamento dos humanos, os pesquisadores têm se voltado para a delimitação de áreas funcionais urbanas por meio de dados *crowdsourced* geoespaciais, permitindo uma mudança de enfoque da análise baseada em movimento para análise baseada em atividade (Wu *et al.*, 2014).

Dentre as vantagens notáveis na utilização de dados *crowdsourcing* está a riqueza de informações espaciais, temporais, sociodemográficas e de percepção relacionadas à atividade urbana, proporcionando oportunidades para obter *insights* sobre a dinâmica urbana de uma perspectiva do público. Em uma era de *big data*, esses tipos de dados estão amplamente

disponíveis, com granularidade fina, tempo real e alta frequência com a atualização contínua (Niu e Silva, 2020).

Devido a estas características dos dados, tem havido um aumento significativo no número de estudos de diferentes naturezas e abrangências que se dedicam à análise da atividade urbana fazendo uso das principais fontes de dados *crowdsourced*. Essas fontes incluem, por exemplo, mídias sociais, dados de POIs e sites colaborativos, com diferentes conteúdos como texto, imagens, *tags* e perfis. É relevante notar que cada fonte de dados tem sua vantagem em domínios específicos (Niu e Silva, 2020).

Embora existam legítimas preocupações e desafios associados ao uso de dados *crowdsourcing*, é de extrema importância avaliar como essas novas formas de dados podem ser exploradas e aproveitadas para revelar informações valiosas relacionadas a aspectos espaciais, temporais, características sociodemográficas e de percepção da atividade urbana. Isso requer uma compreensão profunda de que uma nova análise urbana, fundamentada em dados, está em desenvolvimento. Essa abordagem envolve *GIScience*, geografia humana, estudos urbanos e ciência de dados e está se consolidando na era da revolução dos dados digitais (Niu e Silva, 2020).

Existe uma vertente de estudos que se concentra na avaliação abrangente da qualidade dos dados de VGI e POIs para aplicações alternativas em estudos urbanos, em contraposição aos métodos convencionais. Dentre esses estudos, destacam-se análises de qualidade dos dados de VGI, como as realizadas por Senaratne *et al.* (2017), Jonietz e Zipf (2016), Antoniou e Skopeliti (2015) e Haklay (2010). Além disso, há investigações sobre a qualidade dos dados de POIs do OSM, como as conduzidas por Zhang e Pfoser (2019), Touya *et al.* (2017), Vandecasteele e Devillers (2015), Zielstra e Zipf (2010) e Mülligan *et al.* (2011). Também foram abordadas análises históricas da qualidade dos dados de POIs em contextos urbanos, conforme o estudo de Antoniou, Touya e Olteanu-Raimond (2016).

Estes estudos mostram que os dados de POIs do OSM apresentam uma alternativa viável para análises em estudos urbanos, em contrapartida aos métodos convencionais que podem ser menos acessíveis ao público em geral.

Ao considerar o contexto urbano e a mineração dos dados VGI na literatura, identificam-se exemplos de análises de atividades urbanas com base em dados de mídias sociais, tais como os estudos realizados por: (Khan, Wan e Yu, 2020; Peng, Bao e Huang, 2020; Martí, Serrano-

Estrada e Nolasco-Cirugeda, 2019; Sun *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2015; Noulas *et al.*, 2012). Além disso, vários estudos utilizaram POIs para análises de funções urbanas como variável de investigação, incluindo os trabalhos de Oliveira, Dablanc e Schorung (2022); Yang *et al.*, (2022); Zhang *et al.*, (2020); Barranco *et al.*, (2018); Bakillah *et al.*, (2014).

Yang *et al.* (2022) propuseram um método que integra características morfológicas de dados em menor escala e características socioeconômicas de dados de POI, em escala de bairros, fornecendo informações relevantes para a classificação funcional urbana. Para essa pesquisa, utilizaram uma rede neural de grafos para extrair características morfológicas de edifícios urbanos e, em seguida, e aplicaram modelos computacionais para obter características socioeconômicas dos POIs. Por fim, construíram um modelo de classificação que integra informações dos edifícios (em menor unidade) e POIs para análises funcionais urbanas.

De acordo com Wu *et al.*, (2014) a utilização de dados VGI, especialmente os POIs possibilitam análises em unidades territoriais menores, contribuindo para investigações locais da função urbana. A abordagem, que envolve grades e células, favorece uma conformidade para a aplicação de dados de VGI no aspecto mais microscópico. Esta é a tendência na literatura nos estudos da área de *Urban Analytics* (Zhang e Pfoser, 2019).

Barranco *et al.* (2018) analisaram os países da União Europeia, desagregando o território em unidades de grades e dentro destas grades a menor unidade é composta por células. No estudo, realizaram operações estatísticas, calculando o número total e o número médio de POIs por célula para cada país. Os dados de POIs foram obtidos por meio do OSM.

Através do cálculo do número de pontos por célula, foi possível identificar áreas de atividades que possuem maior quantidade de pontos por célula, ou seja, mais densas e áreas de atividades que são mais esparsas. Nesse sentido as grades de densidade de POIs tem potencial de mensurar acessibilidade por serem uma *proxy* da concentração do mercado consumidor e podem refinar o uso e ocupação do solo e reduzir o impacto do preço para habitação (Barranco *et al.*, 2018).

Oliveira, Dablanc e Schorung (2022) propuseram uma tipologia de sub-áreas dentro de áreas metropolitanas, denominada Índice de Atividade Urbana (UAI), com base em atividades urbanas. Essas áreas metropolitanas estão localizadas nos Estados Unidos. A contribuição desse estudo é explorar a estrutura espacial com base em dados abertos do OSM, visando classificar padrões espaciais relacionados a armazéns, preços de aluguel e estrutura urbana. Para a

investigação da função urbana e definição de centralidades, Oliveira, Dablanc e Schorung (2022) dividiram a área de estudo em células hexagonais com dimensão de 5 km na diagonal menor. No que diz respeito à função urbana, os autores consideraram, os POIs, em termos absolutos, sem calcular a densidade por área, diferentemente de outros estudos (Zhang *et al.*, 2020; Barranco *et al.*, 2018; Bakillah *et al.*, 2014). Eles também incorporaram a rede viária para definir as centralidades, argumentando que a comunicação e análise de fenômenos seriam mais poderosas se os atributos não fossem calculados levando em conta medidas de densidade por área.

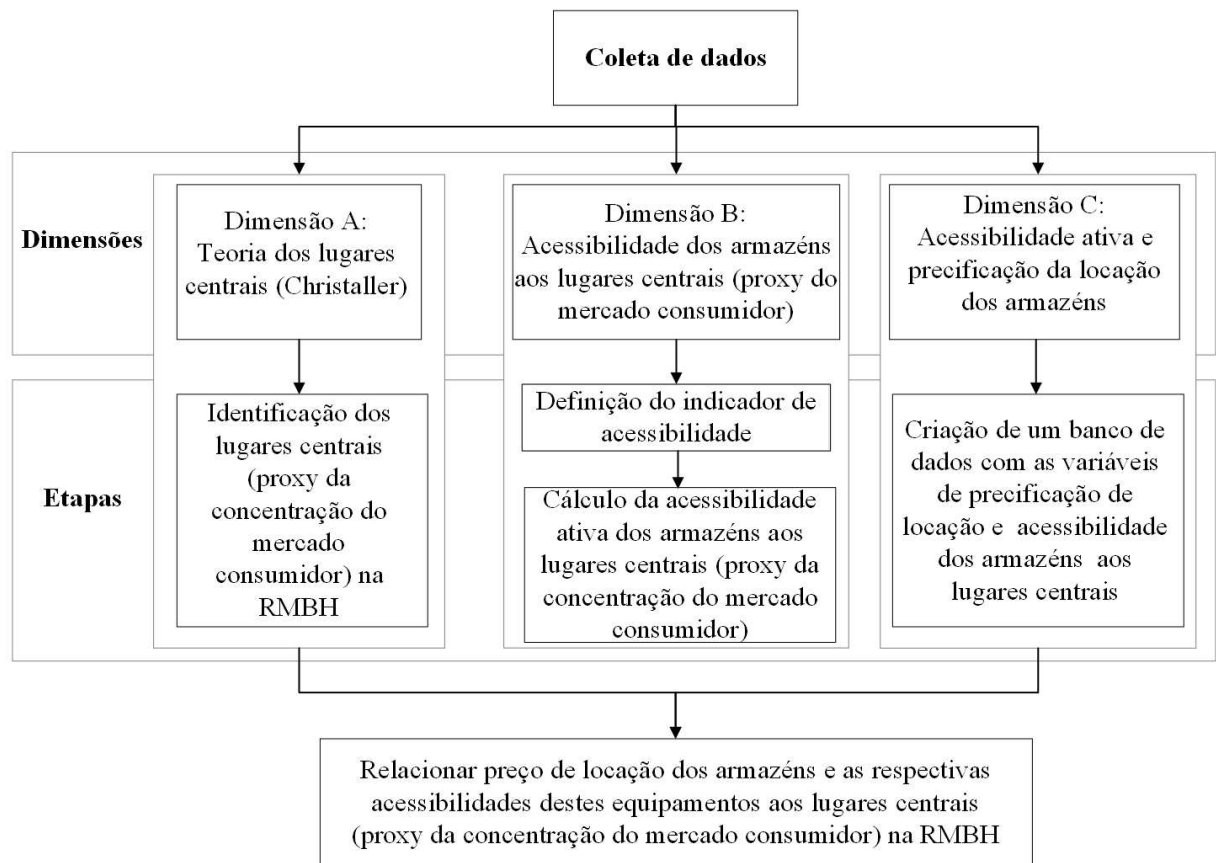
Portanto, a partir das investigações sobre a qualidade dos dados de POIs (Zhang e Pfoser, 2019; Touya *et al.*, 2017; Antoniou *et al.*, 2016; Vandecasteele e Devillers, 2015; Mülligan *et al.*, 2011; Zielstra e Zipf, 2010) e dos estudos que se concentraram na função urbana (Oliveira, Dablanc e Schorung, 2022; Yang *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2020; Barranco *et al.*, 2018; Bakillah *et al.*, 2014), fica evidente que a aplicação de POIs do OSM se revela como um método eficaz para identificar centralidades para o presente estudo.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta dissertação busca-se a compreensão dos aspectos relacionados ao mercado imobiliário de armazéns, com foco na precificação da locação dos armazéns e na acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor). A área de estudo escolhida para esta pesquisa é a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Os procedimentos do método de pesquisa estão ilustrados na Figura 4 e serão apresentados ao longo deste capítulo.

Figura 4: Fluxograma das etapas do processo metodológico.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 Identificação das centralidades na Região Metropolitana de Belo Horizonte

A identificação das centralidades de uma cidade pode ser utilizada no planejamento urbano de forma ampla, visto que as centralidades representam espaços urbanos com características marcantes, tais como seu simbolismo, níveis mais elevados de acessibilidade, integração e concentração de atividades, além do valor de seu solo (Medonça e Kneib, 2017).

A área funcional representa a unidade básica para o planejamento urbano, gestão e alocação de recursos. As áreas funcionais urbanas constituem atributos geoespaciais essenciais do solo urbano, nos quais as pessoas se envolvem em diversas atividades socioeconômicas. Geralmente, essas áreas funcionais são determinadas por duas perspectivas: o tipo de uso do solo e as atividades humanas, abrangendo terrenos residenciais, industriais, comerciais e estabelecimentos comerciais (Wang *et al.*, 2021).

Os dados de Pontos de Interesse (POIs) e a rede rodoviária disponíveis no *OpenStreetMap* (OSM) podem ser aproveitados para a identificação de áreas funcionais, principalmente quando se consideram diversos parâmetros na identificação de centralidades em municípios e regiões metropolitanas. As vantagens da utilização dos POIs incluem:

a) Contém informações sobre atividades em nível de ponto, o que pode ser útil para análises das funções urbanas; b) Possuem uma cobertura quase global e; c) Apresentam alta espacialidade, pois esses locais são registrados geograficamente e atualizados diariamente por colaboradores.

O *OpenStreetMap* (OSM) é uma plataforma de informações geográficas voluntárias que contribui para a obtenção de dados referentes aos POIs e a rede viária. Os POIs representam atividades urbanas, e sua inclusão no OSM é realizada por meios colaborativos. Portanto, tanto os POIs quanto a rede viária podem ser utilizados para pesquisas relacionadas ao meio urbano. (Wang *et al.*, 2021).

Na literatura, estudos anteriores demonstraram que a utilização dos dados de POIs se mostrou altamente eficaz na análise das funções urbanas e na identificação de centralidades, quando comparados aos dados de atividades comerciais fornecidos por órgãos públicos. É importante ressaltar que a obtenção desses dados junto a órgãos públicos pode ser dispendiosa e muitas vezes demorada (Bosco Junior, 2020).

Portanto, ao investigar a qualidade dos dados de POIs em estudos anteriores (Zhang e Pfoser, 2019; Touya *et al.*, 2017; Antoniou, Touya e Olteanu-Raimond, 2016; Vandecasteele e Devillers, 2015; Mülligan *et al.*, 2011; Zielstra e Zipf, 2010) e nas pesquisas publicadas sobre função urbana (Oliveira, Dablanc e Schorung, 2022; Yang *et al.*, 2022, Wang *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2020; Barranco *et al.*, 2018; Bakillah *et al.*, 2014) é possível considerar a utilização de dados de POIs para caracterizar as centralidades na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Os lugares centrais são *proxy* da concentração do mercado consumidor e, os POIs, representam as atividades urbanas, a identificação das centralidades por meio dessa abordagem metodológica contribui para a localização do mercado consumidor. A seguir são apresentados alguns estudos que analisam a função urbana com base em dados de POIs.

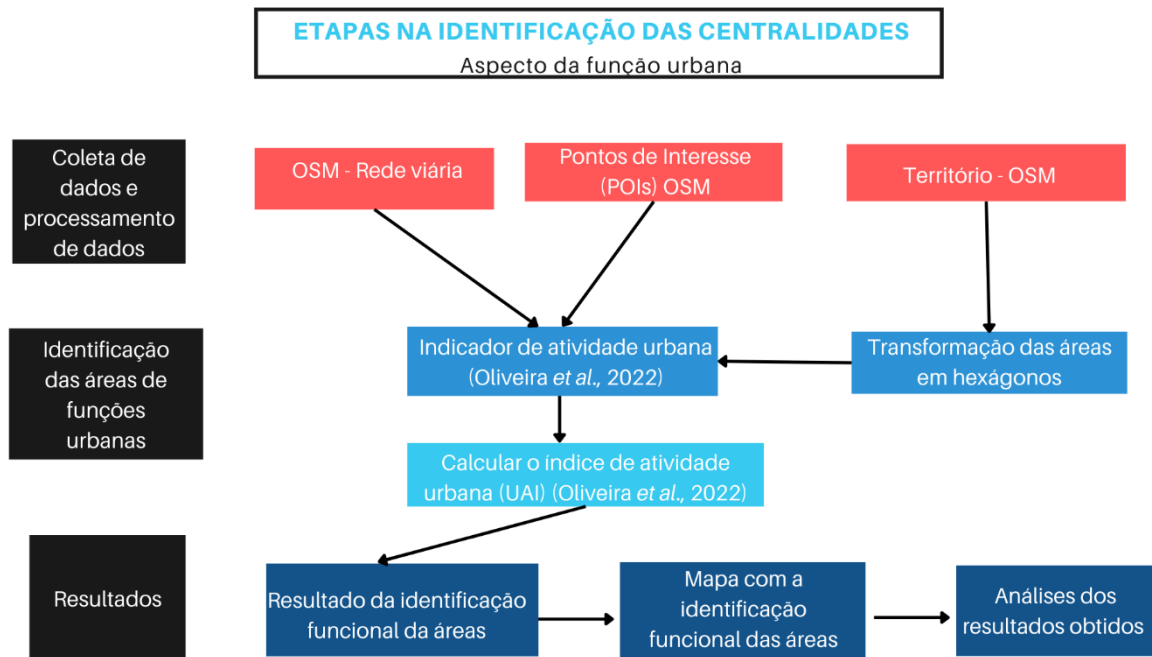
Wang *et al.*, (2021) propõe um método para identificar áreas funcionais urbanas utilizando dados de *OpenStreetMap* (OSM) e POIs. O estudo utiliza a área urbana central de Hangzhou (China) para analisar as características da distribuição espacial das áreas funcionais. Essas áreas urbanas centrais de Hangzhou foram divididas em 21 categorias de áreas funcionais, incluindo áreas funcionais únicas, áreas funcionais mistas e áreas funcionais abrangentes. Para classificar essas áreas funcionais, os POIs são categorizados e a densidade de Kernel é calculada.

Liu e Long (2015) propõem um método para identificar e caracterizar automaticamente parcelas (AICP) com dados OSM e POIs. As parcelas são unidades espaciais básicas para modelagem urbana em escala fina, estudos urbanos e planejamento social. Nesse contexto, as redes rodoviárias OSM são usadas para identificar as geometrias das parcelas enquanto os dados de POIs são usados para inferir as características das parcelas.

Bakillah *et al.*, (2014) e Barranco *et al.* (2018) utilizam grids para calcular a densidade de POIs e investigar a estrutura urbana. Oliveira, Dablanc e Schorung (2022) para identificar as centralidades, também utiliza o território em formato de grids, considerando unidades hexagonais e dados de POIs do OSM. Este estudo seguirá a abordagem apresentada por Oliveira, Dablanc e Schorung (2022) para a identificação das centralidades com os POIs do OSM e o território da RMBH transformado em unidades hexagonais, mas não incluirá a classificação das atividades urbanas, conforme proposto por Oliveira, Dablanc e Schorung (2022).

A Figura 5 apresenta as etapas da identificação das centralidades elaboradas por Oliveira, Dabanc e Schorung (2022). Após a definição do indicador de atividade urbana, conforme o método proposto por Oliveira, Dabanc e Schorung (2022), foi calculado o índice de atividade urbana (UAI) e definiu-se uma classificação para as atividades urbanas.

Figura 5: Etapas na identificação das centralidades.



Fonte: Oliveira, Dabanc e Schorung, (2022).

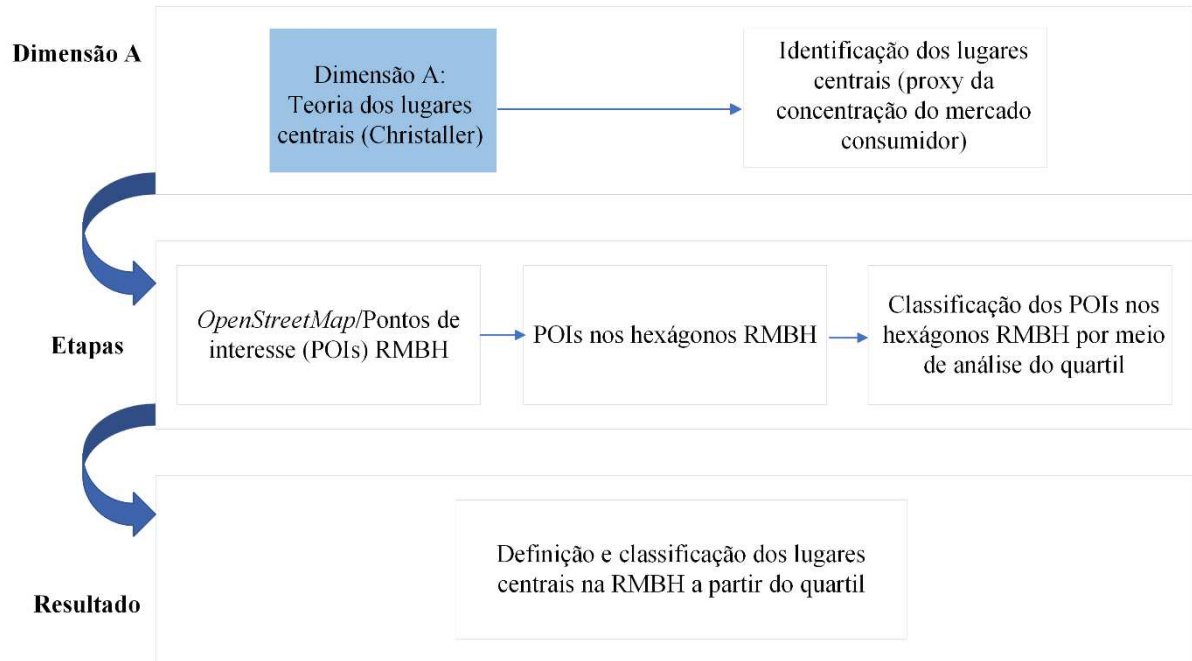
No estudo realizado por Oliveira, Dabanc e Schorung (2022), os POIs não foram estratificados por categorias de atividades, pois o objetivo da coleta das informações e da localização da infraestrutura viária era a identificação de centralidades em várias regiões metropolitanas nos Estados Unidos (46 áreas).

O índice de Atividade Urbana (UAI) foi calculado com base no número de POIs em cada célula e no somatório da rede viária em cada célula (considerando o comprimento das vias). Para medir o comprimento das vias, Oliveira, Dabanc e Schorung (2022) utilizaram a técnica desenvolvida por Quinn (2013).

Neste sentido, para a identificação de centralidades no presente estudo o território da RMBH é desagregado em grids em formato hexagonal e, os POIs do OSM referente a RMBH

foram incluídos nestes hexágonos em relação as suas respectivas localizações geográficas. Para a obtenção dos dados de POIs do OSM é necessário a coleta dos dados por meio da linguagem R e estes dados foram georreferenciados. A Figura 6 mostra as etapas para a identificação das centralidades na RMBH para o presente estudo.

Figura 6: Dimensão A – Identificação dos lugares centrais na RMBH.



Fonte: Elaborado pela autora.

No que diz respeito à etapa de definição das centralidades, o território da RMBH foi subdividido em unidades hexagonais para se permitir análises espaciais com os POIs da RMBH. Em seguida, utilizando os dados de unidades hexagonais do território da RMBH e os dados georreferenciados dos POIs, a etapa subsequente envolve o cálculo do número de POIs por unidade hexagonal. Com base nesse cálculo, os POIs são classificados nos hexágonos por meio de uma análise estatística com o quartil, que é utilizada para identificar e classificar as centralidades. Os hexágonos com um número de POIs igual ou superior a 75%, de acordo com o quartil, no nível 4 são considerados como centralidades. Vale destacar que o quartil divide a amostra em análise em 4 partes iguais. A escolha dessa faixa de maior ou igual a 75% ao analisar o quartil é devido representar o maior número de POIs nos hexágonos da RMBH. Ademais,

foram realizados vários estudos com recortes espaciais para se chegar a essa definição. No estudo foram definidas 5 classes de centralidades, conforme apresentado na Tabela 3.

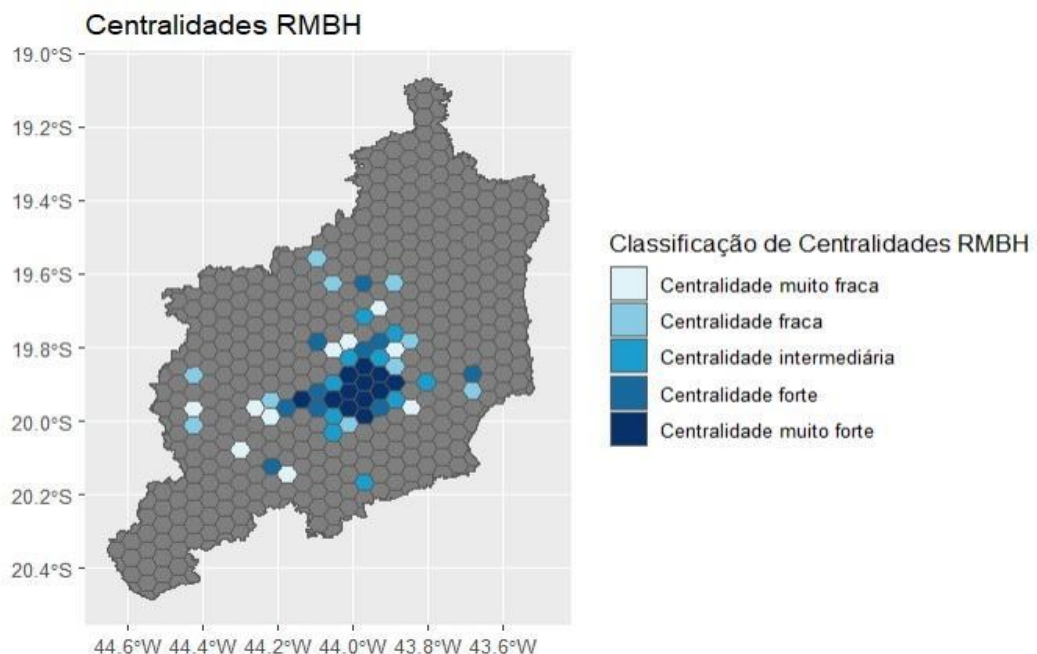
Tabela 3: Definição das centralidades RMBH.

Classes	Centralidades
75 a 79%	Centralidade muito fraca
80 a 84%	Centralidade fraca
85 a 89%	Centralidade intermediária
90 a 94%	Centralidade forte
95 a 100%	Centralidade muito forte

Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, foi elaborado um mapa que exhibe a classificação das centralidades na RMBH, apresentado na Figura 7. Com a identificação das centralidades estabelecidas, a etapa subsequente envolve a realização de análises para avaliar a acessibilidade dos armazéns em relação aos lugares centrais que leva em consideração a classificação dessas centralidades definidas no estudo.

