

# UFPA

PPGEC

# Universidade Federal do Pará

---



Yan Gabriel Pereira Magalhães de Freitas

**Abordagem hedônica como direcionadora da  
Indústria da Construção Civil: análise de  
preços de aluguéis residenciais verticais em  
Belém, Pará**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo  
Professor Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira

Belém – Pará – Brasil

2024

Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



YAN GABRIEL PEREIRA MAGALHÃES DE FREITAS

**ABORDAGEM HEDÔNICA COMO DIRECIONADORA DA INDÚSTRIA DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE PREÇOS DE ALUGUÉIS  
RESIDENCIAIS VERTICAIS EM BELÉM, PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, do Instituto de Tecnologia – ITEC, da Universidade Federal do Pará – UFPA, como requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Estruturas e Construção Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira

Belém – Pará – Brasil

2024

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Yan Gabriel Pereira Magalhães de Freitas

TÍTULO: Abordagem hedônica como direcionadora da Indústria da Construção Civil:  
análise de preços de aluguéis residenciais verticais em Belém, Pará.

GRAU: Mestre                      ANO: 2024

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F862a      Freitas, Yan Gabriel Pereira Magalhães de.  
            Abordagem hedônica como direcionadora da indústria da  
            construção civil : análise de preços de aluguéis residenciais  
            verticais em Belém, Pará / Yan Gabriel Pereira Magalhães de  
            Freitas. — 2024.  
            90 f. : il. color.

            Orientador(a): Prof. Dr. Frederico Guilherme Pamplona  
            Moreira

            Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
            Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
            Engenharia Civil, Belém, 2024.

            1. Modelagem hedônica. 2. Regressão OLS. 3. Regressão  
            espacial. 4. Mercado Imobiliário. I. Título.

CDD 624

---



# ABORDAGEM HEDÔNICA COMO DIRECIONADORA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE PREÇOS DE ALUGUÉIS RESIDENCIAIS EM BELÉM DO PARÁ

AUTOR:

**YAN GABRIEL PEREIRA MAGALHÃES DE FREITAS**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA  
EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ESTRUTURAS E  
CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 28 / 02 / 2024.

BANCA EXAMINADORA:



Documento assinado digitalmente

**FREDERICO GUILHERME PAMPLONA MOREIRA**

Data: 16/05/2024 15:24:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira  
Orientador (UFPA)

Documento assinado digitalmente



**ALEXANDRE SARTORIS NETO**

Data: 14/05/2024 13:51:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Sartoris Neto  
Membro Externo (Unesp)

Documento assinado digitalmente



**CHRISTIANE LIMA BARBOSA**

Data: 30/04/2024 10:54:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Chrisuane Lima Barbosa  
Membro Externo (UFPA)

Documento assinado digitalmente



**LUIZ MAURICIO FURTADO MAUES**

Data: 25/04/2024 17:26:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués  
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Dedico esta dissertação a todos os que depositaram sua confiança em minhas realizações acadêmicas e que têm sido uma fonte constante de apoio e incentivo em minha jornada rumo ao sucesso.

## AGRADECIMENTOS

É com profunda gratidão e reverência que inicio esta dissertação, reservando este primeiro parágrafo para expressar minha sincera gratidão ao meu amado Deus. Reconheço que a ação Divina muitas vezes não se revela no momento presente, mas se desvela ao olharmos para o passado. Refletindo sobre minha jornada neste mestrado, percebo claramente a presença da Divina Providência, guiando-me e providenciando para que este sonho, concebido desde os dias do Ensino Médio, se tornasse uma realidade tangível. Agradeço, Senhor, por sua constante orientação e cuidado ao longo deste caminho. Peço humildemente que continue a me guiar através dos desafios deste vale de lágrimas.

Em segundo lugar, é imperativo expressar minha profunda gratidão Àquela que foi minha fiel companheira nas terras paraenses. Em meio a tantos desconhecidos, Ela se destacou como a única conhecida. Agradeço de todo o coração à Nossa Senhora, sob o título de Nazaré, por seu papel vital nesse curto período. Mesmo tendo a oportunidade de vê-La poucas vezes, reconheço e agradeço a sua intercessão junto ao seu Amado Filho em meu favor. Obrigado, Nossa Senhora, por ser a luz que iluminou meu caminho nesta jornada.