Figura 7: Centralidades RMBH.



Fonte: Elaborado pela autora.

Embora os POIs sejam uma alternativa para a identificação das centralidades, sua utilização é limitada devido ao fato de que o cadastramento das informações no OSM é restrito aos usuários que possuem smartphones. Isso implica que apenas aqueles que têm acesso a essa tecnologia podem contribuir com dados, o que por consequência, restringe a exploração dos dados pela rede colaborativa.

4.2 Método da coleta de dados da precificação da locação dos armazéns na Região Metropolitana de Belo Horizonte e geocodificação espacial dos armazéns

O objetivo da coleta de dados relacionados aos armazéns é obter as informações necessárias para que seja possível investigar a relação entre os preços de locação dos armazéns e acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor) da RMBH. Após a obtenção dos resultados em cada etapa, o objetivo é criar recursos visuais, elementos gráficos e mapas que possam apoiar o processo decisório em relação ao planejamento da estrutura urbana, levando em consideração as práticas do mercado imobiliário de armazéns.

A coleta de dados sobre os armazéns para a RMBH foi realizada no mês de maio de 2022, utilizando o site ZAP Imóveis e a linguagem R. Vale ressaltar que os dados coletados nesse site representam apenas uma parte do universo de informações relacionadas aos armazéns, e a pesquisa concentrou-se naquelas disponíveis para locação.

A coleta de dados relacionados à precificação da locação dos armazéns foi realizada por meio de *web scrapping*, um processo que envolve a extração de conteúdo e dados de sites por meio de *software*. Trata-se da coleta de dados não estruturados, isto é, não possuem estrutura ou arquitetura identificável predefinida. Precisam de tratamento de limpeza e estruturação para a exploração das informações. As etapas aplicadas no método de pesquisa referente à precificação da locação dos armazéns e a organização dos dados para geocodificação espacial dos armazéns envolve as seguintes etapas:

a) Inicialmente, foi realizado um processo de raspagem e varredura no site ZAP Imóveis referente a locação dos armazéns em cada município na RMBH. Durante essa fase, foram coletados dados que incluíram o endereço dos armazéns, valor monetário de locação em moeda R\$ e tamanho por área em m² para cada armazém;

b) Em seguida, os dados coletados foram organizados e preparados por meio de pesquisa e varredura no mecanismo de busca Google. Essa etapa visou estruturar os dados de forma que pudessem ser posteriormente utilizados na geocodificação.

c) Por fim, realizou-se a geocodificação dos dados, o que permitiu atribuir informações de localização espacial aos armazéns na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Após a raspagem e varredura dos dados por meio do site ZAP Imóveis, foi realizada a organização das informações obtidas e a elaboração do dicionário apresentado no Quadro 1. Este dicionário contém as variáveis necessárias para posterior geocodificação através do Google.

Quadro 1: Dicionário para geocodificação espacial.

Cod	Dados do armazém
Tipologia	Galpão ou loja
Addr	Endereço do imóvel no município
Número	Número da localização do imóvel na rua ou avenida
Bairro	Localização do imóvel dentro do espaço do município
Município	Em qual município está localizado o imóvel
UF	Estado brasileiro de localização do imóvel
CEP	Código de endereçamento postal do imóvel
País	Em qual país está localizado o imóvel
Preço de locação	Preço de locação em R\$ dos imóveis por mês
Tamanho	Tamanho em m ² em relação a área construída de cada imóvel
Longitude	Coordenada geográfica x de localização do imóvel para geocodificação espacial
Latitude	Coordenada geográfica y de localização do imóvel para geocodificação espacial

Fonte: Elaborado pela autora.

Através da varredura e análise dos dados coletados no site ZAP Imóveis por meio do Google, foi possível identificar a tipologia dos imóveis, diferenciando-os entre galpões e lojas na RMBH. Esse processo proporcionou uma refinada e mais rigorosa apuração dos dados.

Através dessa análise, verificou-se que a RMBH possui um total de 616 armazéns, sendo que a maior concentração de lojas está em Belo Horizonte, com um total de 93 estabelecimentos. Além disso, o município também lidera em relação ao número de galpões, com um total de 307. Todos os dados obtidos foram coletados no site ZAP Imóveis e seguiram rigorosamente os critérios estabelecidos para a posterior geocodificação, seguindo com rigor os dados no site ZAP Imóveis.

A necessidade de aplicar filtros na apuração dos dados se fez imprescindível para viabilizar a subsequente geocodificação espacial de cada galpão e loja. Ao longo das etapas que

vão desde a coleta de dados no site ZAP Imóveis até a geocodificação espacial dos armazéns, tornou-se evidente a importância de cada variável para as análises dos principais eixos deste estudo, conforme definido na Figura 4.

É necessário compreender que esses eixos do estudo estão interligados e após realizar as análises para acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais será possível relacionar o preço de locação dos armazéns e as respectivas acessibilidades desses equipamentos aos lugares centrais (proxy da concentração do mercado consumidor) na RMBH. O Quadro 2 relaciona as variáveis e a sua relação com os eixos principais desta pesquisa:

Quadro 2: Variáveis de estudo e sua relação com os eixos principais da pesquisa.

Localização dos armazéns e centralidades	Acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais	Acessibilidade e precificação da locação dos armazéns com a criação de banco de dados
<p>Geocodificação dos armazéns para localização na RMBH: cod, tipologia, addr, número, bairro, município, UF, CEP, país. identificação de lojas e galpões.</p> <p>Identificação e classificação das centralidades na RMBH: Localização dos Pontos de Interesse (POIs) do <i>OpenStreetMap</i> (OSM) na RMBH e o território da RMBH em unidades hexagonais.</p>	<p>Localização dos armazéns na RMBH por meio da geocodificação.</p> <p>Localização dos Pontos de Interesse (POIs) nas centralidades que foram classificadas como lugares centrais.</p> <p>Análise da acessibilidade: intensidade das relações entre os armazéns e centralidades, considerando aspectos da acessibilidade ativa e aplicação do modelo gravitacional.</p>	<p>Considera as demais etapas anteriores com as respectivas variáveis e análises.</p> <p>Os dados de precificação da locação e tamanho dos armazéns por m² foram obtidos por <i>web scrapping</i> no site ZAP Imóveis.</p>

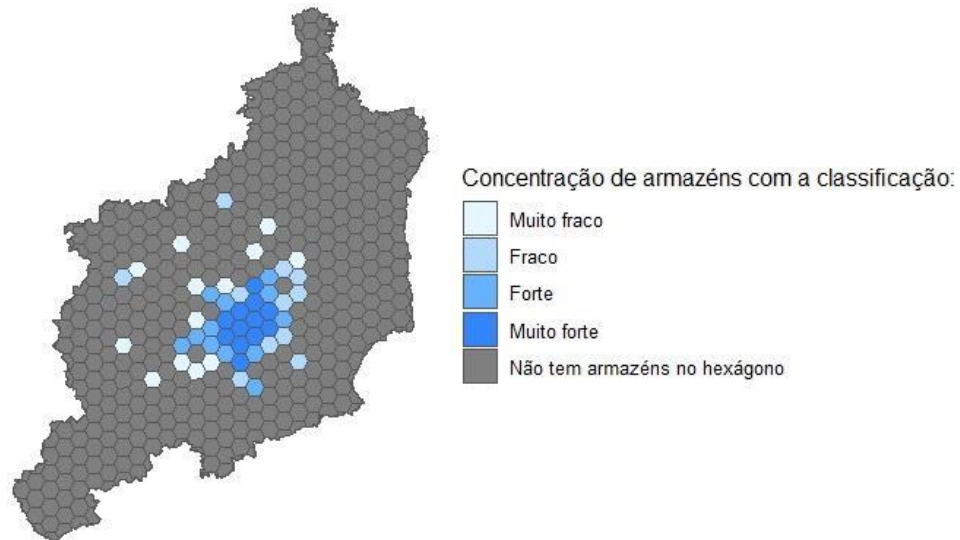
Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 8 exibe o mapa que foi criado a partir da representação dos armazéns distribuídos nos hexágonos da RMBH. Para a elaboração deste mapa, utilizou-se o método da estatística através do quartil, o qual permitiu a identificação e classificação das áreas com maior concentração de armazéns nos hexágonos. Importante destacar que o mapa foi produzido após a realização de uma minuciosa etapa de limpeza e tratamento dos dados.

Figura 8: Concentração de armazéns por hexágono na RMBH.

Concentração de armazéns por hexágono na RMBH

Classificação do número de armazéns por hexágono em relação ao Quartil



Fonte: Elaborado pela autora.

Após uma compreensão aprofundada das variáveis e de suas aplicações no método de pesquisa apresentado na Tabela 5, a próxima etapa consistirá na definição dos parâmetros necessários para calcular a matriz de viagem. Essa matriz será gerada por meio do pacote *r5r*, desenvolvido por Pereira *et al.* (2021), e servirá como base para o cálculo da acessibilidade dos armazéns em relação aos lugares centrais da RMBH.

4.3 Tipologia da rede viária na estimação da matriz do tempo de viagem e as impedâncias

Para realizar a análise de acessibilidade entre os armazéns e as centralidades, o primeiro passo é calcular a matriz de viagem, onde o custo da viagem, ou seja, a impedância, será medido em termos de tempo. No presente estudo, utiliza-se o pacote *r5r*, desenvolvido por Pereira *et al.* (2021), para gerar essa matriz de viagem. O *r5r* emprega a tipologia da rede viária como base para a geração da matriz de viagem.

O *r5r* é um pacote de *software* desenvolvido para a linguagem de programação R e de código aberto, que oferece recursos avançados de roteamento em rede de transporte multimodal. O pacote utiliza como base a biblioteca *Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined*

networks (R⁵) para determinar os caminhos entre os pontos, ou seja, para realizar o roteamento. Pereira *et. al.* (2021) diz que o R⁵ é uma ferramenta especializada em roteamento de acesso aberto escrito em Java e desenvolvido na Conveyal.

O r5r foi criado com o objetivo de permitir análises de roteamento eficientes e precisas, superando desafios enfrentados por pesquisadores e profissionais que lidam com o planejamento e pesquisa na área de transportes. Entre esses desafios que existiam na área de transportes, destacam-se o empenho de cálculo para gerar a matriz de tempo de viagem e o custo das ferramentas utilizadas.

Nesse sentido, o r5r utiliza a tipologia da rede viária e outros fatores relevantes para calcular as impedâncias (tempo de viagem ou distância) associadas a cada trecho da rota. Estes fatores tornam o r5r uma ferramenta poderosa para a modelagem e simulação de sistemas de transporte, possibilitando a avaliação de diferentes cenários e as tomadas de decisões.

As impedâncias por conta da tipologia da rede viária são atribuídas com base em características como velocidade média esperada, a capacidade de fluxo de veículos e as restrições de tráfego de cada tipo de via. As diferentes categorias de vias, como vias expressas, arteriais, coletoras e locais, possuem diferentes impactos no tempo de viagem.

A atribuição de impedâncias é um processo de quantificar esses impactos e determinar os tempos de viagem estimados entre diferentes pontos da rede com base na combinação de segmentos de diferentes tipologias. Cada categoria de via é atribuída a uma determinada impedância, refletindo a velocidade média e as características específicas de cada tipo de via. A seguir são apresentadas as principais categorias de vias e as impedâncias associadas a cada uma delas, veja abaixo:

a) Vias expressas ou rodovias: essas vias possuem alta capacidade de fluxo de veículos e com velocidades médias mais altas. Portanto, suas impedâncias tendem a ser menores em comparação com outras categorias de vias, refletindo a maior eficiência de deslocamento.

b) Vias arteriais: são vias de maior porte que conectam áreas de tráfego intenso e possuem semáforos e interseções regulares. As impedâncias para essas vias são maiores do que as vias expressas, devido a velocidades médias mais baixas e maior probabilidade de congestionamentos em horários de pico.

c) Vias coletoras: essas vias são projetadas para coletar o tráfego das vias locais e redirecioná-las para as vias arteriais. Suas impedâncias podem ser intermediárias entre as vias

arteriais e locais, levando em consideração a velocidade média e o nível de congestionamento esperado.

d) Vias locais ou residenciais: são vias de menor porte, encontradas em áreas residenciais. Essas vias tendem a ter impedâncias mais altas, refletindo velocidades médias mais baixas devido a um maior número de interseções de veículos, como entrada e saída de garagens.

Existem na literatura artigos que discutem a consideração das impedâncias relacionadas à tipologia da rede viária, dentre alguns são: Kato *et al.* (2021) discute a estimativa do valor do tempo de viagem e da confiabilidade do tempo de viagem em uma rede viária, considerando diferentes perfis de motoristas; Yang *et al.* (2021) neste estudo é proposto uma medida de confiabilidade do tempo de viagem em ambientes rodoviários incertos e aleatórios, levando em conta a seleção de rotas, o estado de partida e as condições da estrada; Crosby, Damoulas e Jarvis (2018) apresentam uma abordagem que inclui a distância percorrida e o tempo de viagem ao modelar a variação espacial das características urbanas, levando em consideração a tipologia da rede viária.

Estes estudos mostram que a tipologia da rede viária pode ser utilizada para a estimação do tempo de viagens apesar da existência das impedâncias que devem ser consideradas no cálculo do custo de tempo. Para o presente estudo, através do pacote *r5r* e considerando a tipologia da rede viária da RMBH será gerado a matriz de tempo de viagem para os modos carro, bicicleta e a pé que levam em consideração o tempo entre cada armazém como origem e como destino os centroides dos hexágonos da RMBH para posterior análise da acessibilidade destes armazéns aos lugares centrais.

Para a construção da matriz de viagem através do pacote *r5r*, os parâmetros que são considerados para a velocidade em relação aos modos de transporte a pé e bicicleta são: a velocidade de caminhada é de 3,6 km/h, a velocidade de pedalada é de 12 km/h e considera também o *Level of Traffic Stress* (Nível de Estresse em Trânsito) - LTS que se refere as faixas de características que ciclistas conseguem aguentar. Sobre os níveis de LTS existentes a documentação do R⁵ da Conveyal diz:

a) LTS 1: Tolerável para crianças. Inclui ruas de baixa velocidade e baixo volume e, com infraestrutura separada para bicicletas (com faixas de estacionamento protegidas ou ciclovias);

b) LTS 2: Tolerável para a população adulta em geral. Inclui ruas onde os ciclistas têm faixas dedicadas e somente precisam interagir com o tráfego em cruzamentos formais;

c) LTS 3: Tolerável para ciclistas “entusiasmados e confiantes”. Inclui ruas que podem envolver proximidade com tráfego veicular moderado ou de alta velocidade e;

d) LTS 4: Tolerável apenas para ciclistas “fortes e destemidos”. Inclui ruas onde os ciclistas precisam se misturar com o tráfego veicular moderado a de alta velocidade.

Para a pesquisa com a utilização do pacote r5r a velocidade de bicicleta para a construção da matriz de viagem com a impedância de tempo foi considerada a velocidade de 12 km/h, ou seja, velocidade padrão adotada pelo r5r e foi adotado o LTS de 2, este LTS é o padrão utilizado pelo r5r. Para a velocidade de caminhada, na construção da matriz de viagem para o modo a pé, foi considerada a velocidade de caminhada padrão adotada pelo r5r que é de 3,6 km/h. Vale destacar que os níveis de LTS são da documentação do R⁵ da Conveyal, pacote de roteamento em que o r5r se baseou para a elaboração da matriz de viagem. A metodologia padrão para atribuir valores LTS às arestas da rede é baseada em atributos marcados das vias do OSM.

Para a construção da matriz de viagem para o modo de transporte carro, o r5r utiliza as velocidades pela tipologia de cada via, fator este explicado anteriormente pelas categorias de vias e as impedâncias atribuídas pelas tipologias de rede. O parâmetro para o roteamento das viagens entre origem e destino na rede viária são as vias do OSM. Nesse sentido, a rede viária da RMBH foi obtida por arquivo em formato “.pbf” da base de dados de vias do OSM.

O r5r permite levar em consideração a topografia do local nos deslocamentos a pé e por bicicleta e para colocar esta informação o usuário deve fornecer estes dados em formato “.tiff ou .tif” com o perfil de elevação da área de estudo. Entretanto, para o presente estudo não foram aplicados dados de topografia.

Existem alguns pontos no cálculo da matriz de viagem pelo r5r que podem eventualmente não serem conectados com a rede. O R⁵ da Conveyal, utiliza a distância do ponto que se deseja usar como origem e destino até a rede de transporte como parâmetro para conectá-lo à rede, o ato de conectar um ponto à rede é dito como fazer o “*snap*”. Os pontos que estejam a uma distância maior do que a preestabelecida pelo R⁵ não podem ser conectados.

Para a matriz de viagem gerada no r5r em relação a RMBH para os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé, o custo de viagem é o tempo de viagem com delimitação de até 180 minutos. Este valor foi definido no estudo levando em consideração a extensão territorial da RMBH e as possibilidades que podem ter no acesso até este limite de tempo.

4.4 Mensuração da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor)

Após a definição dos lugares centrais e classificação das centralidades e a geração das matrizes de viagens dos armazéns para os centroides dos hexágonos da RMBH através do pacote r5r para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé, será realizado o cálculo da acessibilidade ativa entre os armazéns e as centralidades na RMBH com o pacote *accessibility* desenvolvido por Pereira e Herszenhut (2023), com a aplicação do modelo gravitacional.

Vale destacar que na geração de cada matriz de viagem foi considerado o tempo limite de 180 minutos para as combinações no acesso dentro da RMBH, visando entender o potencial de relações de cada armazém aos centroides dos hexágonos da RMBH considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé.

O pacote *accessibility* utiliza a linguagem de programação R e oferecem um conjunto de funções rápidas para o cálculo de medidas de acessibilidade em transporte. Essas medidas permitem avaliar o grau de acessibilidade de determinada localização a uma variedade de oportunidades, como empregos, serviços de saúde, entre outros.

Por meio do pacote *accessibility* serão realizadas para o presente estudo as análises referentes a acessibilidade gravitacional. No modelo gravitacional, onde a origem é cada armazém e o destino são as centralidades, sendo que o custo de viagem é o tempo percorrido na rede viária da RMBH para o acesso dos armazéns as centralidades.

No pacote *accessibility* o cálculo do modelo gravitacional é por meio da função exponencial negativa, esta função que representa melhor as ações humanas (Levinson, 2020). Na aplicação da função exponencial negativa, deve-se escolher um fator de decaimento para a função. O valor do fator de decaimento é arbitrário e pode ser levado em consideração aspectos de calibração. Ademais, existem as medidas positiva e normativa de implementação para vários

indicadores de acessibilidade que podem ser levados em consideração (Páez, Scott e Morency, 2012).

No presente estudo, através do pacote *accessibility* na aplicação do modelo gravitacional, através da função exponencial negativa, o fator de decaimento escolhido para a função é 0.1 devido este fator ter se mostrado mais representativo para a sensibilidade na análise da acessibilidade entre armazéns e os lugares centrais na RMBH. Na literatura, de acordo com Levinson (2020) o valor de escolha do decaimento é arbitrário e a definição pode estar associada pelo conhecimento geográfico, das relações envolvidas e as características das variáveis que são trabalhadas.

Em análise sobre as questões que envolvem a utilização do modelo gravitacional, no estudo realizado por Giannotti, Tomasiello e Bittencourt (2022) para analisar as desigualdades sociais considerando a acessibilidade ao trabalho foram realizadas duas abordagens diferentes. Primeiro foi estimado um fator de decaimento de distância para cada grupo sócio-ocupacional com base em suas mobilidades reveladas, considerando apenas o tempo de viagem. Em segundo lugar foi usado o tempo de viagem e os custos monetários para estimar os fatores de decaimento de distância específicas da cidade e da zona.

Considerando o resultado desta análise, apesar de olhar para cada grupo, usando diferentes parâmetros de beta nos fatores de decaimento de distância, indica-se adotar um único fator de decaimento de distância para toda a cidade. Esta abordagem é de fato a que fornece uma melhor avaliação das desigualdades de acessibilidade porque estabelece um terreno comum para comparações de acessibilidade entre grupos sociais e áreas urbanas. Entretanto, a aplicação de fator de decaimento de distância única ou múltipla baseadas em mobilidades reveladas para cálculos de acessibilidade a empregos, pode impedir a identificação correta de desigualdades (Giannotti, Tomasiello e Bittencourt, 2022).

Sobre a aplicação do tempo de viagem e os custos monetários para estimar os fatores de decaimento de distância específicas da cidade e da zona, os resultados revelaram que em regiões periféricas quanto maior o tempo de viagem e maior custo relativo de viagem, maior será o número de viagens obrigatórias para empregos. Nesse sentido, as desigualdades de acessibilidade nos grandes centros urbanos podem ser subestimadas se consideradas as mobilidades reveladas como disposição para viajar e não levando em consideração o custo relativo de viagem (Giannotti, Tomasiello e Bittencourt, 2022).

Entende-se que a análise pela acessibilidade gravitacional pode ser sensível a grupos sociais quando se investiga questões relacionadas por exemplo a emprego e saúde. Porém, no presente estudo utiliza-se a acessibilidade gravitacional, no sentido de olhar para o acesso dos armazéns aos lugares centrais e nesses locais estão as atividades econômicas que são os POIs. Não foram consideradas questões que envolvem empregos e fatores sociais.

Nos estudos que envolvem empregos influenciados pelas desigualdades sociais, neste aspecto, a aplicação da acessibilidade gravitacional pode impactar de forma sensível nos resultados como informado no estudo de Giannotti, Tomasiello e Bittencourt (2022), além disso a calibração do fator de decaimento deve ser determinada pelas relações envolvidas e contexto geográfico.

Giannotti, Tomasiello e Bittencourt (2022) diz que estudos recentes encontraram uma forte correlação entre as métricas de acessibilidade baseadas na gravidade obtidas a partir de quatro variações das curvas de decaimento exponencial, gaussiana e log-logística. Nesse sentido, o pacote *accessibility* utiliza a função exponencial negativa com a aplicação do fator de decaimento para o cálculo da acessibilidade gravitacional, ainda pela literatura este modelo continua sendo uma referência para análises de acessibilidade nos contextos urbanos.

A seguir no Quadro 3, é apresentado um resumo com os parâmetros elaborados neste trabalho para a análise da acessibilidade dos armazéns para as centralidades:

Quadro 3: Definição dos parâmetros para o cálculo da acessibilidade dos armazéns para as centralidades RMBH.

Indicador de acessibilidade: modelo gravitacional como acessibilidade ativa com a utilização de matriz de viagem dos armazéns para os centroides dos hexágonos da RMBH, sendo o fator de impedância o tempo.		
Modo de transporte: carro. Acessibilidade dos armazéns para:	Modo de transporte: bicicleta. Acessibilidade dos armazéns para:	Modo de transporte: a pé. Acessibilidade dos armazéns para:
Centralidade muito forte	Centralidade muito forte	Centralidade muito forte
Centralidade forte	Centralidade forte	Centralidade forte
Centralidade intermediária	Centralidade intermediária	Centralidade intermediária
Centralidade fraca	Centralidade fraca	Centralidade fraca
Centralidade muito fraca	Centralidade muito fraca	Centralidade muito fraca

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Banco de dados com precificação da locação e acessibilidade dos armazéns

Nessa etapa, referente à precificação dos armazéns, objetiva-se construir um banco de dados relativo às informações de preço de locação de cada armazém com as respectivas acessibilidades aos lugares centrais para os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé. Outros dados serão incluídos para serem utilizados para análises estatísticas e tem como objetivo principal verificar a correlação entre o preço de locação dos armazéns e as respectivas acessibilidades dos armazéns aos lugares centrais. Dentre os dados que serão adicionados estão: o tamanho por m² de cada armazém e preço de locação por m² por mês de cada armazém. Estas informações referem-se à etapa de levantamento e tratamento dos dados no subitem 4.2.

Nesse sentido, após a mensuração da acessibilidade ativa pelo modelo gravitacional serão realizadas análises estatísticas para verificar a correlação entre a precificação de locação de cada armazém como a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais. Através da verificação da correlação entre as variáveis será possível responder à pergunta de pesquisa: *A precificação para locação dos armazéns está relacionada à acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (proxy do mercado consumidor)?*

A principal análise estatística que irá responder à pergunta de pesquisa é o teste de correlação de *Spearman* para a hipótese a). A hipótese a) definida para o presente estudo é: *o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos*. A correlação de *Spearman* é um teste estatístico não paramétrico. Outras medidas não paramétricas que também serão realizadas para a hipótese a) são: *Shapiro-Wilk* e *Levene*.

Para a hipótese b) da presente pesquisa será aplicado o teste de *Wilcoxon* não pareado. A hipótese b) refere-se: *o preço de locação de armazéns é maior nas regiões mais centrais (Christaller, 1966) da Região Metropolitana de Belo Horizonte*.

Ademais, de forma adicional, para explorar as investigações com mais detalhes, além da classificação definida no método de pesquisa para as centralidades, as análises estatísticas de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e correlação de *Spearman* serão aplicadas aos lugares centrais sem a classificação para as centralidades para análise da hipótese a) da presente pesquisa, porém, mantendo a definição dos lugares centrais, que leva em consideração os hexágonos com o número de POIs igual ou maior que 75%, de acordo com o quartil, no nível 4. A parte de

definição dos lugares centrais e classificação das centralidades para RMBH está no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.1. Existem outras investigações adicionais que serão consideradas no presente estudo, dentre os quais são:

1. O teste *Kruskal-Wallis* e o teste de comparações múltiplas de *Dunn* serão aplicados como exploração adicional para verificar se a acessibilidade dos armazéns para cada subcategoria de centralidade é diferente considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé e;
2. Aplicação do teste de correlação de *Spearman* para investigação dos hexágonos dos lugares centrais que possuem ao mesmo tempo as variáveis de números de POIs e o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês para verificar se possuem uma correlação positiva ou negativa.

A seguir são apresentadas as informações sobre a estrutura de cada teste estatístico que será aplicado na presente pesquisa e a justificativa para aplicação desses testes:

- i. *Shapiro-Wilk Test*:
 - Estrutura: O teste de *Shapiro-Wilk* é usado para verificar a normalidade dos dados em uma amostra.
 - Hipótese nula (H0): Os dados seguem uma distribuição normal;
 - Hipótese alternativa (H1): Os dados não seguem uma distribuição normal;
 - Justificativa: O *Shapiro-Wilk* avalia a normalidade dos dados.
- ii. *Levene Test*:
 - Estrutura: O teste de *Levene* é usado para verificar a homogeneidade de variâncias entre grupos.
 - Hipótese nula (H0): As variâncias dos grupos são iguais;
 - Hipótese alternativa (H1): Pelo menos uma das variâncias é diferente;
 - Justificativa: O teste avalia a homogeneidade de variâncias.

iii. Teste de correlação de *Spearman*:

- Estrutura: O coeficiente de correlação de *Spearman* “rho” é uma medida estatística que avalia a direção e a força da associação entre duas variáveis ordinais ou intervalares, independentemente de serem linearmente relacionadas ou não.

Em resumo, o coeficiente de correlação de *Spearman* “rho” mede a direção e a força da associação entre as variáveis ordinais ou intervalares, enquanto o valor de “p” (p-valor) avalia a significância estatística dessa associação;

- O coeficiente de correlação de *Spearman* varia entre -1 e 1:

Um valor de “rho” próximo a 1 indica uma forte correlação positiva, ou seja, quando os valores altos de uma variável estão associados a valores altos da outra variável, e valores baixos estão associados a valores baixos;

Um valor de “rho” próximo a -1 indica uma forte correlação negativa, ou seja, quando os valores altos de uma variável estão associados a valores baixos da outra variável, e vice-versa;

Um valor de “rho” próximo a 0 indica uma correlação fraca ou nula entre as variáveis.

- O valor “p” (p-valor) associado ao coeficiente de correlação de *Spearman*:

Indica a significância estatística da correlação calculada. Um valor de “p” baixo (geralmente abaixo de um limiar de significância, como 0,05) sugere que a correlação observada é estatisticamente significativa e que a relação entre as variáveis não ocorreu por acaso.

- Hipótese nula (H0): Não há correlação significativa entre as variáveis;
- Hipótese alternativa (H1): Existe uma correlação significativa entre as variáveis;
- Justificativa: A correlação de *Spearman* é usada quando os pressupostos de normalidade e linearidade não são atendidos, permitindo avaliar associações não lineares.

iv. *Kruskal-Wallis test* (teste adicional):

- Estrutura: O teste de *Kruskal-Wallis* é usado para comparar as medianas de duas ou mais amostras independentes;

- Hipótese nula (H0): As medianas das amostras são iguais;
- Hipótese alternativa (H1): Pelo menos uma das medianas é diferente;

- Justificativa: O *Kruskal-Wallis* é aplicado quando se deseja comparar medianas de grupos independentes sem assumir normalidade. É útil quando os dados não atendem aos pressupostos dos testes paramétricos.

v. Teste de comparações múltiplas de *Dunn* (teste adicional):

- Estrutura: A comparação múltipla de *Dunn* compara a diferença nas medianas entre pares de grupos independentes. Calcula intervalos de confiança ajustados para as diferenças nas medianas e avalia se essas diferenças são estatisticamente significativas;

- Hipótese nula (H0): Não tem diferença significativa nas medianas entre os grupos;

- Hipótese alternativa (H1): Pelo menos um par de grupos tem diferença significativa nas medianas;

- Justificativa:

A comparação múltipla de *Dunn* é usada quando o teste *Kruskal-Wallis* ou outro teste global semelhante rejeita a hipótese nula de igualdade de medianas.

vi. Teste de *Wilcoxon* não pareado:

- Estrutura: O teste de *Wilcoxon* não pareado, também conhecido como teste de *Mann-Whitney*, é uma técnica estatística não paramétrica utilizada para comparar duas amostras independentes. É usado quando se deseja determinar se existe diferença significativa entre as distribuições de duas amostras, mas as suposições necessárias para realizar um teste paramétrico (como o teste *t de Student*) não são atendidas.

O teste de *Wilcoxon* não pareado envolve duas amostras independentes, geralmente chamadas de Grupo 1 e Grupo 2;

Cada amostra deve ser composta por observações independentes e pode ter tamanhos diferentes.

- Hipótese nula (H0): A hipótese nula afirma que não tem diferença significativa entre as duas amostras, ou seja, as distribuições das duas amostras são iguais;

- Hipótese alternativa (H1): A hipótese alternativa afirma que há uma diferença significativa entre as duas amostras, ou seja, as distribuições das duas amostras não são iguais.

- Justificativa:

O teste de *Wilcoxon* não pareado é aplicado quando as suposições do teste *t de Student* não são satisfeitas, como a normalidade dos dados ou a homogeneidade das variâncias;

É útil quando se está trabalhando com dados ordinais, ou seja, dados que têm uma ordem, mas não necessariamente uma escala numérica significativa;

Também é apropriado quando se tem amostras pequenas e não se pode assumir uma distribuição normal.

5 RESULTADOS

Após as definições dos lugares centrais com a classificação das centralidades são realizadas análises de acessibilidade dos armazéns para as centralidades, considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé. Vale destacar que a matriz de viagem com a impedância de tempo utilizada para o cálculo da acessibilidade gravitacional é a que considera cada armazém em relação ao seu ponto de origem e como destino os centroides dos hexágonos da RMBH.

Para saber detalhes sobre o cálculo da matriz de viagem pelo pacote r5r, consultar o método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.3. Nesse sentido, a análise da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais objetiva responder à pergunta de pesquisa: *A precificação para locação dos armazéns está relacionada à acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais urbanos (proxy do mercado consumidor)?*

Considerando a pergunta de pesquisa, a acessibilidade refere-se a cada armazém aos lugares centrais e o preço de locação é um atributo desses equipamentos. Por este motivo é que se utiliza a matriz de viagem que considera cada armazém para os centroides dos hexágonos da RMBH para o cálculo da acessibilidade gravitacional. Para obter as viagens dos armazéns para as centralidades foi aplicado um filtro no cálculo da acessibilidade referente a classificação das centralidades conforme a Tabela 3.

A acessibilidade dos armazéns para as centralidades se diferencia na utilização de cada modo de transporte e deste modo o alcance das oportunidades nas centralidades também serão diferentes. Ademais, os parâmetros do r5r para a construção da matriz de viagem influenciam no cálculo da acessibilidade dos armazéns para as centralidades, conforme explicação no capítulo 4, que se refere ao método de pesquisa, no subitem 4.3.

De forma complementar, no apêndice A da presente pesquisa consta os mapas de acessibilidade dos armazéns para cada centralidade de acordo com a classificação das centralidades na Tabela 3 e que estão representadas na Figura 7. No apêndice B consta os mapas de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais sem a classificação das centralidades, sendo esta análise uma exploração adicional à pesquisa, mantendo a definição de lugares centrais os hexágonos da RMBH com o número de POIs igual ou maior que 75% de acordo com o quartil. A parte de definição dos lugares centrais para RMBH está no método de pesquisa, capítulo 4,

subitem 4.1. Este cálculo vai ser explicada no subitem 5.5, neste capítulo de resultados, para a avaliação dos fenômenos que tratam esta pesquisa.

A seguir são apresentadas as variáveis que são trabalhadas e os testes estatísticos realizados ao longo deste capítulo 5, para cada subitem:

- I. No subitem 5.1 as análises estatísticas para responder a hipótese a) da presente são *Shapiro-Wilk*, *Levene* e teste de correlação de *Spearman*. As variáveis consideradas para aplicação do teste de correlação de *Spearman* são:
 - Acessibilidade dos armazéns para cada centralidade considerando os modos de transporte carro, bicicleta e a pé e;
 - Preço de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

- II. No subitem 5.2, para responder a hipótese b) da presente pesquisa as variáveis consideradas para aplicação do teste de *Wilcoxon* não pareado são:
 - O preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados como lugares centrais e;
 - O preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados lugares não centrais.

- III. Análise adicional para a exploração dos fenômenos. As variáveis que são aplicadas para a correlação de *Spearman* no subitem 5.3 para verificar a correlação entre as variáveis de preço médio de locação por metro quadrado por mês dos armazéns e os POIs nos lugares centrais são:
 - Número de POIs nos lugares centrais e;
 - Preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais que estejam nos mesmos hexágonos que o número de POIs.

IV. Análise adicional para exploração dos fenômenos. Aplicação o teste *Kruskal-Wallis* para saber se a distribuição da acessibilidade dos armazéns para as centralidades difere para subcategorias de centralidades e o teste de comparações múltiplas de *Dunn* para avaliar a acessibilidade dos armazéns entre grupos de centralidades. A variável considerada no subitem 5.4 é:

- Acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais considerando a subcategoria de centralidades para os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé.

V. Análise adicional para exploração dos fenômenos. Aplicação do teste de *Shapiro-Wilk* e correlação de *Spearman* considerando os lugares centrais sem a classificação das centralidades para responder a hipótese a) no subitem 5.5 são:

- Acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais considerando os modos de transporte carro, bicicleta e a pé e;
- Preço de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

5.1 Resultados da análise estatística entre a precificação de locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais com a classificação das centralidades

As aplicações dos testes estatísticos são necessárias para responder à pergunta de pesquisa. Para a hipótese a) da presente pesquisa, é aplicado o teste de correlação de *Spearman* e para a hipótese b) da presente pesquisa o teste de *Wilcoxon* não pareado. Nesse sentido, a pergunta de pesquisa ate-se à acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais e ao preço de locação dos armazéns. Nesse sentido, no subitem 5.1 serão realizadas as análises estatísticas para a investigação da hipótese a) da presente pesquisa, no qual se refere: *o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos*. Vale destacar que a acessibilidade é inerente à localização do armazém e dos lugares centrais, considerado como *proxy* da concentração de atividades urbanas, incluindo residências. O preço de locação, por sua vez, é um atributo do armazém.

Nesse sentido, considerando os aspectos que envolve a construção da matriz de viagem para posteriormente o cálculo da acessibilidade, na construção da matriz de viagem, a impedância pode ser o tempo, a distância e custos monetários. Para a presente pesquisa o tempo foi considerado como impedância e a matriz de viagem foi construída por meio do pacote *r5r*, criado por Pereira *et al.* (2021). O detalhamento dos parâmetros e atributos para o cálculo da matriz de viagem estão no capítulo de método da pesquisa no tópico 4, subitem 4.3. A matriz de viagem construída para a análise da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais considera a origem de cada armazém com destino aos centroides dos hexágonos da RMBH para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé.

A especificação dos parâmetros e atributos para o cálculo da acessibilidade gravitacional, como também as particularidades que devem ser consideradas na utilização desse modelo encontram-se no capítulo do método de pesquisa no tópico 4, subitem 4.4. O pacote utilizado para o cálculo da acessibilidade é o *accessibility* criado por Pereira e Herszenhut, (2023).

No resultado do cálculo da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais, utilizando o pacote *accessibility*, aparecem duas colunas, a primeira coluna mostra o “id” que representa cada armazém, de acordo com a *shapefile* de armazéns. Essa *shapefile* de armazéns foi utilizada no cálculo da matriz de viagem para representar a origem de cada armazém. A *shapefile* é um formato de arquivo utilizado para armazenar informações geoespaciais em sistemas de informações geográficas (GIS). O formato de arquivo foi desenvolvido por *Environmental Systems Research Institute* (ESRI).

A segunda coluna que aparece no resultado do cálculo da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais utilizando o pacote *accessibility* é a coluna “n” que representa o índice de acessibilidade gravitacional de cada armazém para cada centralidade. Vale destacar que a classificação das centralidades nesta pesquisa são: muito forte, forte, intermediária, fraca e muito fraca. A definição foi especificada no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.1 e a classificação de centralidades está representada na Tabela 3.

Após calcular a acessibilidade dos armazéns (origem) para as centralidades (destinos) foi possível responder à pergunta de pesquisa por meio do teste de correlação de *Spearman* para a hipótese a). As variáveis utilizadas para a correlação de *Spearman* em relação à hipótese a) da pesquisa são:

- i) A acessibilidade dos armazéns para as centralidades considerando o modo de transporte: carro, bicicleta e a pé e;
- ii) O preço de locação por metro quadrado por mês dos armazéns.

A utilização do preço de locação por metro quadrado por mês dos armazéns como variável é para possibilitar a comparação entre armazéns e anular o efeito das dimensões sobre o preço de locação. A seguir são apresentadas as análises estatísticas aplicadas por meio de testes de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e correlação de *Spearman* para a hipótese a). A estrutura de cada teste e as justificativas de suas aplicações estão no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5.

Na Tabela 4 que será apresentada a seguir, as especificações referem-se às estatísticas descritivas da acessibilidade dos armazéns para as centralidades considerando sua intensidade e o modo de transporte: carro, bicicleta e a pé. A coluna o “n” representa o número de armazéns que tiveram valor de acessibilidade para cada subcategoria de centralidade.

Tabela 4: Estatística descritiva RMBH.

	n	Média	Desvio Padrão	Mediana	min	max	Quartis Q1-Q3
Forte (A pé)	483	3.824	22.943	0.002	0.000	348.779	0.0001-0.0352
Muito forte (A pé)	557	59.468	163.503	11.373	0.000	1961.219	2.0867-41.918
Intermediária (A pé)	453	1.780	9.553	0.005	0.000	99.814	0.0003-0.0906
Fraca (A pé)	361	0.342	1.414	0.000	0.000	15.797	0-0.0043
Muito fraca (A pé)	111	0.183	1.897	0.000	0.000	19.988	0-0.0004
Muito forte (Carro)	615	3077.816	1302.120	3069.199	55.281	6074.437	2040.0007-4237.469
Forte (Carro)	615	313.640	86.329	316.260	25.339	626.186	272.2599-360.2523
Intermediária (Carro)	615	169.242	48.388	170.297	5.795	334.063	139.6855-198.4508
Fraca (Carro)	615	71.212	29.470	70.210	3.268	184.53	48.7334-89.9091
Muito fraca (Carro)	615	34.378	15.709	31.329	5.569	121.485	24.7497-40.7669
Muito forte (Bicicleta)	603	300.981	354.546	209.106	0.000	3010.267	34.1346-451.6124
Forte (Bicicleta)	586	12.082	36.668	1.127	0.000	385.881	0.2706-5.7137
Intermediária (Bicicleta)	606	7.267	17.431	0.998	0.000	154.844	0.1289-7.2423
Fraca (Bicicleta)	599	2.381	7.832	0.105	0.000	57.963	0.027-0.5088
Muito fraca (Bicicleta)	563	0.188	1.794	0.001	0.000	40.255	0.0001-0.0186

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 4 percebe-se que a mediana da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais é maior para as centralidades que são “muito fortes” para os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé. Vale destacar que a mediana representa o corte do banco de dados em dois. Logo em seguida, em segundo lugar, a mediana da acessibilidade dos armazéns é maior para as centralidades “fortes” considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé.

Desse modo, tem-se a seguinte classificação de níveis de mediana da acessibilidade dos armazéns, do maior para o menor que refletem para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé, na ordem: centralidade muito forte, forte, intermediária, fraca e muito fraca.

A acessibilidade dos armazéns para as centralidades não é normalmente distribuída conforme o teste *Shapiro-Wilk* e nem homocedásticas, considerando o teste de *Levene*. O teste *Shapiro-Wilk* analisa a normalidade e o teste *Levene* analisa a homogeneidade.

O teste *Shapiro-Wilk* rejeitou a normalidade das variáveis devido a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais serem inerente a cada armazém. O teste *Levene* rejeitou a igualdade de variâncias da acessibilidade dos armazéns para os grupos de centralidades. Vale destacar que o teste de *Levene* é aplicado para grupos, nesse sentido a sua aplicação foi para grupos de centralidades que possuem o modo de transporte carro, bicicleta e a pé. Os p-valores dos testes para cada relação são apresentados na Tabela 5. A estrutura destes testes e a justificativa para aplicação, constam no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5.

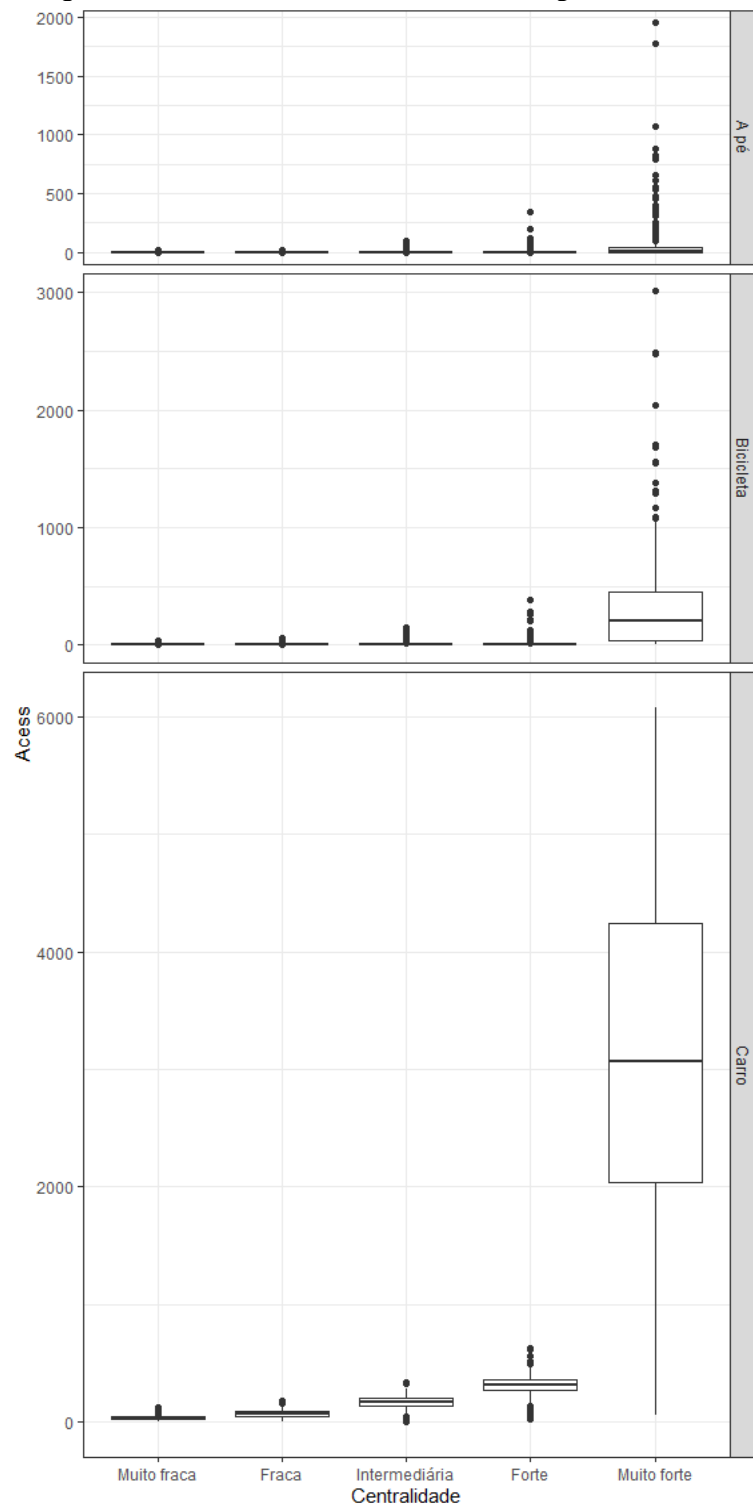
Tabela 5: Testes *Shapiro-Wilk* e *Levene* para RMBH.

	Shapiro-Wilk	Levene
Forte (A pé)	<0.001	<0.001
Muito forte (A pé)	<0.001	
Intermediária (A pé)	<0.001	
Fraca (A pé)	<0.001	
Muito fraca (A pé)	<0.001	
Muito forte (Carro)	<0.001	<0.001
Forte (Carro)	<0.001	
Intermediária (Carro)	<0.001	
Fraca (Carro)	<0.001	
Muito fraca (Carro)	<0.001	
Muito forte (Bicicleta)	<0.001	<0.001
Forte (Bicicleta)	<0.001	
Intermediária (Bicicleta)	<0.001	
Fraca (Bicicleta)	<0.001	

Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir é mostrado o *bloxplot* das variáveis na Figura 9, o eixo vertical representa a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais considerando o modo de transporte: carro, bicicleta e a pé para as subcategorias de centralidades e no eixo horizontal representa as subcategorias de centralidades:

Figura 9: *Boxplot* da acessibilidade dos armazéns para as centralidades.

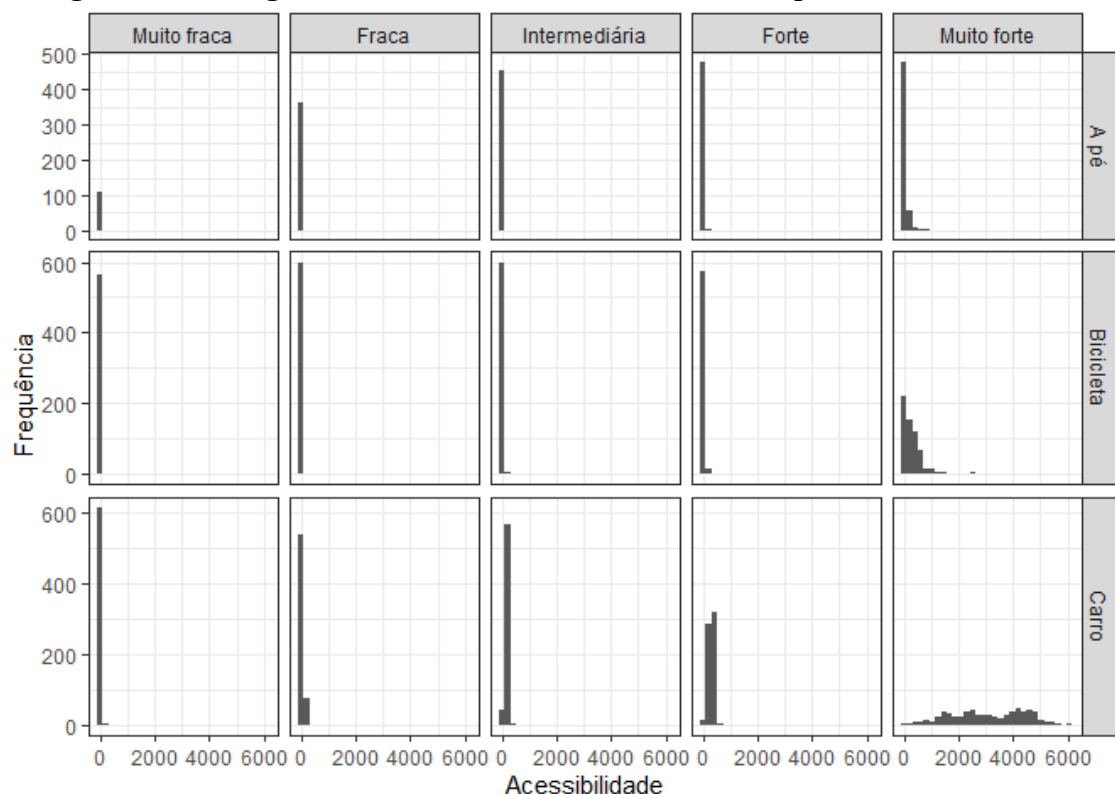


Fonte: Elaborado pela autora.

O *boxplot* na Figura 9 está relacionado com a Tabela 4, principalmente na verificação dos dados de mediana e quartis Q1-Q3, porém devido aos *outliers* a verificação dos dados pelo *boxplot* é limitada. Os *outliers* se devem à forma de cálculo da acessibilidade. Esse é o valor correto calculado e eles são muito discrepantes por natureza. Para cada armazém (origem) tem um valor associado de acessibilidade para cada subcategoria de centralidade (destino). Deste modo o valor da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais não segue uma distribuição normal. O *boxplot* é a representação correta para comparar valores.

Nesse sentido, para entender o *boxplot* é necessário olhar a Tabela 4. A seguir na Figura 10 é apresentado o histograma da distribuição dos dados referente a acessibilidade dos armazéns para as subcategorias de centralidades no eixo horizontal e no eixo y representa o número de ocorrências pela frequência considerando os modos de transporte carro, bicicleta e a pé.