De maneira especial, dedico meu profundo agradecimento à minha mãe, Maria Madalena Alves Pereira, e à minha tia, Raimunda dos Santos. Com dedicação incansável, elas me incentivaram, apoiaram e, nos meios disponíveis, financiaram este mestrado. Seu amor, sacrifício e apoio incondicional foram fundamentais para que eu alcançasse este marco em minha jornada acadêmica. Agradeço de coração por sua generosidade e pelo papel crucial que desempenharam no cumprimento deste sonho.

Estendo meus sinceros agradecimentos aos meus amigos Arlene Maria Alves, Leonardo Damasceno Anjos e Matheus Sousa Gerude. Agradeço profundamente pelo caloroso acolhimento e pelo apoio inestimável que proporcionaram ao longo desta jornada acadêmica. Sem a presença e o suporte de vocês, a realização deste mestrado seria, sem dúvida, uma tarefa inviável. A amizade e colaboração de vocês foram pilares essenciais que fortaleceram meu caminho e tornaram essa conquista possível. Mais uma vez, expresso minha gratidão por compartilharem comigo esse capítulo significativo da minha vida.

Expresso meus agradecimentos aos amigos que o Mestrado me proporcionou: Abrahão Lima Castro, Felipe de Aviz Simões Nogueira, Luanne Torres Silva, Olga Maria

Pinheiro Pinheiro, Uriel Salzer Bestene, Victor Hugo Da Silva Gomes e Walmeci Ferreira de Freitas Júnior. Agradeço sinceramente pelo companheirismo e pela valiosa convivência neste curto período. A troca de experiências, o apoio mútuo e a amizade que construímos ao longo dessa jornada acadêmica foram elementos fundamentais que enriqueceram minha experiência. Agradeço por cada momento compartilhado e por contribuírem de maneira significativa para o meu crescimento e aprendizado.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos estimados professores: Dr. Ricardo Bentes Kato, Dr. Luiz Mauricio Furtado Maués, Dr. Renato Martins das Neves e Dra. Luciana de Nazaré Pinheiro Cordeiro. Agradeço pelas contribuições, que foram fundamentais para o enriquecimento do meu conhecimento e crescimento acadêmico.

De maneira especial, quero expressar meu profundo agradecimento ao meu orientador, Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira. Sua orientação cuidadosa, conhecimento especializado e apoio constante foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Agradeço sinceramente pela oportunidade de aprender sob sua orientação.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao grupo de pesquisa liderado pelo meu estimado professor orientador, especialmente ao Alexander Hierro Ferreira de Souza, bem como aos demais integrantes. Sem o suporte estatístico oferecido por este grupo, esta dissertação não teria alcançado o nível de excelência que conseguiu.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), representado pelo Professor Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira, Coordenador do programa, e pela Sra. Sanny Assis, Secretária Executiva. Agradeço a prontidão em atender a todas as dúvidas e demandas que surgiram ao longo deste processo.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que me possibilitou financiar meus estudos e este trabalho.

## RESUMO

FREITAS, Y. G. P. M. de. **Abordagem hedônica como direcionadora da Indústria da Construção Civil: análise de preços de aluguéis residenciais verticais em Belém, Pará.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 2024.