Figura 10: Histograma da acessibilidade dos armazéns para as centralidades.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pelo histograma é possível verificar a distribuição dos dados de acessibilidade dos armazéns para os subgrupos de centralidades considerando os modos de transporte: carro,

bicicleta e a pé. Ao verificar o modo de transporte carro, a acessibilidade dos armazéns para as centralidades “muito forte” possui uma amplitude maior na distribuição dos dados levando em consideração a acessibilidade de cada armazém a esses locais, ou seja, existe uma distribuição mais simétrica dos dados e para os demais subgrupos de centralidades que consideram o modo de transporte carro é mais concentrado, com assimetria à esquerda.

Para a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais, para todos os subgrupos de centralidades, com a utilização do modo de transporte bicicleta, a distribuição dos dados apresentam uma assimetria para à esquerda. Em relação a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais, considerando todos os subgrupos de centralidades, com a utilização do modo de transporte a pé acontece o mesmo fenômeno.

Ademais, para responder a hipótese a) da presente pesquisa a qual se refere: *o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos*, é realizado o teste de correlação de *Spearman* entre a variável de preço de locação por metro quadrado por mês de cada armazém com a variável a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para as subcategorias de centralidades considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé.

Para aplicação da correlação de *Spearman* foi realizado uma apuração geral dos armazéns, incluindo lojas e galpões e outras apurações separadas com somente grupo de lojas e somente grupo de galpões. Essa análise por grupos foi possível devido na fase de limpeza e tratamento dos dados referente aos armazéns, ter sido feito a realização do detalhamento dos dados e está especificado no método de pesquisa no capítulo 4, subitem 4.2.

A interpretação da magnitude do coeficiente de correlação de *Spearman* “rho” em termos de sua força, pode se abordar a análise de Cohen (1988) que estabelece: a correlação classificada como “grande” é de 0.50 a 1.00; “moderada” de 0.30 a 0.49 e “fraca” de 0,10 a 0,29.

Na Tabela 6 é apresentado os resultados da correlação de *Spearman* de modo geral, incluindo lojas e galpões.

Tabela 6: Correlação de *Spearman* entre as variáveis com análise geral.

Centralidade	A pé	Carro	Bicicleta
Forte	rho=0.055, p=0.231	rho=0.056, p=0.166	rho=0.138, p=0.001
Muito forte	rho=0.132, p=0.002	rho=0.088, p=0.028	rho=0.117, p=0.004
Intermediária	rho=-0.15, p=0.001	rho=-0.084, p=0.036	rho=-0.106, p=0.009
Fraca	rho=-0.076, p=0.148	rho=-0.074, p=0.066	rho=-0.108, p=0.008
Muito fraca	rho=0.137, p=0.151	rho=-0.047, p=0.243	rho=-0.018, p=0.667

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 6, considerando a análise geral, a acessibilidade dos armazéns para as localidades de subcategoria de centralidade “muito forte” em relação ao preço de locação por mês por metro quadrado desses equipamentos a correlação é significativa e positiva, desse modo armazéns com maior acessibilidade a localidades de centralidade “muito forte” também tendem a ter maior preço de locação por metro quadrado por mês considerando a utilização de todos os modos de transporte.

Seguindo a análise dos resultados, a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para as localidades da centralidade “forte” considerando o modo de transporte bicicleta também foi positivamente correlacionada com o preço de locação por metro quadrado por mês dos armazéns.

Porém estes resultados positivos e significativos tiveram uma correlação fraca pela análise de Cohen (1988). Nesse sentido, em consideração a hipótese a) da presente pesquisa, não é possível afirmar que o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos.

Deste modo para detalhar ainda mais a investigação dos fenômenos, a título de exploração adicional, foram realizadas as mesmas investigações retirando a classificação das centralidades, porém mantendo a definição dos lugares centrais. Para que desta forma possibilitasse uma análise completa dos resultados para os lugares centrais. Esta análise adicional está representada no subitem 5.5 do presente capítulo.

Na Tabela 6, pela análise da correlação de *Spearman* mostrou-se também outro viés para a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais em relação ao preço de locação por metro quadrado por mês para as localidades de centralidade “intermediária” considerando o modo de transporte carro, bicicleta e a pé. No sentido de que a acessibilidade dos armazéns para as localidades de centralidade “intermediária” considerando todos os modos de transporte está

negativamente correlacionada com o preço de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês, indicando que armazéns com maior acessibilidade a localidades de centralidade “intermediária” tendem a ter preços de locação por metro quadrado por mês mais baixos. Este parâmetro também vale para as localidades de centralidade “fraca” considerando o modo de transporte bicicleta. Nesse sentido, é relevante considerar estudos futuros para avaliação destes fenômenos.

Na sequência segue alguns questionamentos para investigações futuras: uma maior acessibilidade dos armazéns para os locais de centralidade “intermediária” para todos os modos de transporte está relacionada a proximidade desses armazéns as principais vias do sistema viário? Existe alguma atividade econômica nos locais de centralidade “intermediária” que estão atraindo os armazéns e melhorando o acesso dos armazéns para estes locais?

Existe alguma ação de política pública e de melhoria da infraestrutura viária que possibilita uma maior acessibilidade dos armazéns para as localidades de centralidade “intermediária” considerando a utilização de todos os modos de transporte? E ainda, será que estes armazéns que possuem maior acessibilidade para as localidades de centralidade “intermediária” estão a muito tempo para locação e por este motivo possuem preço de locação por metro quadrado por mês mais baixos? Questões sociais também podem estar envolvidas? São situações que sugerem investigações em estudos futuros para entender o fenômeno.

Segue os questionamentos: em relação a centralidade “fraca”, para o modo de transporte bicicleta, a acessibilidade dos armazéns é maior a estes locais devido ao investimento do poder público em infraestrutura viária que possibilite o deslocamento por bicicleta? Existe alguma atividade econômica nas localidades de centralidade “fraca”, que contribuem para a melhoria do acesso dos armazéns e que podem estar associadas com questões de planejamento urbano de transportes para o modo de transporte bicicleta? Questões sociais também podem estar envolvidas? E ainda, será que estes armazéns que possuem maior acessibilidade considerando o modo de transporte bicicleta para as localidades de centralidade “fraca” estão a muito tempo para locação e por este motivo possuem preço de locação por metro quadrado por mês mais baixos? São situações que sugerem investigações em estudos futuros.

Na Tabela 7 é apresentado os resultados da correlação de *Spearman* para o grupo de lojas.

Tabela 7: Correlação de *Spearman* entre as variáveis com análise de lojas.

Centralidade	A pé	Carro	Bicicleta
Forte	rho=0.147, p=0.164	rho=0.024, p=0.808	rho=0.126, p=0.208
Muito forte	rho=0.09, p=0.37	rho=0.099, p=0.315	rho=0.163, p=0.101
Intermediária	rho=-0.355, p=0.001	rho=-0.189, p=0.055	rho=-0.166, p=0.096
Fraca	rho=-0.103, p=0.481	rho=-0.108, p=0.276	rho=-0.182, p=0.067
Muito fraca	rho=0.182, p=0.498	rho=-0.158, p=0.109	rho=-0.127, p=0.205

Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando os dados apresentados na Tabela 7, para o grupo de lojas, houve correlação negativa no sentido de que a acessibilidade das lojas aos lugares centrais para a centralidade “intermediária” utilizando o modo de transporte a pé está negativamente correlacionada com o preço de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês, indicando que armazéns com acessibilidade maior a localidades de centralidade “intermediária” para o modo de transporte a pé tendem a ter preços de locação por metro quadrado por mês mais baixos. Deste modo é necessário investigações futuras para entender os aspectos que levam a esse fenômeno.

Nesse sentido, como questionamento, pode-se refletir será que estas lojas possuem maior acessibilidade para as localidades de centralidade “intermediária” considerando o modo de transporte a pé estão a muito tempo para locação e por este motivo possuem preço de locação por metro quadrado por mês mais baixos?

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da correlação de *Spearman* para o grupo de galpões considerando a acessibilidade dos galpões para cada centralidade com a utilização dos modos de transporte: carro, bicicleta e a pé em relação ao preço de locação dos galpões por metro quadrado por mês.

Tabela 8: Correlação de *Spearman* entre as variáveis com análise de galpões.

Centralidade	A pé	Carro	Bicicleta
Forte	rho=0.019, p=0.704	rho=0.058, p=0.187	rho=0.117, p=0.01
Muito forte	rho=0.099, p=0.035	rho=0.052, p=0.241	rho=0.06, p=0.181
Intermediária	rho=-0.067, p=0.196	rho=-0.063, p=0.154	rho=-0.073, p=0.1
Fraca	rho=-0.068, p=0.233	rho=-0.077, p=0.084	rho=-0.088, p=0.051
Muito fraca	rho=0.134, p=0.195	rho=-0.022, p=0.627	rho=0.001, p=0.991

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 8 mostra que houve correlação positiva entre a acessibilidade dos galpões para as localidades de centralidade “muito forte” considerando o modo de transporte a pé com o preço de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês. Para as localidades de centralidade “forte” considerando o modo de transporte bicicleta acontece o mesmo fenômeno. Porém as correlações são fracas de acordo com Cohen (1988).

5.2 Análise estatística para verificar as relações entre as variáveis preço de locação dos armazéns e os lugares centrais – Teste de *Wilcoxon* não pareado

Para responder a hipótese b) da presente pesquisa foi aplicado o teste de *Wilcoxon* não pareado. A justificativa e a estrutura do teste estão especificados no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5. A hipótese b) afirma que: *O preço de locação de armazéns é maior nas regiões mais centrais (Christaller, 1966) da Região Metropolitana de Belo Horizonte.*

Portanto, as variáveis que são aplicadas no teste de *Wilcoxon Rank* para a verificação desta hipótese são:

- O preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados como lugares centrais e;
- O preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados lugares não centrais.

Nos lugares não centrais com valores de preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado mês são 19 hexágonos e para os lugares centrais são 29 hexágonos. Sendo que o total de hexágonos com armazéns na RMBH são 48 hexágonos.

Para a investigação da hipótese b da presente pesquisa, a definição dos lugares centrais se manteve, porém foi retirada a classificação das centralidades. A definição de centralidades refere-se aos hexágonos com o número de POIs igual ou maior que 75% de acordo com o quartil. A parte de definição da centralidade para RMBH está no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.1.

Antes de aplicar o teste de *Wilcoxon* não pareado, foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar se os dados seguem uma distribuição normal. A estrutura desse teste está especificada no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5.

O resultado do teste de *Shapiro-Wilk* para a variável preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados como lugares centrais é: $W = 0.40071$, p-valor: 8.267×10^{-10} . Para a variável preço de locação médio dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos que são considerados lugares não centrais o resultado é: $W = 0.96441$, p-valor: 0.6618.

O valor “W” é a estatística de teste calculada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. No contexto do teste, valores de “W” próximos de 1 indicam que os dados se aproximam de uma distribuição normal. Portanto, pelo valor de “W” para o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais mostra-se que os dados das variáveis não seguem uma distribuição normal. Porém, para os lugares não centrais seguem uma distribuição normal.

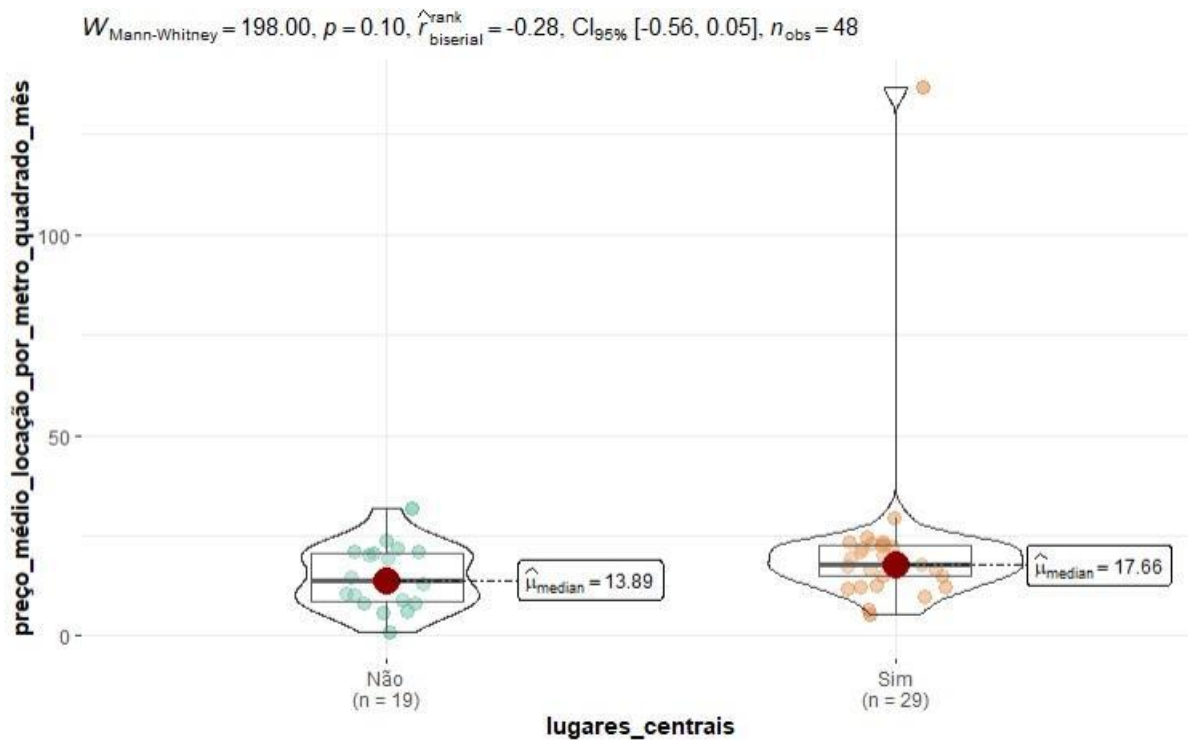
O resultado do p-valor sendo 8.267×10^{-10} para o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais mostra que o p-valor é extremamente baixo próximo de zero. Como o p-valor é significativamente menor que 0.05, leva-se à rejeição da hipótese nula no teste de *Shapiro-Wilk*. Indica-se que os dados testados não seguem uma distribuição normal, porque o p-valor é extremamente baixo e mostra deste modo uma diferença estatisticamente significativa entre os dados observados e uma distribuição normal.

Entretanto, o resultado de p-valor sendo 0.6618 para o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares não centrais significa que a probabilidade de obter um resultado tão extremo quanto o observado, sob a suposição de que os dados seguem uma distribuição normal, é de 66,18% (ou 0,6618), considerado relativamente alto.

Em análises estatísticas, um valor p maior que o nível de significância escolhido (geralmente 0.05) sugere que não existe evidência estatística significativa para rejeitar a hipótese nula. Nesse caso, a hipótese nula é que os dados seguem uma distribuição normal, e o valor p maior que 0.05 sugere que os dados não fornecem evidência forte o suficiente para concluir que eles não são normais.

A seguir na Figura 11 é apresentado o resultado do teste de *Wilcoxon* não pareado:

Figura 11: Teste de *Wilcoxon* não pareado.



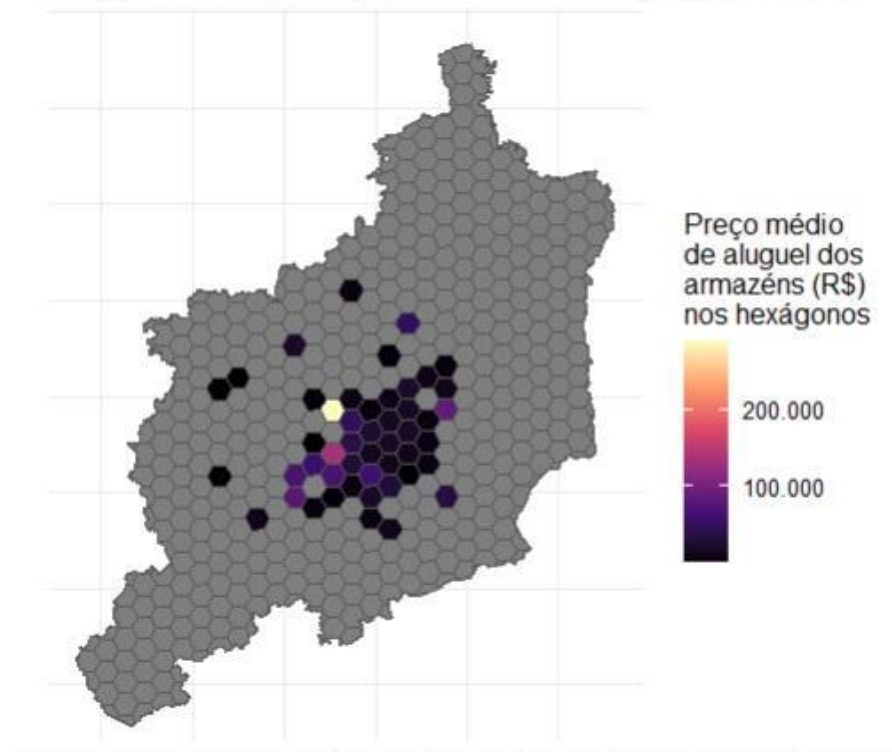
Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado na Figura 11 para o p-valor é: 0.10, sendo maior que 0.05, então significa que não se pode afirmar que tem diferença entre os lugares centrais e os lugares não centrais em relação ao preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

É possível verificar na Figura 11 que a mediana do preço médio de locação é maior do que a mediana do preço médio de locação nos lugares não centrais. Porém mesmo que exista esta diferença pela mediana, não é possível afirmar a hipótese b) da presente pesquisa pois o valor de p-valor foi de 0.10 na aplicação do teste de *Wilcoxon* não pareado. Vale destacar que a aplicação desta hipótese b) ainda não havia sido verificada na literatura para os armazéns.

A seguir, para representação na Figura 12 é mostrado o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos da RMBH.

Figura 12: Preço médio de locação dos armazéns RMBH.
Preço médio de aluguel dos armazéns (R\$) na RMBH



Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 Exploração adicional: Análise estatística para verificar a correlação entre as variáveis de preço de locação dos armazéns e os Pontos de Interesse nos lugares centrais – Teste de correlação de *Spearman*

Para a exploração adicional, as variáveis de estudo para análise da estatística descritiva são:

- Número de POIs nos lugares centrais e;
- Preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais que estejam no mesmo hexágono que o número de POIs.

A seguir é apresentada na Tabela 9 a estatística descritiva das variáveis de estudo, a coluna “n” de dados na tabela refere-se ao número de hexágonos nos lugares centrais da RMBH

que possuem quantidade de POIs e ao mesmo tempo o preço médio de locação por metro quadrado por mês dos armazéns.

Tabela 9: Estatística descritiva – Número de POIs e preço médio de locação nos lugares centrais RMBH.

Variáveis	n	Média	Desvio Padrão	Mediana	Min	Máx
Número de POIs (lugares centrais)	29	655.7241	733.2810	426.0000	99.0000	3573.0000
Preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês (lugares centrais)	29	21.7483	22.8233	17.6600	5.3333	136.8494

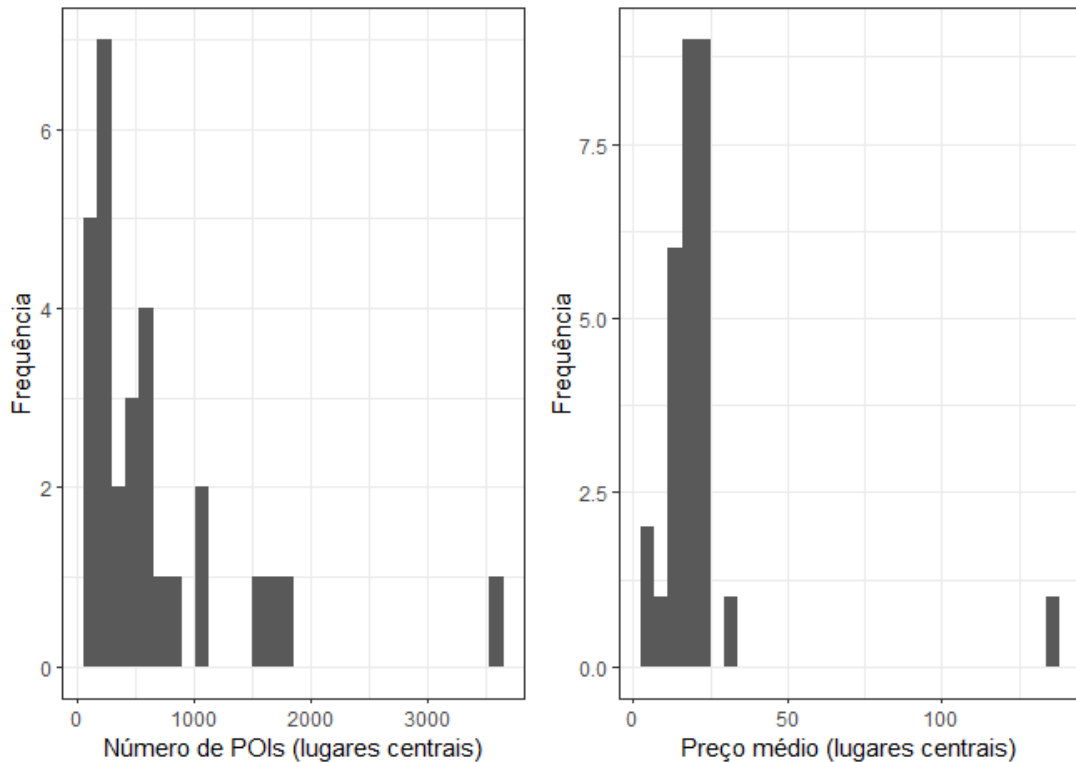
Fonte: Elaborado pela autora.

Com a aplicação do teste de *Shapiro-Wilk* para verificar se as variáveis seguem uma tendência distribuição normal, o resultado obtido para a variável de número de POIs nos hexágonos da RMBH considerados como lugares centrais foram: $W = 0.69683$, $p\text{-valor} = 1.895 \times 10^{-6}$ e para aplicação do teste de *Shapiro-Wilk* considerando a variável de preço médio de locação nos hexágonos da RMBH nos lugares centrais foram: $W = 0.40071$, $p\text{-valor} = 8.267 \times 10^{-10}$.

O valor de “W” é a estatística de teste do *Shapiro-Wilk*. Quanto mais próximo esse valor estiver de 1, mais provável é que os dados sigam uma distribuição normal. Nesse caso, o valor de “W” é bastante baixo para ambos os casos, o que sugere que a distribuição dos dados não se aproxima de uma distribuição normal. O p-valor de 1.895×10^{-6} e 8.267×10^{-10} são extremamente baixos (essencialmente zero), o que sugere que os dados não seguem uma distribuição normal em ambos os casos.

A seguir na Figura 13 é apresentado o histograma das variáveis de estudo. É possível perceber no histograma que as variáveis de preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais estão mais concentradas e possuem uma assimetria à esquerda. Em comparação com o número de POIs que possui uma distribuição mais heterogênea.

Figura 13: Histograma do número de POIs e preço médio dos armazéns nos lugares centrais.



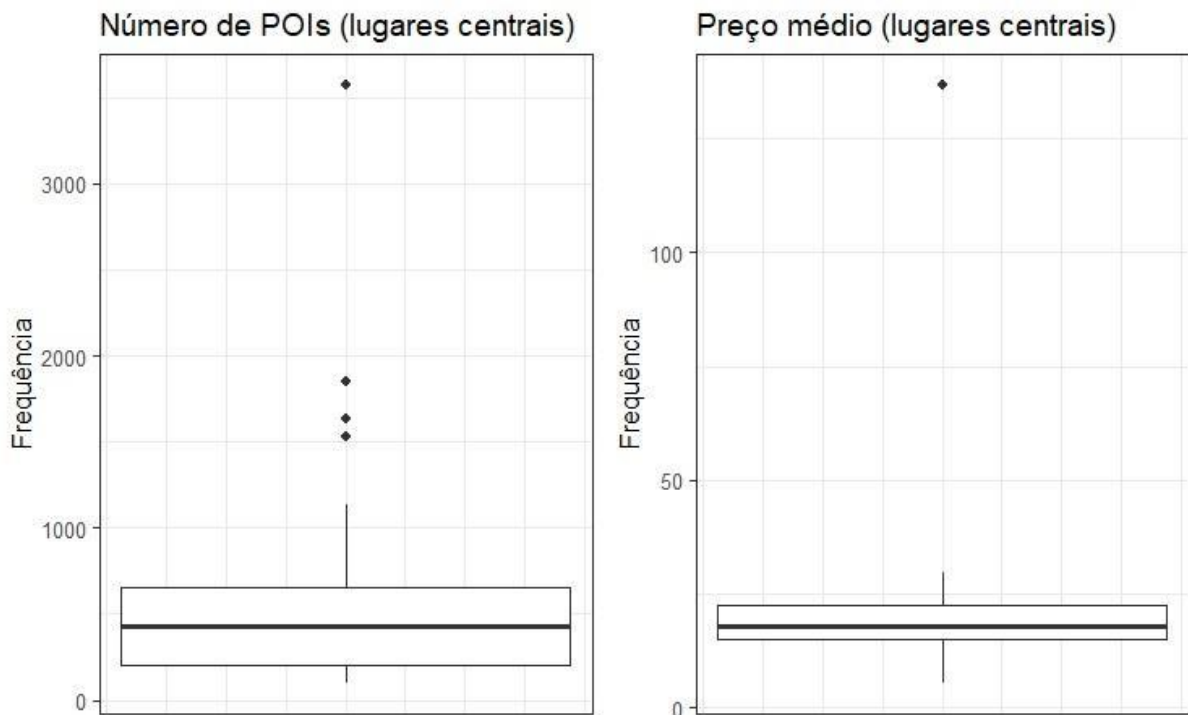
Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir na Figura 14 é apresentado o *boxplot* das variáveis de estudo. No *boxplot* mostra que a mediana para o número de POIs nos lugares centrais é bem maior do que o de preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais. Porém, são variáveis de natureza distintas e não é possível fazer comparações. O *boxplot* é para entender o fenômeno com cada variável.