Este estudo teve como objetivo identificar e analisar os fatores que influenciam a formação dos preços de aluguel de apartamentos residenciais na cidade de Belém. A abordagem adotada foi baseada na Teoria dos Preços Hedônicos, que considera que o preço do aluguel de um apartamento reflete os preços implícitos de seus atributos - qualidade estrutural, locacional e de vizinhança. A amostra utilizada consistiu em 259 observações, correspondentes aos anúncios de aluguel dos apartamentos representativos de cada edifício. As técnicas de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS), Modelo de Defasagem Espacial (SLM) e Regressão Geograficamente Ponderada (GWR) foram usadas na análise estatística deste estudo. Os resultados do modelo OLS mostraram significância estatística entre os atributos analisados e o preço do aluguel dos apartamentos. Por sua vez, o modelo SLM indicou que os atributos estruturais têm impacto nos preços de aluguel dos apartamentos vizinhos, configurando um efeito de contágio no mercado imobiliário. O modelo GWR mostrou que não houve heterogeneidade espacial nos efeitos dos determinantes sobre os preços de aluguel dos apartamentos em toda a amostra. Este estudo destaca a eficácia do modelo hedônico na compreensão do mercado imobiliário de Belém, ressaltando a importância da vaga de garagem no preço do aluguel e a complexidade do impacto do alagamento. Assim como a homogeneidade espacial das influências das variáveis analisadas, que sugere padrões consistentes no mercado, facilitando estratégias de investimento e planejamento urbano.

**Palavras-chave:** Modelagem hedônica; Atributos estruturais; Atributos de localização; Qualidades de vizinhança; Regressão OLS; Regressão espacial; Mercado Imobiliário.

## ABSTRACT

FREITAS, Y. G. P. M. de. **Hedonic approach as a driver of the Construction Industry: analysis of vertical residential rental prices in Belém, Pará.** M.Eng. thesis, Graduate Program in Civil Engineering, Federal Univ. of Pará, Belém, Brazil, 2021.

This study set out to identify and analyze the factors that influence the formation of rental prices for residential apartments in the city of Belém. The approach adopted was based on the Hedonic Price Theory, which considers that the rental price of an apartment reflects the implicit prices of its attributes – structural, locational and neighborhood quality. The sample used consisted of 259 observations, corresponding to the rental advertisements of the representative apartments in each building. The Ordinary Least Squares (OLS), Spatial Lag Model (SLM) and Geographically Weighted Regression (GWR) techniques were used in the statistical analysis of this study. The results of the OLS model showed statistical significance between the attributes analyzed and the rental price of the apartments. In turn, the SLM model indicated that the structural attributes have an impact on the rental prices of neighboring apartments, configuring a contagion effect in the real estate market. The GWR model showed that there was no spatial heterogeneity in the effects of the determinants on apartment rental prices throughout the sample. This study highlights the effectiveness of the hedonic model by understanding the real estate market in Belém, emphasizing the importance of parking spaces in the price of rent and the complexity of the impact of flooding. As well as the spatial homogeneity of the influences of the variables analyzed, which suggests consistent patterns in the market, facilitating investment strategies and urban planning.

**Keywords:** Hedonic Modeling; Structural Attributes; Locational Attributes; Neighborhood Qualities; OLS Regression; Spatial Regression; Real Estate.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>14</b>
	1.2.1 Objetivo Geral.....	14
	1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da Dissertação.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>TEORIA E HIPÓTESES.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Atributos Estruturais .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Atributos Locacionais.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Qualidade de Vizinhança .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Definição da Pesquisa .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento da Pesquisa.....</b>	<b>26</b>
	3.2.1 Fase 1: Referencial Teórico .....	26
	3.2.2 Fase 2: Preparação da Pesquisa.....	27
	3.2.3 Fase 3: Modelos Hedônicos .....	28
	3.2.4 Fase 4: Contribuições da Pesquisa .....	37
<b>4</b>	<b>ARTIGO.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de locações de imóveis residenciais é considerado como tendo uma função essencial no contexto do mercado imobiliário (Liu *et al.*, 2021), dentro do setor da construção de edifícios. Este setor, por sua vez, representa um componente chave na dinâmica econômica de uma região ou de uma cidade, destacando-se como um elemento de relevância para os *stakeholders*, envolvendo tanto proprietários (Hirota, Suzuki-Löffelholz e Udagawa, 2020) quanto inquilinos (Wilhelmsson, 2022) em suas relações com o mercado, bem como na definição e regulação dos custos associados à habitação.

Dessa forma, com aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas vivendo em acomodações alugadas em todo o mundo (Gilbert, 2016), o mercado de locação transfigura-se em uma indústria bastante rentável em muitos países, a depender das regiões e dos tipos de imóveis. Nos Estados Unidos, o mercado de aluguel representa cerca de um terço do total de unidades de moradia ocupadas (NMHC, 2021).