Outliers existem no *boxplot* tanto para o número de POIs quanto para o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês localizados nos lugares centrais. Com a aplicação do teste de *Shapiro-Wilk* para as variáveis, foi possível identificar que as variáveis não seguem uma distribuição normal. Em cada local dos lugares centrais vai ter uma quantidade de número de POIs nos hexágonos, estes dados representam as atividades econômicas e são registrados por meio colaborativo pelo usuário no *OpenStreetMap*.

Os preços médios de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais não são iguais pois o preço de locação é inerente a cada armazém então isso refletirá também no preço médio de locação desses equipamentos nas localidades dos lugares centrais.

Figura 14: *Boxplot* do número de POIs e preço médio dos armazéns nos lugares centrais.



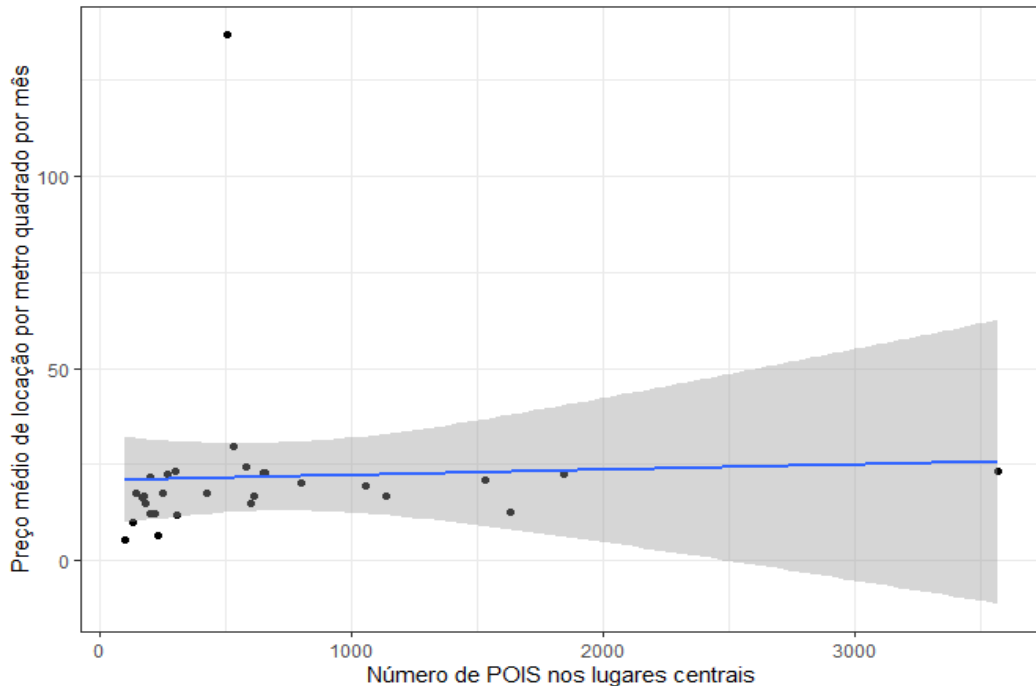
Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir é apresentado o Gráfico 1 com a dispersão das variáveis de estudo. Onde são avaliados os postos das variáveis. No contexto de um gráfico de dispersão, os “postos das variáveis” se referem aos valores ordenados ou classificados das variáveis em relação às suas posições no gráfico. Ao traçar os pontos com base nos postos das variáveis, é ignorado os valores absolutos e se concentra apenas na ordem relativa dos dados. Esta aplicação é útil quando os valores numéricos exatos não são tão importantes quanto a relação entre eles. Isso pode ser relevante em situações em que tem *outliers* ou dados extremos que podem distorcer a visualização do padrão geral.

É aplicado no gráfico de dispersão uma linha de regressão linear, a finalidade para aplicação desta linha é mostrar a tendência geral dos dados entre as variáveis: preço médio de

locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos hexágonos RMBH considerados lugares centrais e a variável de número de POIS nos hexágonos da RMBH considerando os lugares centrais, sem a classificação de centralidades.

Gráfico 1: Gráfico de dispersão entre o número de POIs e armazéns nos lugares centrais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando o Gráfico 1 chama a atenção para o *outlier* acima, com o posto da variável número de POIs baixo e o posto da variável de preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês muito alto, a relação entre os postos das variáveis não é linear.

De forma adicional com outras explorações foi aplicado o teste de correlação de *Spearman* considerando os lugares centrais, as variáveis investigadas são:

- i) Número de POIs nos lugares centrais e;
- ii) Preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais que estejam nos mesmos hexágonos que o número de POIs.

A finalidade da aplicação do teste de correlação de *Spearman*, em relação a estas variáveis, é verificar a correlação entre o número de atividades econômicas (POIs) com o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais. Entender em qual proporção as duas variáveis se correlacionam, se pode ser considerada correlações positivas ou negativas e a intensidade se são correlações fracas, moderadas ou fortes de acordo com Cohen (1988).

A investigação compreende-se em analisar se os hexágonos nos lugares centrais que possuem maior quantidade de número de POIs, ou seja, atividades econômicas, podem ter maior preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês? E qual é a intensidade dessa correlação? A estrutura e justificativa para a utilização deste teste está no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5.

O teste de correlação de *Spearman* foi escolhido para a aplicação pois é adequado para verificar correlação entre variáveis numéricas não normais e para variáveis categóricas ordinais. O estudo de Khamis (2008) aborda a correlação entre variável contínua-ordinal com mais de 6 níveis e para a presente pesquisa o número de POIs tem mais de 6 níveis. O trecho a seguir reforça a aplicação do teste de correlação de *Spearman*: “*If the ordinal variable, Y, has a large number of levels (say, five or six or more), then one may use the Spearman rank correlation coefficient to measure the strength of association between X and Y*” (Khamis, 2008, p. 158).

A correlação de *Spearman* avalia a associação monotônica entre as variáveis, ou seja, se uma aumenta, a outra também tende a aumentar (ou diminuir), mas essa relação não precisa ser linear. A interpretação da magnitude do coeficiente de correlação de *Spearman* “rho” em termos de sua força, pode se abordar a análise de Cohen (1988) que estabelece: a correlação classificada como “grande” é de 0.50 a 1.00; “moderada” de 0.30 a 0.49 e “fraca” de 0,10 a 0,29. O resultado para o teste considerando as variáveis de estudo é: “rho” = 0.4522167 e p-valor = 0.01458.

Analisando o resultado de 0.4522167 para o coeficiente de correlação de *Spearman* “rho”, indica-se uma correlação positiva moderada entre as variáveis por Cohen (1988). Este resultado mostra que hexágonos nos lugares centrais que possuem maiores quantidades de número de POIs tendem a ter maior preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

Porém é uma correlação que não se mostrou forte. Então não se pode afirmar de forma efetiva que hexágonos nos lugares centrais que possuem maiores quantidades de número de POIs tendem a ter maior preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

Para explorações futuras, poderá ser consideradas as categorias de atividades econômicas dos POIs nos lugares centrais e relacioná-las com o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês que estejam nestes mesmos hexágonos para analisar com detalhes este fenômeno.

5. 4 Exploração adicional: Acessibilidade dos armazéns por centralidade

Como exploração adicional dos fenômenos, foi utilizado o teste *Kruskal-Wallis* para analisar as medidas de tendência central da acessibilidade dos armazéns (origem) por subcategorias de centralidades (destino) para ver se tais medidas de tendência central são diferentes por subcategorias de centralidades. Com o teste *Kruskal-Wallis* foi possível responder que a acessibilidade dos armazéns para diferentes subcategorias de centralidades não é igual.

O teste de *Kruskal-Wallis* utilizado foi com post hoc de *Dunn* para comparar cada subcategoria de centralidade e ver quais subcategorias de centralidades diferem entre si, a análise é par a par, com ajuste de *holm* do p-valor por comparações múltiplas.

O teste de *Dunn* (1964) propõe comparações múltiplas não paramétricas para verificar quais pares de grupos têm diferenças significativas nas medianas após um teste global de comparação, como o *Kruskal-Wallis*.

O ajuste de *holm* é aplicado para controlar a taxa de risco de erro tipo I (falso positivo), garantindo que a probabilidade global de cometer um falso positivo seja mantida em um nível aceitável (Sidak, 1967). Este tipo de ajuste é apenas um dos vários métodos disponíveis para controle da taxa de erro tipo I em comparações múltiplas. É considerado conservador, o que significa que controla de maneira eficaz a taxa de erro tipo I, reduzindo o risco de detectar diferenças significativas quando existem.

Pelo teste de *Kruskal-Wallis*, foi rejeitada a igualdade de distribuições entre as categorias de centralidade com $p < 0.001$. Veja Tabela 10:

Tabela 10: Teste de *Kruskall-Wallis*.

Modo	.y.	n	statistic	df	p	method
A pé	Acess	3075	994.647	4	<0.001	Kruskal-Wallis
Bicicleta	Acess	3075	1669.711	4	<0.001	Kruskal-Wallis
Carro	Acess	3075	2761.606	4	<0.001	Kruskal-Wallis

Fonte: Elaborado pela autora.

O teste de *Kruskall-Wallis* com $p < 0.05$ indica que pelo menos uma categoria de centralidade difere das demais. Quando o resultado do teste apresenta valores de p significativos se faz o teste de comparações múltiplas de *Dunn* para saber quais categorias diferem entre si, o teste é aplicado considerando dois grupos de todos para todos.

Veja a Tabela 11 com os resultados das comparações múltiplas de *Dunn*, na tabela o y refere-se à acessibilidade dos armazéns para as centralidades, *group1* e *group2* são as combinações entre as subcategorias de centralidades, $n1$ refere-se à quantidade de armazéns que acessam cada subcategoria de centralidade do *group1* e $n2$ a quantidade de armazéns que acessam cada subcategoria de centralidade do *group2*, ou seja, armazéns que possuem acessibilidade para cada subcategoria de centralidade:

Tabela 11: Teste de comparações múltiplas de *Dunn*.

Modo	.y.	group1	group2	n1	n2	statistic	p	p.adj
A pé	Acess	Muito fraca	Fraca	111	361	2.683937	0.007	0.015
A pé	Acess	Muito fraca	Intermediária	111	453	7.642793	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Muito fraca	Forte	111	483	6.515519	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Muito fraca	Muito forte	111	557	19.918848	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Fraca	Intermediária	361	453	7.344104	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Fraca	Forte	361	483	5.670597	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Fraca	Muito forte	361	557	26.331331	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Intermediária	Forte	453	483	-1.890020	0.059	0.059
A pé	Acess	Intermediária	Muito forte	453	557	19.931253	<0.001	<0.001
A pé	Acess	Forte	Muito forte	483	557	22.269868	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Muito fraca	Fraca	563	599	12.704196	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Muito fraca	Intermediária	563	606	21.157902	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Muito fraca	Forte	563	586	23.596027	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Muito fraca	Muito forte	563	603	39.129416	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Fraca	Intermediária	599	606	8.552285	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Fraca	Forte	599	586	11.131488	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Fraca	Muito forte	599	603	26.824918	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Intermediária	Forte	606	586	2.658444	0.008	0.008
Bicicleta	Acess	Intermediária	Muito forte	606	603	18.336394	<0.001	<0.001
Bicicleta	Acess	Forte	Muito forte	586	603	15.527093	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Muito fraca	Fraca	615	615	9.578425	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Muito fraca	Intermediária	615	615	22.833915	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Muito fraca	Forte	615	615	33.695891	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Muito fraca	Muito forte	615	615	46.627523	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Fraca	Intermediária	615	615	13.255490	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Fraca	Forte	615	615	24.117466	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Fraca	Muito forte	615	615	37.049098	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Intermediária	Forte	615	615	10.861976	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Intermediária	Muito forte	615	615	23.793608	<0.001	<0.001
Carro	Acess	Forte	Muito forte	615	615	12.931632	<0.001	<0.001

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 11, o *p.adj* é o p-valor, se for menor que 0.05, rejeita-se H_0 , indicando que o par entre *group1* e *group2* tem diferença na distribuição, ou seja, o *group1* difere do *group2*. Considerando a análise da mediana da acessibilidade dos armazéns para a centralidade

“intermediária” e para a “forte”, para o modo de transporte a pé, os valores são muito próximos, conforme Tabela 4 e, houve um reflexo no teste de comparações múltiplas de *Dunn*, Tabela 11.

Comparando de forma pareada pelo teste de comparações múltiplas de *Dunn*, na Tabela 11, todas as subcategorias de centralidade diferem entre si considerando a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais, exceto para as categorias: intermediária e forte (marcado em amarelo e mostra que não é significativo) para o modo de transporte a pé. Na análise da comparação entre a centralidade intermediária com a centralidade forte para o modo de transporte a pé, na Tabela 11, o valor de *p.adj* foi de 0.059, ou seja, não foi significativo, indicando que a mediana seria igual. Nesse sentido, é preciso fazer investigações em trabalhos futuros para verificar os fatores que estão influenciando o fenômeno acontecer.

Questões para investigações futuras: a) Primeiro, investigar quais são as influências do meio e de infraestrutura viária que possam fazer com que a acessibilidade dos armazéns seja igual para o modo de transporte a pé para centralidade “intermediária” e “forte”; b) Segundo, nas centralidades “intermediária” e “forte” considerando o modo de transporte a pé utilizado pelos armazéns, existe alguma política pública que faça com que a região se desenvolva e apresente uma infraestrutura viária de melhor acesso para os armazéns que possibilite com estes equipamentos tenham uma acessibilidade igual para essas centralidades na entrega de mercadorias? e; d) Ainda, estes armazéns estão próximo às principais vias do sistema viário que possibilite um acesso igual para as centralidades “intermediária” e “forte” considerando as entregas dos armazéns pelo modo a pé?

Porém, ao analisar o quartil Q1-Q3 dessas duas centralidades, é possível verificar que existe uma diferença entre o intervalo de valores em relação ao Q1 e ao Q3. É importante verificar também os quartis Q1-Q3 apresentados na Tabela 4, que representa a variação da acessibilidade dos armazéns para cada centralidade considerando o modo de transporte: carro, bicicleta e a pé e mostra o intervalo dos dados do menor Q1 para o maior Q3 considerando as análises de quartis.

5.5 Exploração adicional: Resultados da análise estatística entre a precificação de locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais sem a classificação das centralidades

Para realizar esta exploração adicional, os lugares centrais não foram classificados. Porém a definição de lugares centrais foi mantida considerando os hexágonos com o número de POIs igual ou maior que 75% de acordo com o quartil. A parte de definição dos lugares centrais para RMBH está no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.1.

Os métodos de análise mantendo os lugares centrais sem a classificação das centralidades continuam sendo os mesmos estabelecidos no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.2, referente a coleta e tratamento dos dados de armazéns.

No cálculo da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais (sem classificação das centralidades) a mesma matriz de viagem escolhida continua a ser do método de pesquisa, que considera a origem como armazéns em si e o destino como os centroides dos hexágonos da RMBH. Os parâmetros e processos para o cálculo da acessibilidade seguem o que foi determinado para a pesquisa no capítulo 4, subitem 4.4. Nesse sentido, a aplicação para análise da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais continua a ser o modelo gravitacional considerando os modos de transporte carro, bicicleta e a pé.

Os dados de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé foram normalizados antes das aplicações estatísticas pela técnica Min-Máx. Porém se dados não fossem normalizados, os resultados dos testes estatísticos seriam os mesmos em relação a análise para verificar se os dados possuem ou não normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk* e se os dados são homogêneos ou não pelo teste de *Levene*. Os histogramas continuariam a apresentar simetria ou assimetria, as relações do *boxplot* e correlação de *Spearman* seriam as mesmas. Todos os resultados levam para o mesmo fim. Os dados foram normalizados somente com a finalidade de apresentação.

A normalização dos dados pela técnica Min-Máx é um procedimento utilizado para escalar os valores de um conjunto de dados para um intervalo específico, geralmente entre 0 e 1. A seguir na Tabela 12 mostram-se as descritivas dos dados da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais, o “n” na tabela refere-se ao número de armazéns com acessibilidade calculadas considerando como destino os lugares centrais.

Não é possível fazer comparações entre os dados da Tabela 12 para os modos de transporte a pé, bicicleta e carro devido o cálculo da acessibilidade ser diferente para estes grupos levando em consideração os parâmetros no cálculo da matriz de viagem pelo r5r. Os parâmetros adotados para o r5r estão no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5.

Tabela 12: Estatística descritiva RMBH – Lugares centrais.

Tipo	N	Média	Desvio padrão	Mediana	Min	Max
A pé	605	0.0303	0.0804	0.0077	0	1
Bicicleta	611	0.1055	0.1142	0.0757	0	1
Carro	615	0.5422	0.2061	0.5456	0	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Para verificar se os valores de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais seguem uma distribuição normal foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk*. A estrutura e justificativa de utilização do teste de *Shapiro-Wilk* encontra-se no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5. O resultado para aplicação do teste para os dados de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé são: $W = 0.801$, $p\text{-valor} = 2.2 \times 10^{(-16)}$.

O valor estatístico W é um número calculado com base nas diferenças entre os valores observados e os valores esperados de uma distribuição normal. Quanto mais próximo o valor de W estiver de 1, mais provável é que os dados sejam provenientes de uma distribuição normal. O p -valor, por sua vez, é a probabilidade de obter um valor W tão extremo quanto o observado, assumindo que os dados realmente sigam uma distribuição normal.

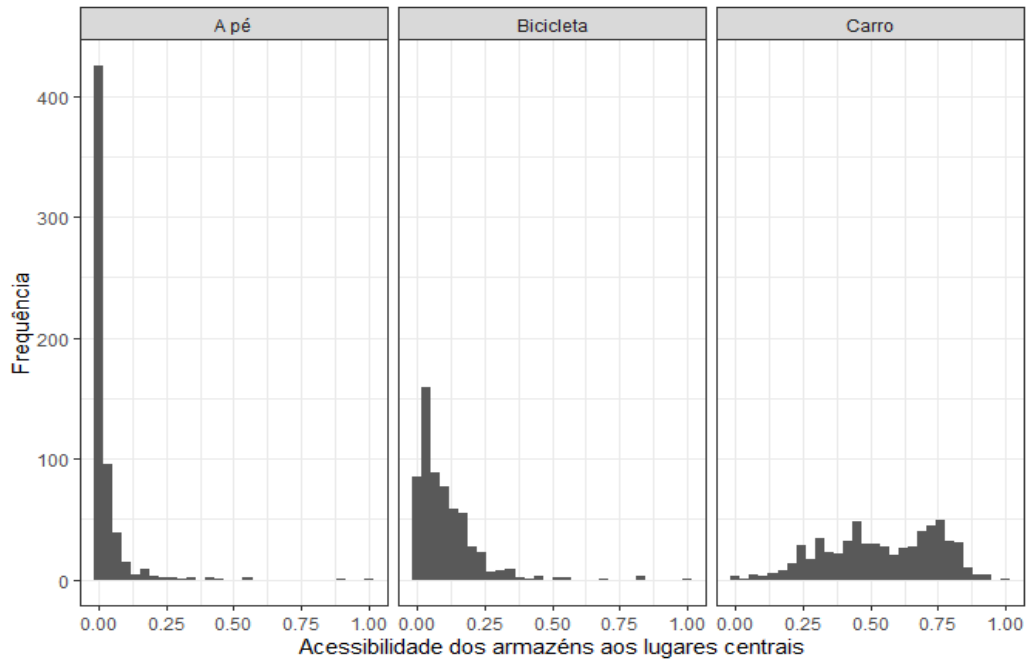
Se o p -valor for menor do que um certo nível de significância, geralmente 0.05, então sugere evidências para rejeitar a hipótese nula e concluir que os dados não seguem uma distribuição normal. Na aplicação do teste de *Shapiro-Wilk*, o resultado de p -valor é menor do que 0.05, indica que se rejeita a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal.

Por sua vez, o teste de *Levene* rejeitou a igualdade de variâncias da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os grupos de transporte: carro, bicicleta e a pé. O resultado do teste de Levene para todos os grupos de transporte foi de $p\text{-valor} < 0.001$, nesse sentido rejeita-se a hipótese nula (H_0) e mostra que as variâncias dos grupos não são iguais.

A seguir na Figura 15 é apresentado o histograma considerando a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé. Para o modo

de transporte carro a distribuição é mais simétrica em relação aos dados de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais e para os modos de transporte bicicleta e a pé a distribuição dos dados de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais é assimétrica à esquerda.

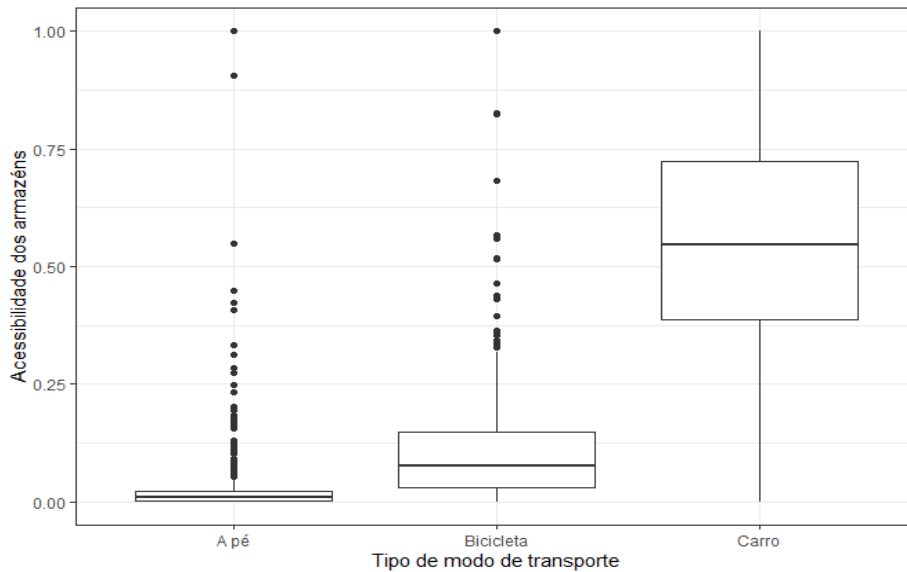
Figura 15: Histograma da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais.



Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir na Figura 16 é apresentado o *boxplot* da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé.

Figura 16: *Boxplot* da acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 16 é possível verificar que para o modo de transporte carro, a mediana em relação a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais é maior do que para os modos de transporte bicicleta e a pé. Na Tabela 12, é possível verificar este dado sobre a mediana que aparece no *boxplot*. Os *outliers* que aparecem no *boxplot* é devido à natureza dos dados e são diferentes por natureza, trata-se do cálculo da acessibilidade para cada armazém aos lugares centrais da RMBH. Os parâmetros do cálculo da matriz de viagem com a impedância de tempo pelo r5r são diferentes para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé. Para consultar os parâmetros do r5r, verificar o método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.3.

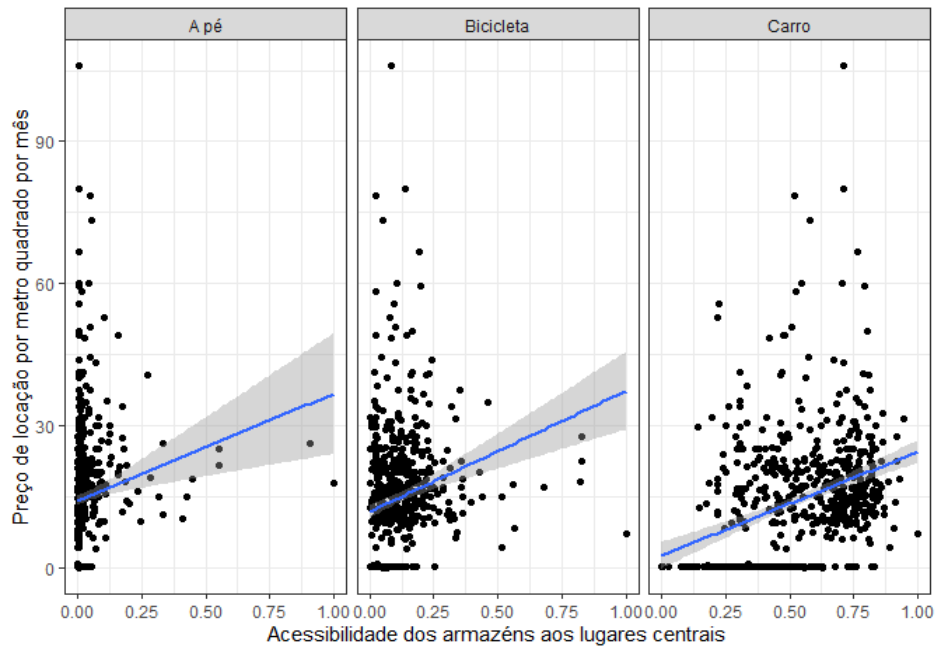
No Gráfico 2, apresenta-se a dispersão das variáveis no geral (incluindo galpões e lojas) com a aplicação de uma linha de regressão linear suavizada ao gráfico usando o método de regressão linear, a finalidade para aplicação desta linha é mostrar a tendência geral dos dados entre as variáveis de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais e o preço de locação por metro quadrado por mês destes equipamentos. No Gráfico 3, é realizada a mesma análise diferenciado o grupo para galpões e lojas. Esta diferenciação foi possível devido ao tratamento dos dados no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.2.

Nesse sentido no gráfico de dispersão a análise será para os postos das variáveis. No contexto de gráficos de dispersão, os “postos” referem-se aos valores ordenados de uma variável após terem sido classificados em ordem crescente. A transformação de dados em postos

é chamada de “ranqueamento” e é uma técnica usada quando se deseja reduzir o impacto de valores extremos ou quando os dados não seguem uma distribuição normal.

A seguir o Gráfico 2 mostra a dispersão das variáveis para avaliar a tendência dos dados para o grupo geral:

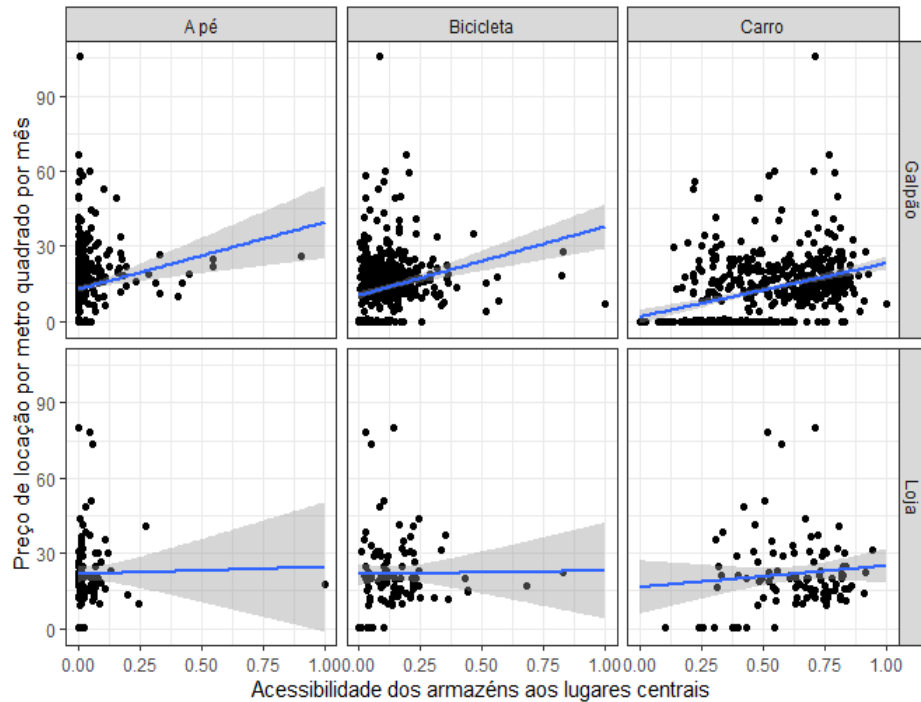
Gráfico 2: Gráfico de dispersão - Geral.



Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 2 é possível verificar que a relação dos postos das variáveis não segue uma tendência linear. A seguir o gráfico 3 com a dispersão das variáveis para avaliar a tendência dos dados para os grupos galpões e lojas:

Gráfico 3: Gráfico de dispersão – Galpões e lojas.



Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 3, os postos das variáveis considerando o modo de transporte bicicleta tem uma maior inclinação para galpão, bem como os postos das variáveis considerando o modo de transporte a pé para galpão e os postos das variáveis considerando o modo de transporte carro para galpão e loja.

Para responder as hipóteses a) da presente pesquisa será realizado o teste de correlação de *Spearman*. A estrutura e justificativa de utilização deste teste está no método de pesquisa, capítulo 4, subitem 4.5. A investigação para a hipótese b) com a aplicação do teste de *Wilcoxon* não pareado foi aplicado no presente capítulo que representa os resultados da pesquisa, no subitem 5.2.

A interpretação da magnitude do coeficiente de correlação de *Spearman* “rho” em termos de sua força, pode se abordar a análise de Cohen (1988) que estabelece: a correlação classificada como “forte” é de 0.50 a 1.00; “moderada” de 0.30 a 0.49 e “fraca” de 0,10 a 0,29. A correlação de *Spearman* foi aplicada para o grupo geral, considerando galpões e lojas, outra análise somente para grupo de lojas e por fim uma análise para somente grupo de galpões.

A seguir na Tabela 13 é apresentado os resultados do grupo geral (galpões e lojas) para a correlação de *Spearman* entre as variáveis de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé com o preço de locação por metro quadrado por mês desses equipamentos.

Tabela 13: Correlação de *Spearman* - Geral.

Modo de transporte	rho	p-valor
Carro	0.385	<0.001
Bicicleta	0.3805	<0.001
A pé	0.3427	<0.001

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 13, analisando os resultados de “rho” por meio de Cohen (1988), nos lugares centrais para todos os modos de transporte as correlações foram moderadas. Porém não se pode afirmar a hipótese a) da presente pesquisa: o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação destes equipamentos.

A seguir na Tabela 14 é apresentado os resultados para o grupo de lojas para a correlação de *Spearman* entre as variáveis de acessibilidade das lojas aos lugares centrais para os modos de transporte carro, bicicleta e a pé com o preço de locação por metro quadrado por mês desses equipamentos.

Tabela 14: Correlação de *Spearman* - Lojas.

Modo de transporte	rho	p-valor
Carro	0.0498	0.619
Bicicleta	0.0708	0.479
A pé	0.1782	0.073

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 14, analisando os resultados de “rho” por meio de Cohen (1988), nos lugares centrais para todos os modos de transporte as correlações foram fracas entre a acessibilidade das lojas aos lugares centrais com o preço de locação destes equipamentos por metro quadrado por mês.

A seguir na Tabela 15 é apresentado os resultados do grupo de galpões para a correlação de *Spearman* entre as variáveis de acessibilidade dos galpões aos lugares centrais para os modos

de transporte carro, bicicleta e a pé com o preço de locação por metro quadrado por mês desses equipamentos.

Tabela 15: Correlação de Spearman – Galpões.

Modo de transporte	rho	p-valor
Carro	0.3944	<0.001
Bicicleta	0.3981	<0.001
A pé	0.3163	<0.001

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 15, analisando os resultados de “rho” por meio de Cohen (1988), nos lugares centrais para todos os modos de transporte as correlações são moderadas entre acessibilidade dos galpões aos lugares centrais com o preço de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês.

6 CONCLUSÃO

Para a presente pesquisa foram analisados dois cenários: no cenário A considerou-se os lugares centrais com a classificação das centralidades para analisar os fenômenos enquanto no cenário B, com uma exploração adicional, definiu-se os lugares centrais de acordo com o método de pesquisa, porém sem classificar as centralidades.

Para responder à pergunta de pesquisa, foi aplicado o teste correlação de *Spearman* nos cenários A e B para verificar se o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos.

No cenário A, a correlação de *Spearman* foi calculada para o grupo geral, incluindo galpões e lojas. A análise abordou a correlação entre o preço de locação dos armazéns por metro quadrado por mês e a acessibilidade dos armazéns para as centralidades considerando os modos de transporte: carro, bicicleta e a pé. Os resultados revelaram que, para as localidades de centralidade “muito forte”, a correlação é significativa e positiva para todos os modos de transporte. Portanto, armazéns com maior acessibilidade a localidades de centralidade “muito forte” também tendem a ter maior preço de locação por metro quadrado por mês.

A análise geral revela que a acessibilidade dos armazéns para as localidades da centralidade “forte”, quando se considera o modo de transporte bicicleta, também é correlacionada de forma positiva com o preço de locação desses equipamentos por metro quadrado por mês. No entanto, vale ressaltar que, apesar de as correlações apresentadas serem positivas e significativas, elas são consideradas fracas por Cohen (1988). Portanto, não é possível afirmar que o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado aos preços de locação desses equipamentos.

A análise da correlação de *Spearman* revelou um viés adicional relacionado à acessibilidade dos armazéns, considerando os modos de transporte carro, bicicleta e a pé em relação às localidades de centralidade “intermediária” na análise geral. Esta análise indicou uma correlação negativa entre a acessibilidade e o preço de locação por metro quadrado por mês, indicando que armazéns com acessibilidade maior a localidades de centralidade “intermediária” tendem a ter preços de locação por metro quadrado por mês mais baixos. Este parâmetro também vale para as localidades de centralidade “fraca” considerando o modo de transporte

bicicleta. Nesse sentido, é relevante considerar estudos futuros para avaliação destes fenômenos.

Na sequência apresentam-se alguns questionamentos para orientar investigações futuras: uma maior acessibilidade dos armazéns para os locais de centralidade “intermediária” para todos os modos de transporte está relacionada a proximidade destes armazéns às principais vias do sistema viário? Existe alguma atividade econômica nos locais de centralidade “intermediária” que estão atraindo os armazéns e melhorando o acesso dos armazéns para estes locais? Existe alguma ação de política pública e de melhoria da infraestrutura viária que possibilita uma maior acessibilidade dos armazéns para as localidades de centralidade “intermediária” considerando a utilização de todos os modos de transporte? E ainda, será que estes armazéns que possuem maior acessibilidade para as localidades de centralidade intermediária estão a muito tempo para locação e por este motivo possuem preço de locação por metro quadrado por mês mais baixos? Questões sociais também podem estar envolvidas? São questionamentos que sugerem investigações em estudos futuros para entender o fenômeno.

E em relação a centralidade “fraca”, para o modo de transporte bicicleta, a acessibilidade dos armazéns é maior a estes locais devido ao investimento do poder público em infraestrutura viária que possibilite o deslocamento por bicicleta? Existe alguma atividade econômica nas localidades de centralidade “fraca”, que contribuem para a melhoria do acesso dos armazéns e que podem estar associadas com questões de planejamento urbano de transportes para o modo de transporte bicicleta? Questões sociais também podem estar envolvidas? E ainda, será que estes armazéns que possuem maior acessibilidade considerando o modo de transporte bicicleta para as localidades de centralidade “fraca” estão a muito tempo para locação e por este motivo possuem preço de locação por metro quadrado por mês mais baixos? São questionamentos que sugerem investigações em estudos futuros.

Para analisar se o preço de locação de armazéns é maior nas regiões mais centrais (Christaller, 1966) da Região Metropolitana de Belo Horizonte, considera-se a aplicação do teste de *Wilcoxon* não pareado entre as variáveis: preço de locação médio por metro quadrado por mês dos armazéns nos lugares centrais da RMBH para os lugares centrais e lugares não centrais. Não houve a classificação das centralidades para os lugares centrais na aplicação do teste de *Wilcoxon* não pareado, porém manteve a definição dos lugares centrais.

O resultado da aplicação do teste *Wilcoxon* não pareado mostrou que a mediana do preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais é maior do que a mediana nos lugares não centrais, porém o p-valor no teste foi de 0,10 mostrando desta forma que não é possível afirmar diferença de valores no preço para os lugares centrais e lugares não centrais na RMBH.

Deste modo, não é possível afirmar que o preço de locação de armazéns é maior nas regiões mais centrais (Christaller, 1966) da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Vale destacar que a investigação desta afirmação no contexto metropolitano ainda não havia sido verificada na literatura para os armazéns.

Ademais, como exploração adicional, aplicando o teste de correlação de *Spearman* nos hexágonos dos lugares centrais que possui a variável de número de POIs e ao mesmo tempo a variável de preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês, indica-se uma correlação positiva moderada entre as variáveis por Cohen (1988). Este resultado mostra que hexágonos nos lugares centrais que possuem maiores quantidades de número de POIs tendem a ter maior preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

Porém é uma correlação que não se mostrou forte então não se pode afirmar que hexágonos nos lugares centrais que possuem maiores quantidades de número de POIs tendem a ter maior preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês.

Para explorações futuras, pode considerar as categorias de atividades econômicas dos POIs nos lugares centrais e relacioná-las com o preço médio de locação dos armazéns por metro quadrado por mês nos lugares centrais que estejam nos mesmos hexágonos para analisar com detalhes este fenômeno.

Seguindo a sequência de exploração dos fenômenos, os testes de *Kruskal-Wallis* e de comparações múltiplas de *Dunn* foram utilizadas para análise adicional a pesquisa levando em consideração a investigação da acessibilidade dos armazéns para as centralidades, se elas são diferentes pelo teste de *Kruskal-Wallis* e com a análise da acessibilidade dos armazéns para todas as combinações de grupos entre centralidades pelo teste de comparações múltiplas de *Dunn*.

Os resultados obtidos por meio desses testes foram: pelo teste de *Kruskal-Wallis*, a acessibilidade dos armazéns para as centralidades é diferente e pelo teste de comparações múltiplas de *Dunn*, a acessibilidade dos armazéns é diferente para subcategorias de

centralidades, exceto para a centralidade “intermediária” e “forte” para o modo de transporte a pé. Nesse sentido, é preciso fazer investigações em trabalhos futuros para verificar os fatores que estão influenciando o fenômeno acontecer.

Questões para investigações futuras: a) Primeiro, investigar quais são as influências do meio e de infraestrutura viária que possam fazer com que a acessibilidade dos armazéns seja igual para o modo de transporte a pé para centralidade “intermediária” e “forte”; b) Segundo, nas centralidades “intermediária” e “forte” considerando o modo de transporte a pé utilizado pelos armazéns, existe alguma política pública que faça com que a região se desenvolva e apresente uma infraestrutura viária de melhor acesso para os armazéns que possibilite com estes equipamentos tenham uma acessibilidade igual para estas centralidades na entrega de mercadorias? e; d) Ainda, estes armazéns estão próximo às principais vias do sistema viário que possibilite um maior acesso para as centralidades “intermediária” e “forte” considerando as entregas dos armazéns pelo modo a pé?

Continuando com as explorações adicionais, para o cenário B que considera os lugares centrais sem a classificação das centralidades, a correlação de *Spearman* para o grupo geral, incluindo galpões e lojas foram: para todos os modos de transporte as correlações foram moderadas de acordo com Cohen (1988). Porém não se pode afirmar que o nível de acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais está diretamente relacionado com os preços de locação desses equipamentos.

Este trabalho tem uma contribuição social pois os resultados podem estimular a formulação de políticas públicas orientadas à integração da carga no planejamento das cidades e contribuir com a melhoria na qualidade de vida da população devido os lugares centrais serem *proxy* da concentração do mercado consumidor. Diferentes relações podem ser avaliadas e construídas, principalmente para análise da desigualdade no acesso dos consumidores (população) aos lugares centrais e armazéns para a distribuição de mercadorias especialmente no último quilômetro e na entrega domiciliar. Para estudos futuros no contexto social, a presente pesquisa contribui por exemplo para análises do mercado de alimentos. Relações estas que podem envolver armazéns, população e lugares centrais no contexto metropolitano.

Na literatura, não foram encontrados estudos sobre as investigações do contexto urbano que envolvem o mercado imobiliário de armazéns no Brasil a nível de região metropolitana ao considerar a acessibilidade dos armazéns aos lugares centrais e a relação da precificação de

locação desses equipamentos. A exploração do contexto urbano voltada para armazéns a nível de região metropolitana é de grande relevância para a elaboração de políticas públicas que incluam o armazém nas tomadas de decisões para o planejamento urbano. Principalmente em questões que envolvam a acessibilidade desses equipamentos.

A identificação das centralidades, da forma como foi realizada por Oliveira, Dablanc e Schorung (2022) contribuíram para o desenvolvimento e classificação das centralidades nos hexágonos referente a RMBH para a presente pesquisa. Entretanto, na literatura o estudo da acessibilidade dos armazéns considerando o contexto metropolitano ainda é pouco explorado. Principalmente nas relações que envolvam a acessibilidade dos armazéns e a precificação de locação destes equipamentos.

As contribuições fenomenológicas desta pesquisa são: a) identificação dos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor); b) acessibilidade como forma de investigar a região metropolitana de Belo Horizonte em relação a locação de armazéns e o mercado consumidor ao considerar os lugares centrais e; c) geração de instrumentos para o planejamento da estrutura urbana que considerem a estrutura imobiliária de armazéns em relação aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor).

O presente estudo, a partir dos objetivos propostos, visa trazer uma contribuição relevante no que tange à compreensão da estrutura urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com base tanto nos preços praticados pelo mercado imobiliário de armazéns como na mensuração da acessibilidade desses equipamentos considerando as áreas centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor).

Ademais, o método desenvolvido possibilita a sua replicação em outros estudos, visto que são considerados dados abertos e colaborativos, permitindo o entendimento da estrutura espacial à luz das relações entre a precificação da locação dos armazéns e a acessibilidade desses equipamentos aos lugares centrais (*proxy* da concentração do mercado consumidor) para regiões metropolitanas. Essa compreensão é importante instrumento para o planejamento urbano e para a gestão do acesso a mercadorias, sob a ótica das interações espaciais e o mercado imobiliário de armazéns.

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa. O compromisso

deste órgão com o avanço da pesquisa científica é inestimável e foi um verdadeiro catalisador no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALJOHANI, K.; THOMPSON, R. Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: Taxonomy and review of literature. **Journal of Transport Geography**, v. 57, p. 255-263, 2016.
- ANTONIOU, V.; SKOPELITI, A. Measures and indicators of VGI quality: An overview. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. II-3/W5, p. 345-351, 2015.
- ANTONIOU, V.; TOUYA, G.; OLTEANU-RAIMOND, A. **Quality analysis of the Parisian OSM toponyms evolution**. In: C. Capineri; M. Haklay; H. Huang; V. Antoniou; J. Kettunen; F. Ostermann; R. Purves (eds). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*, Ubiquity Press: London, 2016, p. 97-112.
- BAGLIO, M.; PEROTTI, S.; GARAGIOLA, F. Benchmarking logistics facilities: a rating model to assess building quality and functionality. *Benchmarking: An International Journal*, v. 27, n. 3, p. 1239-1260, 2019.
- BAKILLAH, M.; LIANG, S.; MOBASHERI, A.; ARSANJANI, J. J.; ZIPF, A. Fine-resolution population mapping using OpenStreetMap points-of-interest. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 28, n. 9, p. 1940-1963, 2014.
- BARRANCO, R.; BATISTA, R.; SILVA, F.; LAVALLE, C. **Generating density grids of services and utilities in Europe based on Point of Interest (POI) data**. Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2018.
- BERTOLINI, L.; LE CLERQ, F.; KAPOEN, L. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. **Transport Policy**, v. 12, n.3, p. 207-220, 2005.
- BHATTI, A.; AKRAM, H.; BASIT, H.; KHAN, A.; NAQVI, S.; BILAL, M. E-commerce trends during COVID-19 Pandemic. **International Journal of Future Generation Communication and Networking**, v. 13, n.2, p. 1449-1452, 2020.
- BLACK, J.; CONROY, M. Accessibility Measures and the Social Evaluation of Urban Structure. *Environment and Planning A: Economy and Space*, v. 9, n.9, p. 1013-1031, 1977.
- BOSCO JUNIOR, A. D. **Usabilidade de Pontos de Interesse e centralidades de rede de mapas colaborativos para análise de atração de viagens: estudo de caso de Curitiba**. 2020. 167 f. Dissertação – Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade de São Paulo (STT/EESC/USP).

BUTTNER, R. J., JR.; RUTHERFORD, R. C.; WITTEN, R. Industrial warehouse rent determinants in the Dallas/Fort worth area. **Journal of Real Estate Research**, v. 13, n. 1, p. 47-56, 1997.

CASCETTA, E. **Transportation Systems Analysis: Models and Applications**. Springer Science & Business Media, v. 29, 2009.

CASCETTA, E.; CARTENÍ, A.; MONTANINO, M. A new measure of accessibility based on perceived opportunities. **Procedia, Social and Behavioral Sciences**, n. 87, p.117-132, 2012.

CASCETTA, E.; CARTENÍ, A.; MONTANINO, M. A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities. **Journal of Transport Geographhy**, v. 51, p. 45-58, 2016.

CHRISTALLER, W. **Central Places in Southern Germany**. Baskin, C. New Jersey: Prentice-Hall, 1966.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New York: Lawrence Erlbaum Pub, 2^a ed. Columbus, Ohio, USA. **Applied Geography**, v. 93, p. 47-63, 1988.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 3 ed. São Paulo: Ática, 1995, p. 95.

CRAMPTON, J. W.; GRAHAM, M.; POORTHUIS, A.; SHELTON, T.; STEPHENS, M.; WILSON, M. W.; ZOOK, M. Beyond the geotag: Situating “big data” and leveraging the potential of the geoweb. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 40, n. 2, p. 130–139, 2013.

CROSBY, H.; DAMOULAS, T.; JARVIS, S. A. Embedding road networks and travel time into distance metrics for urban modelling. **International Journal of Geographical Information Science**, p. 512-536, 2018.

CRUZ, W. Crescimento do e-commerce no Brasil: desenvolvimento, serviços logísticos e o impulso da pandemia de Covid-19. **GeoTextos**, v. 17, n.1, p. 67-88, 2021.

DABLANC, L. **Logistics Sprawl and Urban Freight Planning Issues in a Major Gateway City**. In: GONZALEZ-FELIU, J.; SEMET, F.; ROUTHIER, J. (eds). Sustainable Urban Logistics: Concepts, Methods and Information Systems. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 49-69, 2014.

DABLANC, L. **E-commerce trends and implications for urban logistics**. In: BROWNE, M.; BEHREND, S.; WOXENIUS, J.; GIULIANO, G.; HOLGUIN-VERAS, J. (Eds.). Urban Logistics: Management, Policy and Innovation in a Rapidly Changing Environment. Kogan Page Publishers, London, p. 187-195, 2018.

DABLANC, L.; RAKOTONARIVO, D. The impacts of logistics sprawl: How does the location of parcel transport terminals affect the energy efficiency of goods’ movements in

Paris and what can we do about it?. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n.3, p. 6087-6096, 2010.

DAGGITT, M. L.; NOULAS, A.; SHAW, B.; MASCOLO, C. Tracking urban activity growth globally with big location data. **Royal Society Open Science**, v. 3, n. 4, 2016.

DALVI, M. Q.; MARTIN, K. The measurement of accessibility: some preliminary results. **Transportation**, v. 5, n. 1, p. 17-42, 1976.

DENG, Y.; LIU, J.; LIU, Y.; LUO, A. Detecting urban polycentric structure from POI data. **ISPRS International Journal Geo-Information**, v. 8, n.6, p. 283, 2019.

DUARTE, H. S. B. A cidade do Rio de Janeiro: descentralização das atividades terciárias. Os centros funcionais. **Revista Brasileira de Geografia**, n.1, p. 53-98, 1974.

DUNN, O. J. Multiple comparisons using rank sums. **Journal Technometrics**, v. 6, n. 3, p. 241-252, 1964.

DURMUS, A.; TURK, S. Factors Influencing Location Selection of Warehouses at the Intra-Urban Level: **Istanbul Case. European Planning Studies**, v. 22, n.2, p. 268-292, 2014.

FRIAS-MARTINEZ, V.; FRIAS-MARTINEZ, E. Spectral clustering for sensing urban land use using Twitter activity. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 35, p. 237-245, 2014.

GEERTMAN, S. C. M.; RITSEMA VAN ECK, J. R. GIS and models of accessibility potencial: an application in planning. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 9, n.1, p. 67-80, 1995.

GEURS, K. T.; van WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, n. 12, p. 127-140, 2004.

GEURS, K. T.; RITSEMA van ECK, J. R. Evaluation of accessibility impacts of land-use scenarios: the implications of job competition, land-use, and infrastructure developments for the Netherlands. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 30, p. 69-87, 2003.

GIANNOTTI, M.; TOMASIELLO, D. B.; BITTENCOURT, T. A. The bias in estimating accessibility inequalities using gravity-based metrics. **Journal of Transport Geography**, v. 101, 2022.

GINGERICH, K.; MAOH, H. The role of airport proximity on warehouse location and associated truck trips: evidence from Toronto, Ontario. **Journal of Transport Geography**, v. 74, p. 97-109, 2019.

GOSSLING, S. ICT and transport behaviour: A conceptual review. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 12, n.3, p. 153-164, 2017.

GUY, C. M. The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures. **Environment and Planning B**, v. 10, p. 219-238, 1983.

HAKLAY, M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 37, p. 682-703, 2010.

HANDY, S. Regional versus local accessibility: Implications for non-work travel. **Transportation Research Record**, v. 1400, p. 58-66, 1994.