Na Europa, a diversidade no setor de locação de imóveis é singular, apresentando variações entre países e cidades. Em alguns desses locais, a inclinação para a cultura de propriedade de bens imóveis é mais acentuada do que em outros: na Alemanha, 50,1 % dos imóveis são alugados; na Suíça, o percentual é próximo dos 58%. Em contrapartida, na Croácia, Hungria e na Romênia, o percentual é inferior a 10% (Eurostat, 2021). Já no contexto brasileiro, cerca de 20% da população brasileira vive em imóveis alugados (IBGE, 2022).

O mercado imobiliário é distinto entre os mercados comuns de bens de consumo, pois os imóveis possuem características únicas que os diferenciam, tais como heterogeneidade, durabilidade e fixidez espacial (De e Vupru, 2021). Essas características permitem que cada imóvel atenda a múltiplos desejos e necessidades, o que torna o mercado imobiliário um mercado complexo e único. Esse nível de complexidade exige abordagens, tanto no nível teórico quanto no nível empírico, que incorporem simultaneamente, robustez e parcimônia em suas análises.

Desta maneira, a utilização do modelo de preços hedônicos possibilita estabelecer uma relação entre o preço dos imóveis e as suas características (Cui *et al.*, 2018), sendo uma ferramenta útil para apurar a dinâmica dos preços dos aluguéis (Tomal, 2020). Assim, é válido ressaltar que compreender a dinâmica de preços dos aluguéis residenciais é importante para a economia, uma vez que esses estudos permitem estimar a demanda do setor do mercado imobiliário (Medeiros e Carvalho, 2017).

O modelo de preços hedônicos estabelece uma relação funcional onde o preço do imóvel ou o preço do aluguel pode ser estimado por meio de determinantes em potenciais, podendo ser divididos em três categorias principais: atributos estruturais, atributos locais e de qualidades da vizinhança (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Hu *et al.*, 2019).

Estudos recentes têm apontado, por meio da análise de dados de mercado imobiliário, os determinantes que influenciam o preço de venda e o preço do aluguel dos imóveis. Kam *et al.* (2016) evidenciam que os atributos estruturais, tais como, área do imóvel, a idade da construção e o estado de conservação do imóvel são significantes para determinação dos preços da propriedade.

Efthymiou e Antoniou (2013) constataram que a infraestrutura de mobilidade urbana é também um determinante em potencial. Esses autores identificaram que a proximidade a parada de ônibus aumenta preço de aquisição do imóvel. Em contrapartida, a presença de uma estação de trem a 500 metros de distância afeta negativamente o preço, devido à poluição sonora. Morano *et al.* (2021) confirmam que a localização do empreendimento em regiões com alto nível de ruído causam uma redução nos preços residenciais de mercado e, onde a poluição sonora é mais fraca, o impacto do ruído nas tomadas de decisões pelos compradores é menos relevante.

Estudos sobre modelos de preços hedônicos usam como determinantes a proximidade da escola (Wen, Zhang e Zhang, 2014; Zhang e Chen, 2018) e aos distritos de negócios centrais (*Central Business District* – CBD) (Shen, Xu e Lin, 2018), o impacto das amenidades paisagísticas (Sohn *et al.*, 2020; Su *et al.*, 2021), espaços públicos verdes (Piaggio, 2021), a disponibilidade de itens que favorecem ao transporte público tais como acesso a parada de ônibus (Liu *et al.*, 2022), e a sistemas de compartilhamento de bicicletas (Qiao, Yeh e Zhang, 2021).

## 1.1 Justificativa

O método de preços hedônicos tem sido utilizados para diversas abordagens no mercado imobiliário e também, em muitas cidades ao redor do mundo, incluído Bari (Morano *et al.*, 2021), Cracóvia (Tomal, 2020), Dimapur (De e Vupru, 2021), Hangzhou (Wen, Zhang e Zhang, 2014), Hong Kong (Leung e Yiu, 2019), Khulna (Islam *et al.*, 2020), Londres (Bracke, 2015), San José (Piaggio, 2021), dentre outras.

No cenário brasileiro, encontram-se trabalhos publicados por autores nacionais tanto em âmbito nacional quanto internacional. Dentre os trabalhos publicados nacionalmente, destacam-se os pesquisadores: Paixão e Luporini (2020) que aplicaram a

modelagem de preços hedônicos com base em dados fiscais em Belo Horizonte; Pinto e Fernandes (2019) que realizaram uma análise dos atributos relevantes na formação dos preços de imóveis residenciais para venda em 2016 em Conselheiro Lafaiete; Campos (2017) que contribuiu para a literatura nacional explicando o comportamento do mercado imobiliário de lançamentos apontando os atributos com maior representatividade no conjunto de escolhas; Maciel e Biderman (2013) que através da análise da implantação do trecho oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo estimaram o efeito deste sobre o preço do solo; e Fávero (2011) que contribuiu para a discussão sobre como os preços no mercado imobiliário de São Paulo são formados e como são influenciados pelas características dos imóveis e da localidade ao redor.

Já ao analisar os trabalhos publicados em âmbito internacional, encontram-se os pesquisadores: Paixao (2023) que avaliou diferentes métodos de modelos hedônicos para estimar índices de preços trimestrais para apartamentos em Belo Horizonte, compreendendo o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2015; Silva e Anastácio (2022) que analisou o comportamento dos preços, aplicando o modelo de preços hedônicos em conjunto com técnicas de econometria espacial, para as cidades de São João Del Rei e Tiradentes; Poeta, Gerhardt e Stumpf Gonzalez (2019) que aplicou os modelos de preços hedônicos para o mercado da habitação em Lajeado e Montenegro, ambas cidades da região Sul do país.

Nesse contexto, torna-se evidente ao se observar uma concentração de pesquisas voltadas para a região Sudeste do Brasil. Contudo, é necessário reconhecer que o Brasil é uma nação vasta, caracterizada por uma rica diversidade cultural e amplas disparidades socioeconômicas. Essa heterogeneidade se reflete nas distintas formas de ocupação do solo urbano, as quais podem variar consideravelmente entre as regiões do país. Aplicando o mesmo raciocínio, a heterogeneidade na ocupação do solo urbano certamente se aplica também aos seus respectivos preços. Diante dessa realidade, destaca-se a importância de expandir a abordagem de estudos sobre o mercado imobiliário para além da região Sudeste, abrangendo outras áreas geográficas. Afinal, compreender as dinâmicas urbanas em um país extenso requer uma análise que considere as particularidades locais, levando em consideração fatores específicos de cada região.

Essa necessidade de ampliação de foco se torna ainda mais evidente ao observar a ausência de estudos comparáveis na região amazônica, em especial em cidades como Belém. A necessidade de estudos nessa região ganha maior relevância quando se examinam os dados provenientes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

Contínua Anual (IBGE, 2022), que evidenciam que aproximadamente 17% dos domicílios em Belém são destinados à locação. A cidade também possui um potencial de expansão, impulsionado pela crescente importância global da região amazônica tanto em termos ambientais quanto políticos. Com a iminente realização da COP-30 em 2025, prevendo-se a participação de cerca de 50 mil pessoas (EBC, 2023), a demanda por acomodações temporárias aumentará consideravelmente. Diante dessa perspectiva e da infraestrutura hoteleira limitada, torna-se crucial explorar o potencial dos imóveis disponíveis para aluguel, levando em conta sua estrutura e localização, a fim de atender a essa demanda emergente.

Além disso, é possível verificar que o mercado imobiliário em Belém é fortemente influenciado por uma série de fatores que restringem a disponibilidade de terras e elevam os preços, consequentemente impactando no mercado imobiliário de locações. A configuração geográfica singular da cidade, com sua semelhança a uma península, contribui para a escassez de terrenos, impulsionando uma demanda crescente na indústria da construção civil. A baixa altitude da porção continental, com áreas frequentemente sujeitas a inundações (Santos e Rocha, 2014), e a predominância de solos argilosos e siltosos (Vieira *et al.*, 2021) imprimem restrições adicionais à atividade construtiva, aumentando os custos de desenvolvimento. Além disso, a presença de prédios históricos protegidos e a destinação de áreas costeiras para atividades portuárias intensificam a competição pelo espaço residencial, reduzindo ainda mais a oferta disponível.