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

HOLUBCÍK, M.; KOMAN, G.; SOVIAR, J. Industry 4.0 in Logistics Operations. **Transportation Research Procedia**, v. 53, p. 282-288, 1959, 2021.

HORNER, M. W. Exploring metropolitan accessibility and urban structure. **Urban Geography**, v. 25, n.3, p. 264-284, 2004.

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101-107, 1971.

ISSAOUI, Y.; KHIAT, A.; BAHNASSE, A.; OUAJJI, H. Toward Smart Logistics: Engineering Insights and Emerging Trends. **Archives of Computational Methods in Engineering**, 2020.

JALLER, M.; PAHWA, A. Evaluating the environmental impacts of online shopping: A behavioral and transportation approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 80, 2020.

JANJEVIC, M.; WINKENBACH, M. Characterizing urban last-mile distribution strategies in mature and emerging e-commerce markets. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 133, p. 164-196, 2020.

JIANG, S.; ALVES, A.; RODRIGUES, F.; FERREIRA JR., J.; PEREIRA, F. C. Mining point-of-interest data from social networks for urban land use classification and disaggregation. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 53, p. 36-46, Elsevier, 2015.

JONIETZ, D., ZIPF, A. Defining Fitness-for-Use for Crowdsourced Points of Interest (POI). **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, n. 9, p. 149, 2016.

- JOSEPH, A. E.; BANTOCK, P. R. Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: A method and case study. **Social Science and Medicine**, v. 16, n. 1, p. 85-90, 1982.
- KANG, S. Warehouse location choice: a case study in Los Angeles, CA. **Journal of Transport Geography**, v. 88, 102297, 2020a.
- KANG, S. Relative logistics sprawl: Measuring changes in the relative distribution from warehouses to logistics businesses and the general population. **Journal of Transport Geography**, v. 83, 2020b.
- KATO, T.; UCHIDA, K.; LAM, W. H. K.; SUMALEE, A. Estimation of the value of travel time and of travel time reliability for heterogeneous drivers in a road network. **Transportation**, v. 48, p. 1639-1670, 2021.
- KHAMIS, H. Measures of Association How to Choose?. **Journal of Diagnostic Medical Sonography**, v. 24, n. 3, 2008.
- KHAN, N.; WAN, W.; YU, S. Location-Based Social Network's Data Analysis and Spatio-Temporal Modeling for the Mega City of Shanghai, China. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 2, p. 76, 2020.
- KITCHIN, R. **The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences**. Thousand Oaks, CA: SAGE, 2014.
- KNOX, P. L. The intraurban ecology of primary medical care: patterns of accessibility and their policy implications. **Environment and Planning A**, v. 10, p. 415-172, 1978.
- LEE, J.; MILLER, H. J. Measuring the impacts of new public transit services on pace-time accessibility: An analysis of transit system redesign and new bus rapid transit in Columbus, Ohio, USA. **Applied Geography**, v. 93, p. 47-63, 2018.
- LEVINSON, D. **Transport Access Manual: A Guide for Measuring Connection between People and Places**. The Committee of the Transport Access Manual. Sydney, NSW, Australia: Network Design Lab, 2020, p. 47.
- LEVINSON, D.; Wu, H. Towards a general theory of access. **Journal of Transport and Land Use**, v. 13, n.1, p. 129-158, 2020.
- LI, L.; GOODCHILD, M. F.; XU, B. Spatial, temporal, and socioeconomic patterns in the Use of twitter and flickr. **Cartography and Geographic Information**, v. 40, n. 2, p. 61-77, 2013.
- LIM, H.; PARK, M. Modeling the spatial dimensions of warehouse rent determinants: A case study of Seoul metropolitan area, South Korea. **Sustainability**, v. 12, n.1, p. 259, 2020.

- LINNEKER, B. J.; SPENCE, N. A. Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London orbital motorway on Britain. **Environment and Planning A**, v. 24, p. 1137-1154, 1992.
- LIPOVETSKY, G. A. **A felicidade paradoxal. Ensaio sobre a sociedade do hiperconsumo**. Lisboa: Edições 70, 2007 (original francês 2006), p. 357.
- LIU, S.; ZHU, X. An Integrated GIS Approach to Accessibility Analysis. **Transactions in GIS**, v. 8, n. 1, p. 45-62, 2004.
- LIU, X.; HE, J.; YAO, Y.; ZHANG, J.; LIANG, H.; WANG, H.; HONG, Y. Classifying urban land use by integrating remote sensing and social media data. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 31, n. 8, p. 1675–1696, 2017.
- LIU, X.; LONG, Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and points of interest. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 43, n. 2, p. 341-360, 2015.
- LONG, Y.; HAN, H.; TU, Y.; SHU, X. Evaluating the effectiveness of urban growth boundaries using human mobility and activity records. **Cities**, v. 46, p. 76–84, 2015.
- LONG, Y.; LIU, L. Transformations of urban studies and planning in the big/open data era: A review. **International Journal of Image and Data Fusion**, v. 7, n.4, p. 295–308, 2016.
- LUCAS, K.; VAN WEE, B.; MAAT, K. A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. **Transportation**, v. 43, p. 473-490, 2016.
- MA, Y.; ZHANG, Z.; IHLER, A.; PAN, B. Estimating warehouse rental price using machine learning techniques. **International Journal of Computers, Communications & Control**, vol. 13, n. 2, p. 235-250, 2018.
- MARTÍ, P.; SERRANO-ESTRADA, L.; NOLASCO-CIRUGEDA, A. Social Media data: Challenges opportunities and limitations in urban studies. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 74, p. 161-174, 2019.
- MEDONÇA, F. A. F.; KNEIB, E. C. **A identificação de centralidades em uma cidade de médio porte: o caso de Anápolis – Go**. XVII Enanpur, São Paulo, 2017.
- MICHLOWICZ, E. Logistics engineering and industry 4.0 and digital factory. **Archives of Transport**, v. 57, n. 1, p. 59-72, 2021.
- MILANI, P.; SILVA, E. A. Centralidade Urbana: Um estudo do Centro Principal de Três Lagoas – MS. **Geografia em Atos**, v.1, n. 9, 2009.

MILLER, H. J.; GOODCHILD, M. F. Data-driven geography. **GeoJournal**, v. 80, n. 4, p. 449–461, 2015.

MÜLLIGAN, C.; JANOWICZ, K.; YE, M.; LEE, W. **Analyzing the Spatial-Semantic Interaction of Points of Interest in Volunteered Geographic Information**. In: EGENHOFER, M.; GIUDICE, N.; MORATZ, R.; WORBOYS, M. (eds) *Spatial Information Theory*. COSIT, 2011. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 689. Springer, Berlin, Heidelberg.

NIU, H.; SILVA, E. A. Crowdsourced Data Mining for Urban Activity: Review of Data Sources, Applications, and Methods. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146, n. 2, 2020.

NOULAS, A.; SCCELLATO, S.; LATHIA, N.; MASCOLO, C.; RANDOM, A. Walk around the City: New Venue Recommendation in Location-Based Social Networks. **International Conference on Social Computing**, p. 144-153, 2012.

OLIVEIRA, R. L. M.; DABLANC, L.; SCHORUNG, M. Changes in warehouse spatial patterns and rental prices: Are They related? Exploring the case of US metropolitan areas. **Journal of Transport Geography**, v. 104, 2022.

PÁEZ, A.; SCOTT, D. M.; MORENCY, C. Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators. **Journal of Transport Geography**, v. 25, p. 141-153, 2012.

PAN, H.; DEAL, B.; CHEN, Y.; HEWINGS, G. A Reassessment of urban structure and land-use patterns: Distance to CBD or network-based? - Evidence from Chicago. **Regional Science and Urban Economics**, v.70, p. 215–228, 2018.

PAPA, E.; COPPOLA, P. Gravity-based accessibility measures for integrated transport-land use planning (grabam). **Accessibility Instruments for Planning Practice**, p. 117-124, 2012.

PENG, X.; BAO, Y.; HUANG, Z. Perceiving Beijing’s “City Image” Across Different Groups Based on Geotagged Social Media Data. **IEEE Access**, v. 8, p. 93868-93881, 2020.

PEREIRA, R. H. M.; HERSZENHUT, D. **Introduction to urban accessibility: a practical guide with R**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023.

PEREIRA, R. H. M.; SARAIVA, M.; HERSZENHUT, D.; BRAGA, C. K. V.; CONWAY, M. W. R5r: Rapid Realistic Routing on Multimodal Transport Networks with R⁵ in R. **Findings**, March, 2021.

PLOOS VAN AMSTEL, W.; BALM, S.; TAMIS, M.; DIEKER, M.; SMIT, M.; NIJHUIS, W.; ENGLEBERT, T. **Go electric: Zero-emission service logistics in cities**. Hogeschool van Amsterdam, 2021.

QUINN, P. Road density as a proxy for population density in regional-scale risk modeling. **Natural Hazards**, 65, p. 1227-1248, 2013.

RODRIGUE, J. The Distribution network of Amazon and the footprint of freight digitalization. **Journal of Transport Geography**, v. 88, 102825, 2020.

RODRIGUE, J.; DABLANC, L.; GIULIANO, G. The freight landscape: Convergence and divergence in urban freight distribution, **The Journal of Transport and Land Use**, v. 10, n. 1, p. 557-572, 2017.

SAKAI, T.; BEZIAT, A.; HEITZ, A. Location factors for logistics facilities: Location choice modeling considering activity categories. **Journal of Transport Geography**, v. 85, 102710, 2020.

SANCHEZ-DIAZ, I.; VURAL, C. A.; HALLDÓRSSON, Á. Assessing the inequalities in access to online delivery services and the way COVID-19 pandemic affects marginalization. **Transport Policy**, v. 109; p. 24-36, 2021.

SENARATNE, H.; MOBASHERI, A., ALI, A. L.; CAPINERI, C.; HAKLAY, M. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 31, n.1, p. 139-167, 2017.

SHEN, Q. Location characteristics of inner-city neighbourhoods and employment accessibility of low-wage workers. **Environment and Planning B**, v. 25, n. 3, p. 345-365, 1998.

SIDAK, Z. Rectangular confidence regions for the means of multivariate normal distributions. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, n. 318, p. 626-633, 1967.

SMITH, J. **E-commerce driving bigger demand for smaller warehouses, CBRE says.** Wall Street Journal, 2019.

SONG, Y.; LONG, Y.; WU, P.; WANG, X. Are all cities with similar urban form or not? Redefining cities with ubiquitous points of interest and evaluating them with indicators at city and block levels in China. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 32, n. 12, p. 2447–2476, 2018.

SOUZA, M. L. **ABC do desenvolvimento urbano.** 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, p.190.

STEWART, J. Q. Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. **Geography Review**, v. 37, p. 461-485, 1947.

SUI, D. Z.; ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. F. **Crowdsourcing geographic knowledge: Volunteered geographic information (VGI) in theory and practice.** New York: Springer, 2013.

SUN, Y.; FAN, H.; LI, M.; ZIPF, A. Identifying the city center using human travel flows generated from location-based social networking data. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 43, n. 3, p. 480-498, 2016.

THAKURIAH, P. V.; TILAHUN, N.; ZELLNER, M. **Seeing cities through Big data: Research, methods and applications in urban informatics**. Cham: Springer, 2016.

TOUYA, G.; ANTONIOU, V.; OLTEANU-RAIMOND, A.; VANDAMME, M. Assessing Crowdsourced POI Quality: Combining Methods Based on Reference Data, History, and Spatial Relations. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n.3, p. 80, 2017.

UNDERHILL, P. **Call of the Mall: The Author of Why We Buy on the Geography of Shopping**. Simon and Schuster, 2004, United States.

VAN WEE, B.; HAGOORT, M.; ANNEMA, J. A. Accessibility measures with competition. **Journal of Transport geography**, v. 9, p. 199-208, 2001.

VANDECASTEELE, A.; DEVILLERS, R. **Improving Volunteered Geographic Information Quality Using a Tag Recommender System: The Case of OpenStreetMap**. In: Jokar Arsanjani, J.; Zipf, A.; Mooney, P.; Helbich, M. (eds). Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015, p. 59-80.

VICKERMAN, R. W. Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. **Environment and Planning A**, n.6, p. 675-691, 1974.

WACHS, M.; KUMAGAI, T. G. Physical accessibility as a social indicator. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 7, n.5, p. 437-456, 1973.

WAGNER, T. Regional traffic impacts of logistics-related land use. **Transport Policy**, v. 17, n. 4, p. 224-229, 2010.

WANG, Z.; MA, D.; SUN, D.; ZHANG, J. Identification and analysis of urban functional area in Hangzhou based on OSM and POI data. **Journal Plos One**, 2021.

WEIBULL, J. W. An axiomatic approach to the measurement of accessibility. **Regional Science and Urban Economics**, v. 6, p. 357-379, 1976.

WICKSTROM, G. V. Defining balanced transportation - a question of opportunity. **Traffic Quarterly**, v. 25, n. 3, p. 337-349, 1971.

WILSON, A. G. **Entropy in Urban and Regional Modelling**. PION, London, 1970.

WILSON, A. G. A family of spatial interaction models, and associated developments. **Environment and Planning**, v. 3, n.1, p. 1-32, 1971.

WOUDSMA, C.; JENSEN, J.; KANAROGLOU, P.; MAOH, H. Logistics land use and the city: a spatial-temporal modeling approach. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 44, n.2, p. 277-297, 2008.

WU, L.; Y. Z. ZHI; Z. SUI; Y. LIU (2014) **Intra-Urban human mobility and activity transition**: Evidence from social media check-in data. *PLoS One*, v. 9, n. 5.

XIAO, Z.; Q. YUAN; Y. SUN; X. SUN (2021) New paradigm of logistics space reorganization: E-commerce, land use, and supply chain management. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, v. 9.

YANG, M.; B. KONG; R. DANG; X. YAN (2022) Classifying urban functional regions by integrating buildings and points-of-interest using a stacking ensemble method. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 108.

YANG, Y.; S. HUANG; M. WEN; X. CHEN; Q. ZHANG; W. LIU (2021) Analyzing travel time belief reliability in road network under uncertain random environment. **Soft Comput**, v. 25, p. 10053-10065.

YUAN, J.; Y. ZHENG; X. XIE (2012) Discovering regions of different functions in a city using human mobility and POIs. In **Proceedings, 18th ACM SIGKDD, International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining**, p. 186–194. New York: ACM.

ZHAN, X.; S. V. UKKUSURI; F. ZHU (2014) Inferring urban land use using large-scale social media check-in data. **Networks and Spatial Economics**, v. 14, p. 647–667.

ZHANG, L.; D. PFOSER (2019) Using OpenStreetMap point-of-interest data to model urban change – **A feasibility study**. *PLoS ONE*, v. 14, n. 2.

ZHANG, X.; Y. SUN; A. ZHENG; Y. WANG (2020) A new approach to refining land use types: Predicting Point-of-Interest categories Using Weibo check-in data. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n.2, p. 124.

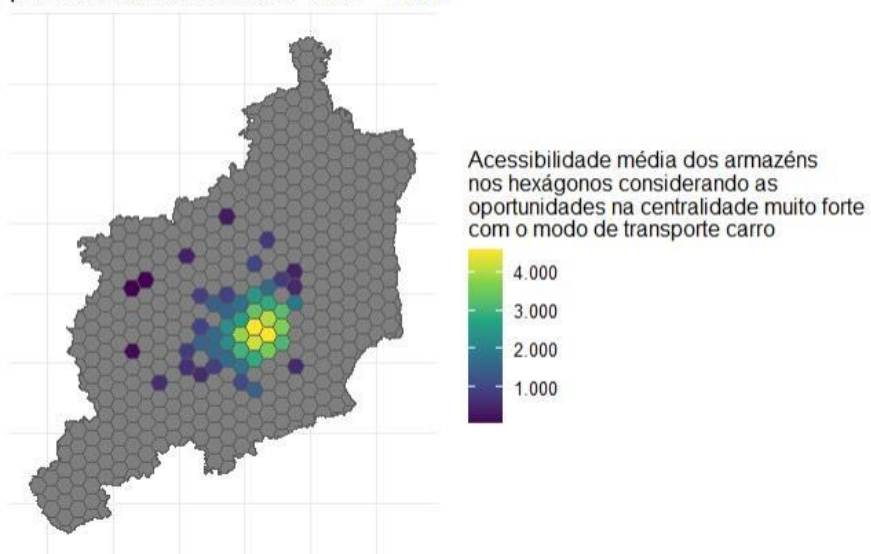
ZIELSTRA D.; A. ZIPF. Quantitative studies on the data quality of OpenStreetMap in Germany. In: **Proc. of GIScience**; 2010.

ZUKIN, S. (1998) Urban Lifestyles. Diversity and standardization in spaces of consumption. **Urban Studies**, v. 35, p. 5-6.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Acessibilidade dos armazéns para cada centralidade considerando o modo de transporte carro, bicicleta e a pé.**Figura 1: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte – Carro.**

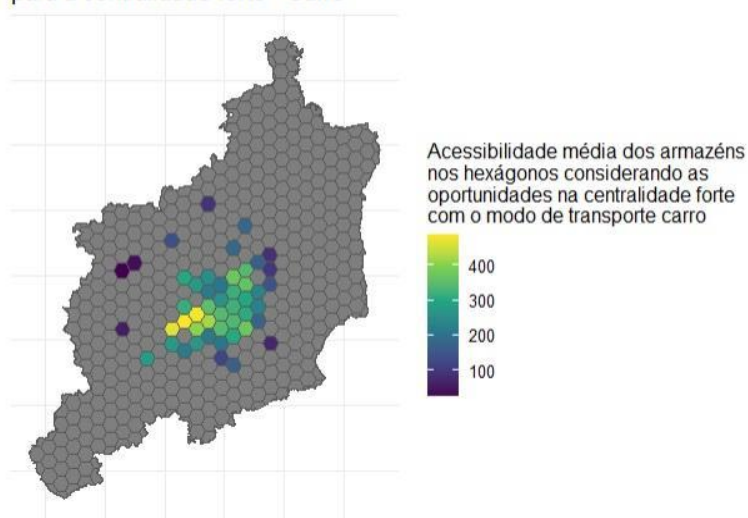
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte – Carro.

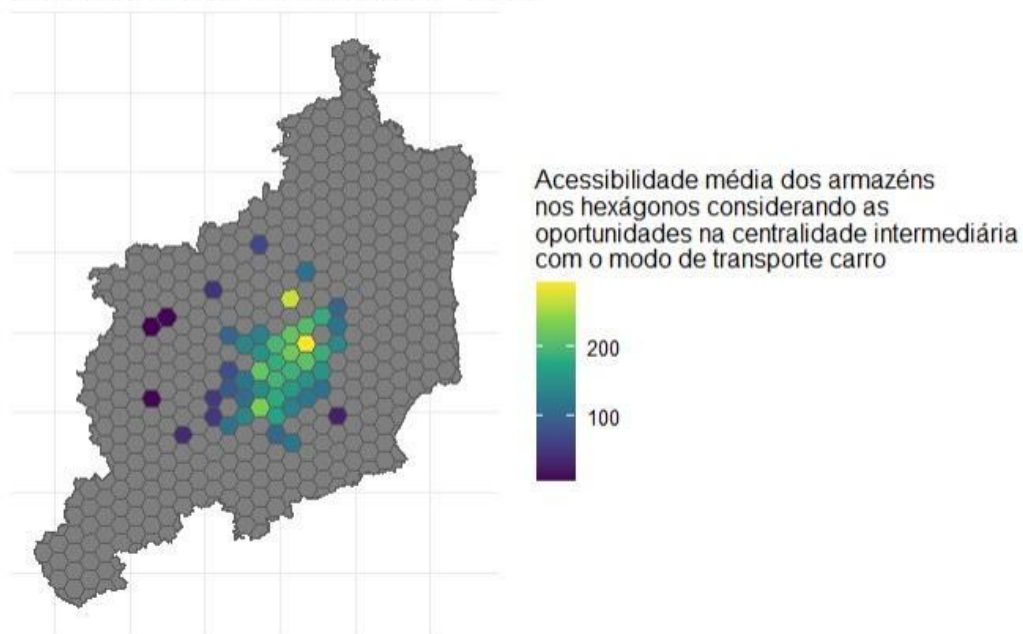
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária – Carro.

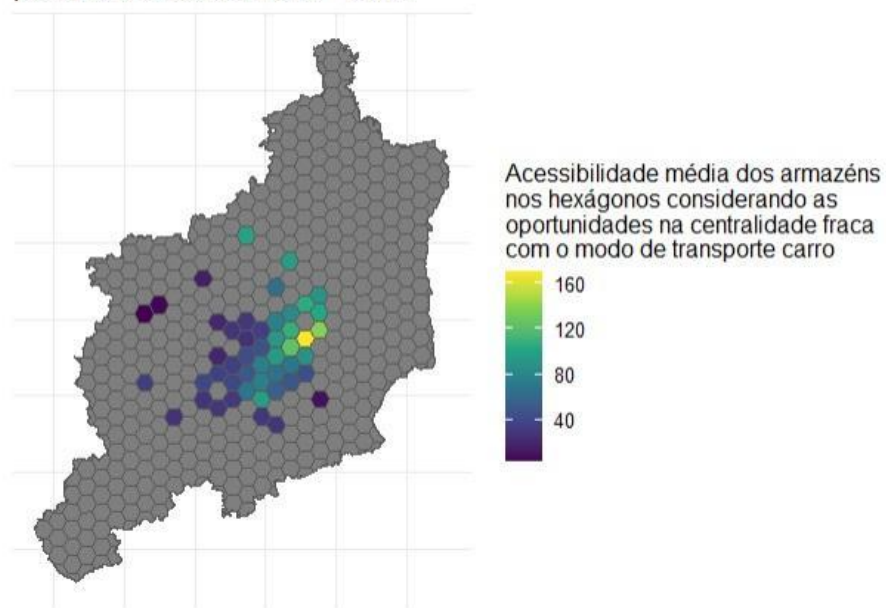
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca – Carro.

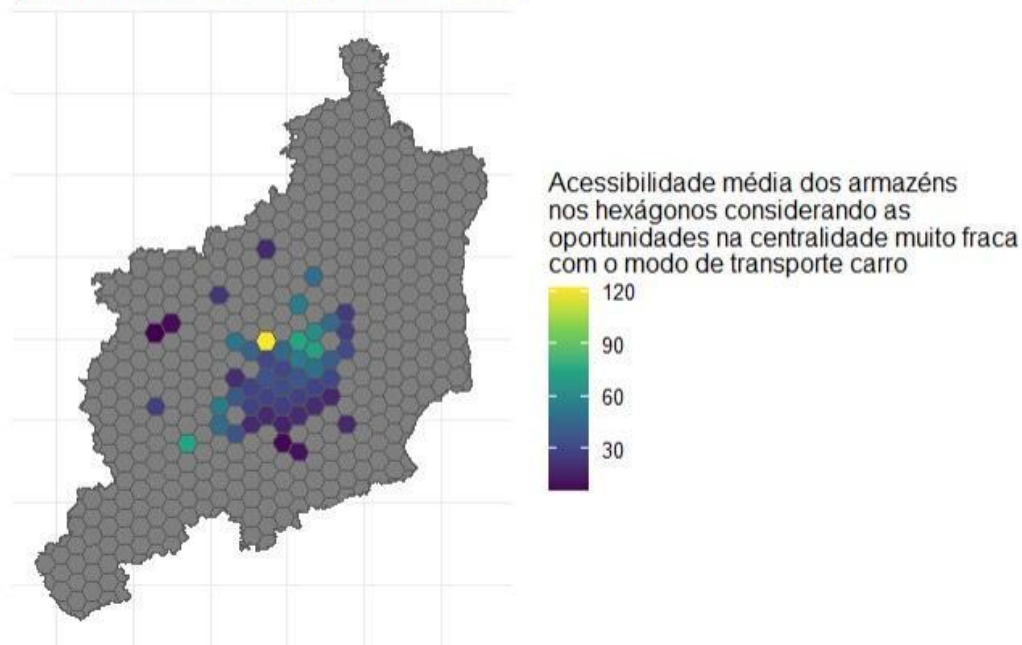
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca – Carro.

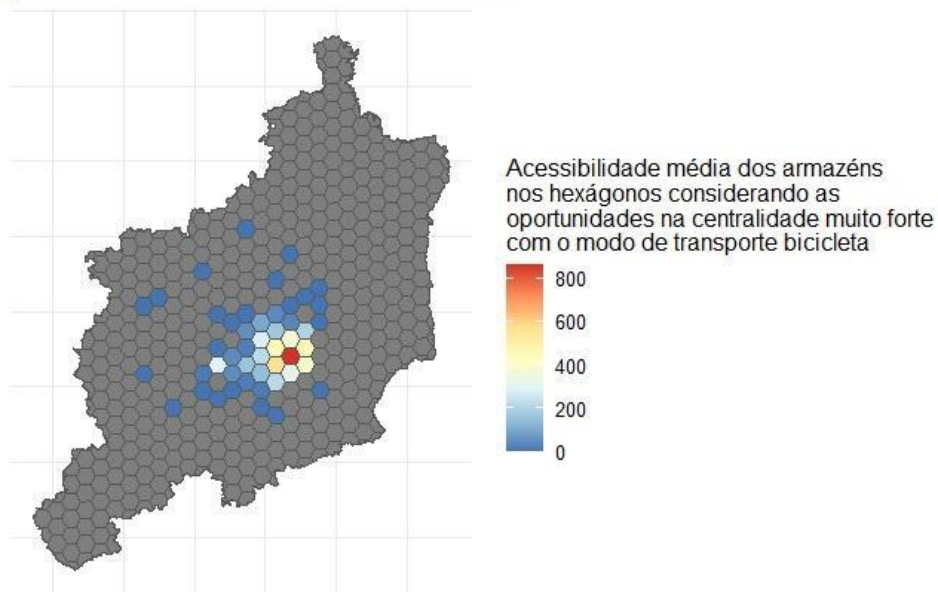
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte – Bicicleta.

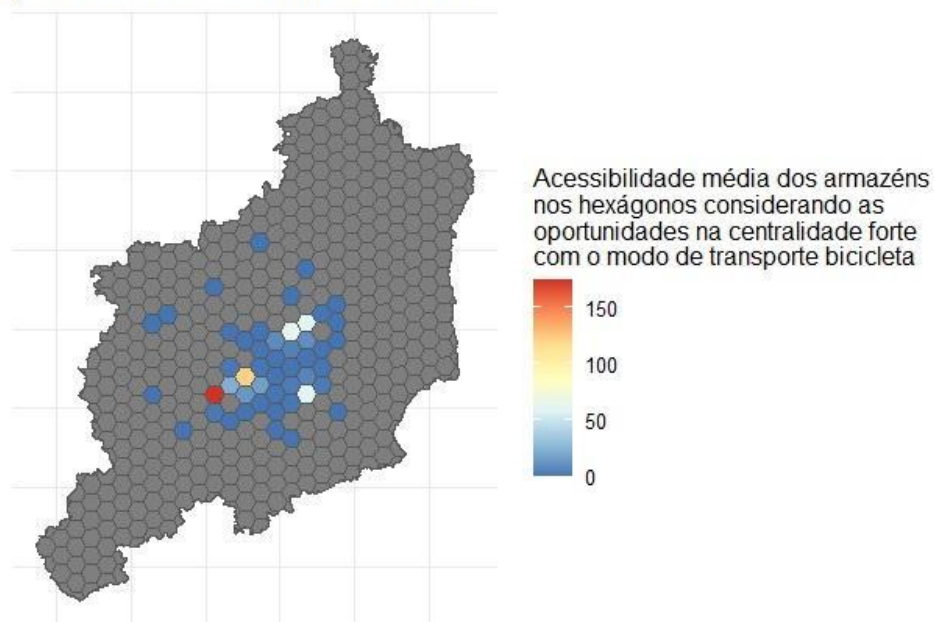
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte – Bicicleta.

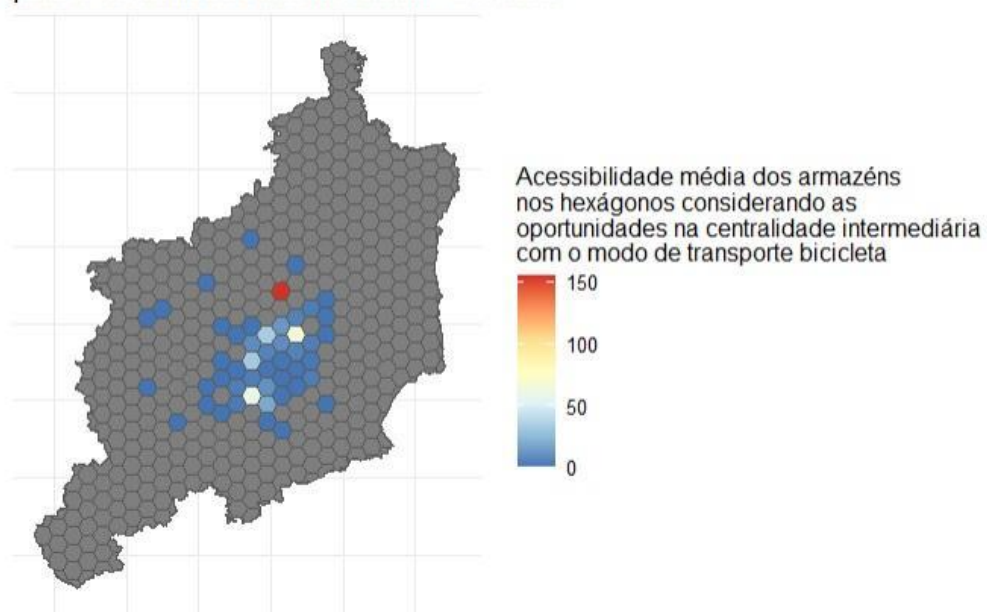
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária – Bicicleta.

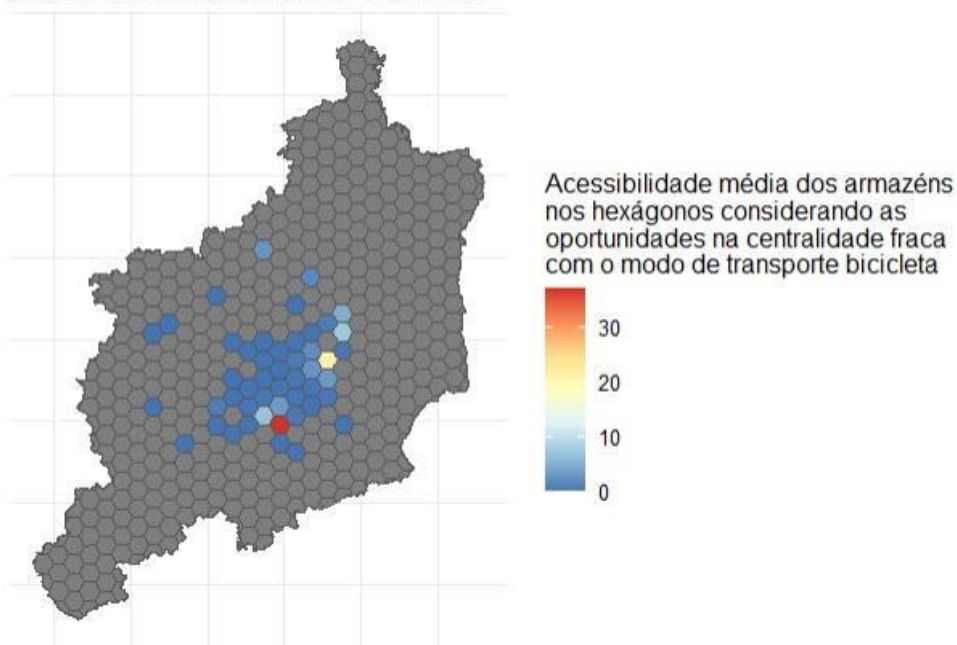
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca – Bicicleta.

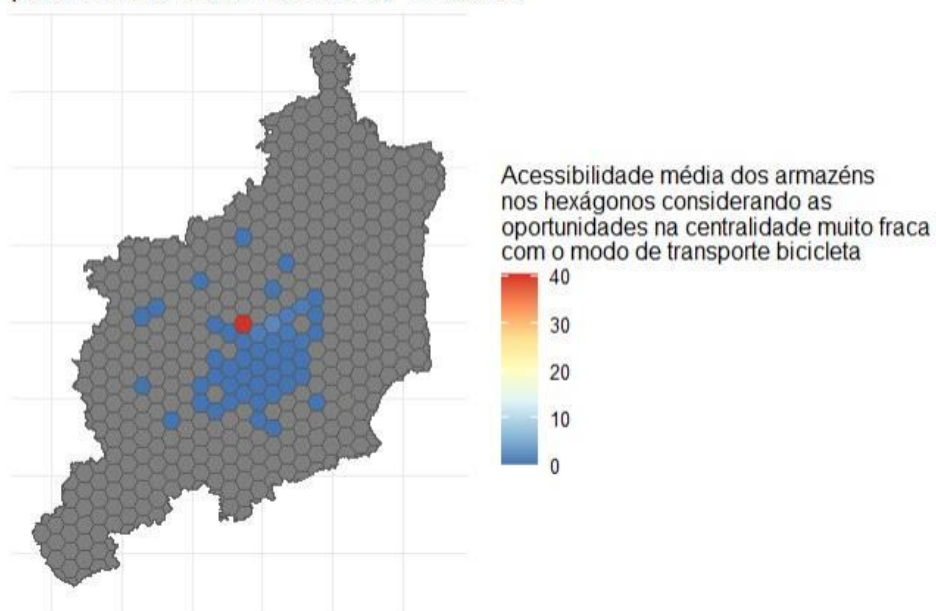
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca – Bicicleta.

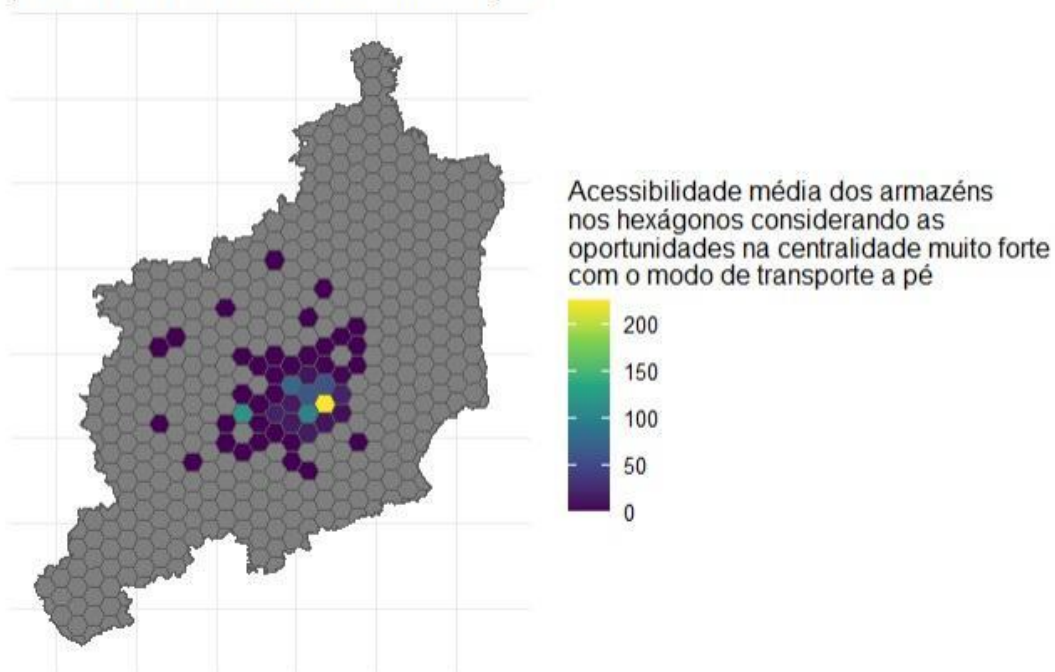
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte – A pé.

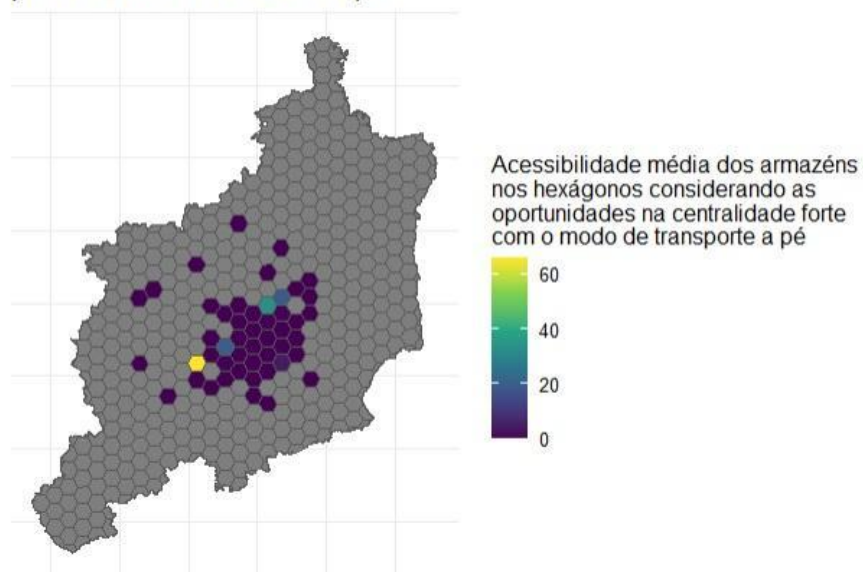
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito forte - A pé



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte – A pé.

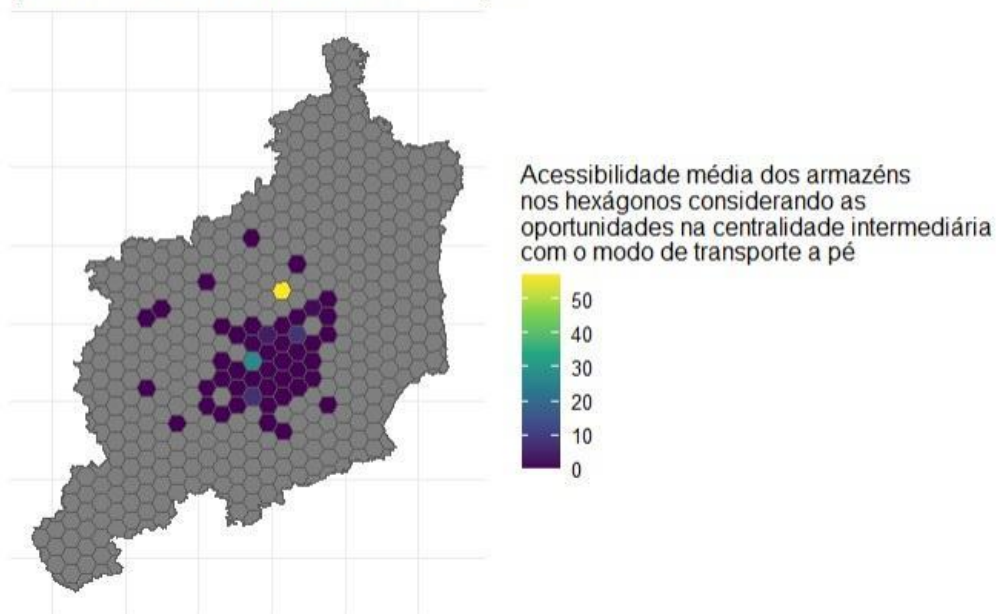
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade forte - A pé



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária – A pé.

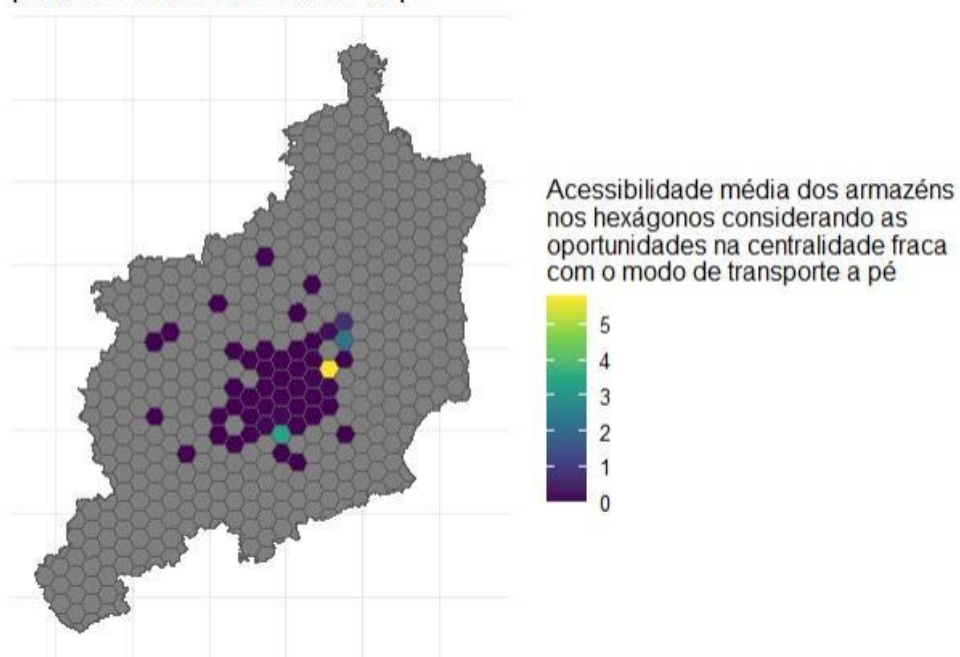
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade intermediária - A pé



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 14: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca – A pé.

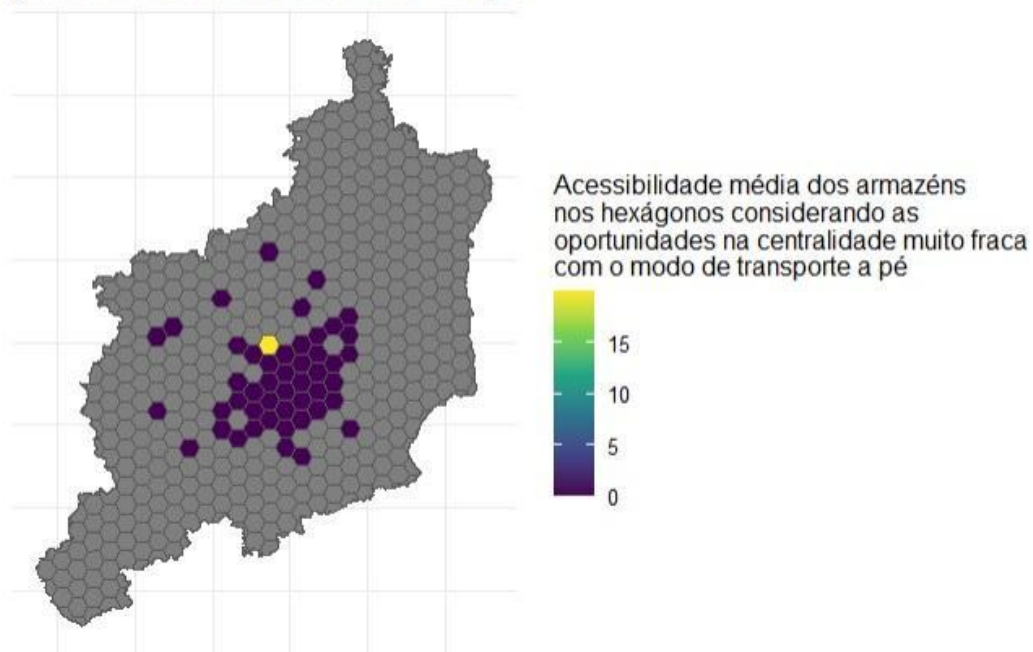
Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade fraca - A pé



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15: Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca – A pé.

Acessibilidade média dos armazéns nos hexágonos da RMBH para a centralidade muito fraca - A pé

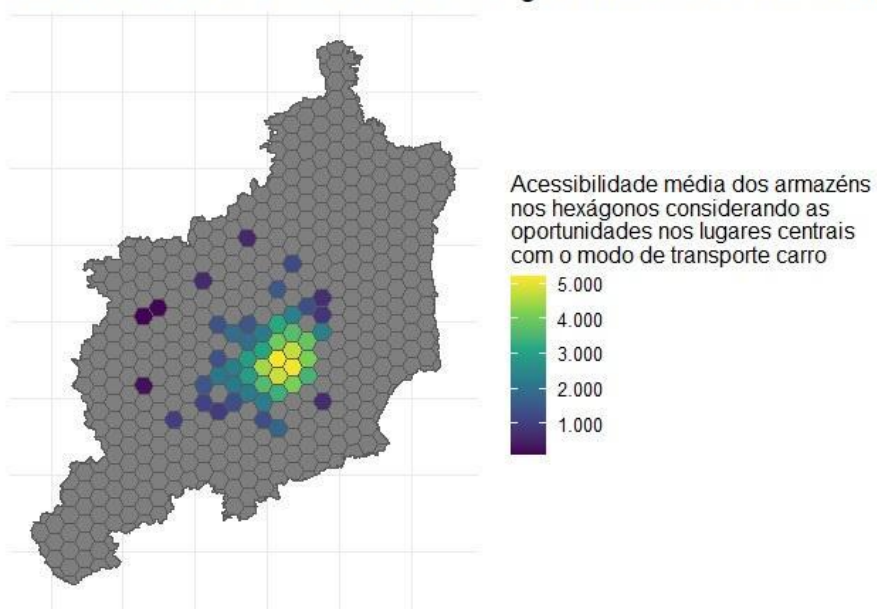


Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B – Acessibilidade dos armazéns para os lugares centrais sem a classificação das centralidades considerando o modo de transporte carro, bicicleta e a pé.

Figura 1: Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH – Carro.

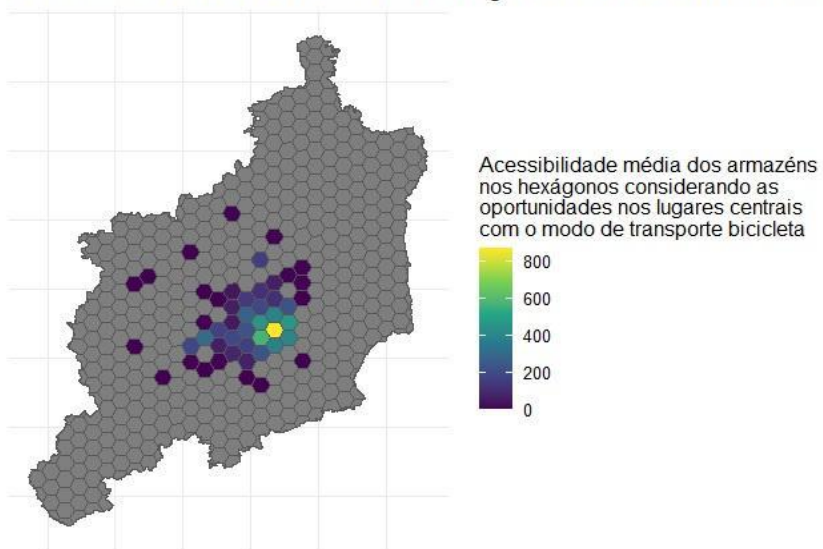
Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH - Carro



Fonte: Elaborado pela autora.

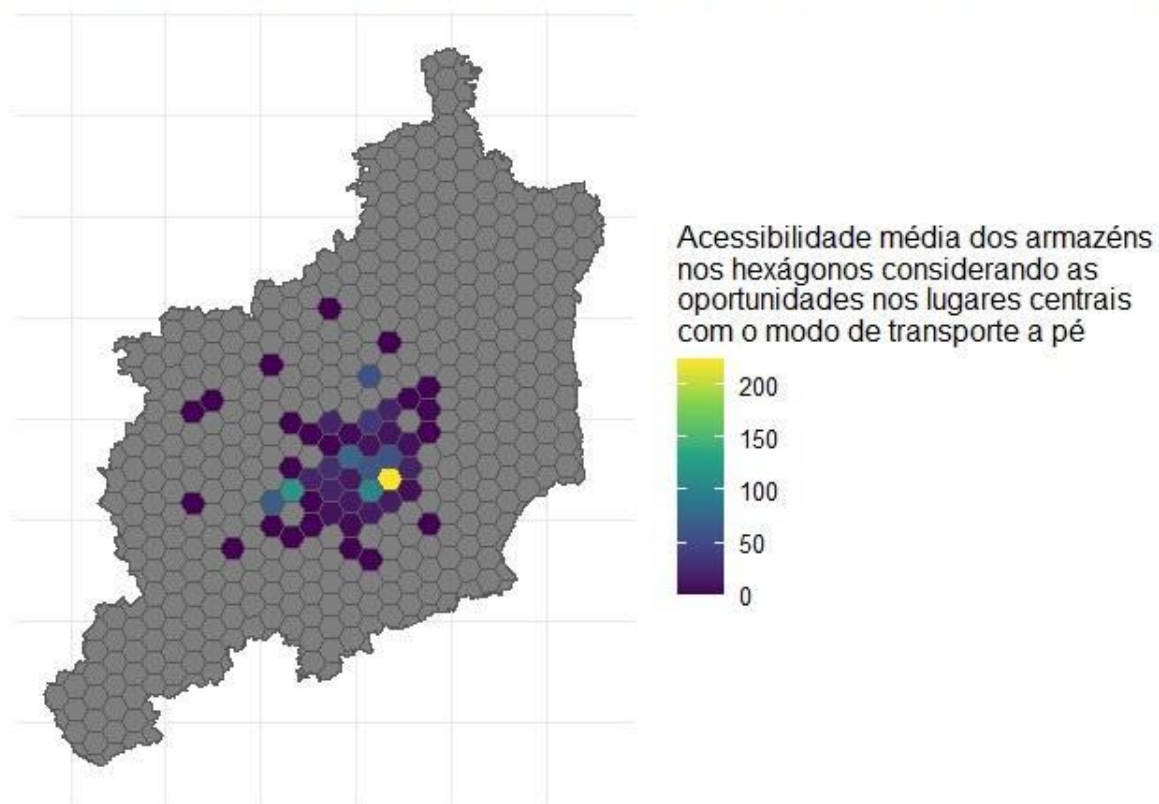
Figura 2: Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH – Bicicleta.

Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH - Bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3: Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH – A pé.
Acessibilidade média dos armazéns nos lugares centrais da RMBH - A pé



Fonte: Elaborado pela autora.