Em suma, Belém enfrenta uma série de desafios complexos que impactam diretamente seu mercado imobiliário. Desde restrições geográficas e geotécnicas até políticas de preservação do patrimônio histórico e a competição pelo espaço em áreas costeiras, esses fatores contribuem para uma oferta limitada de terrenos e imóveis residenciais, resultando em uma elevação constante nos preços e na escassez de opções habitacionais disponíveis. Nesse contexto, é imperativo que o setor imobiliário se adapte às complexidades do mercado local, buscando maximizar o retorno financeiro por meio de projetos mais alinhados com as necessidades da região. Dentro dessa perspectiva, a aplicação do modelo de preço hedônico na cidade de Belém surge como uma ferramenta útil para identificar com precisão os determinantes adicionais que afetam os preços de aluguel de imóveis.

Pesquisas em que os determinantes dos preços de aluguéis são identificados em mercados emergentes, são importantes para os formuladores de políticas, pois fornecem informações sobre o mercado imobiliário, o que se traduz em uma melhor formulação de

políticas habitacionais (Tomal, 2020). Além disso, métodos de predição de preços, como o de preços hedônicos, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de carteiras de investimento imobiliário, orientação de políticas urbanas, decisões de compra ou venda e proteção de interesses de partes envolvidas, como proprietários, inquilinos, bancos e fornecedores de fundos de investimento (Baillif, De Lapparent e Kazagli, 2021).

## **1.2 Objetivos**

Com base na justificativa e na necessidade de investigação mencionadas anteriormente, este estudo foi impulsionado pela seguinte questão de pesquisa: Quais as relações entre os atributos de imóveis residenciais verticais e o preço unitário médio de aluguel na cidade de Belém? A partir dessa indagação, foram delineados o objetivo geral e os específicos desta dissertação.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

- Identificar e analisar as relações entre os atributos de imóveis residenciais verticais e o preço unitário médio de aluguel na cidade de Belém.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Executar modelos de regressão hedônica para identificar e analisar as relações entre os atributos estruturais e os preços unitários médios dos aluguéis de imóveis residenciais verticais.
- Executar modelos de regressão hedônica para identificar e analisar as relações entre os atributos locacionais e os preços unitários médios dos aluguéis de imóveis residenciais verticais.
- Executar modelos de regressão hedônica para identificar e analisar as relações entre os atributos de qualidade de vizinhança e os preços unitários médios dos aluguéis de imóveis residenciais verticais.
- Identificar e analisar a correlação espacial entre as três categorias dos atributos hedônicos e os preços unitários médios dos aluguéis de imóveis residenciais verticais.
- Identificar e analisar os efeitos diretos, indiretos e totais das variáveis explanatórias sobre os preços unitários médios dos aluguéis de imóveis residenciais verticais.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

Este trabalho apresenta sua estrutura constituída de cinco capítulos, além das referências bibliográficas.

O primeiro capítulo deste trabalho é dedicado à Introdução, compreendendo a Contextualização do Tema, a Justificativa da Pesquisa, a definição de Objetivos e a apresentação da estrutura da dissertação. Esta seção estabelece as bases essenciais para a compreensão do escopo e da importância do estudo.

No segundo capítulo, aborda-se a Fundamentação Teórica, explorando o conceito do modelo de preços hedônicos, e os determinantes estruturais, locacionais e de vizinhança. Além disso, apresentam-se as hipóteses que orientarão o desenvolvimento do trabalho, contribuindo para a discussão do arcabouço teórico que sustenta a pesquisa.

O terceiro capítulo é destinado aos Métodos de Pesquisa, detalhando os procedimentos metodológicos para a coleta de variáveis e os métodos inferenciais empregados. Esta seção proporciona uma visão abrangente da abordagem metodológica adotada, garantindo transparência e replicabilidade no estudo.

No quarto capítulo, apresenta-se o artigo científico resultante desta pesquisa, publicado na revista *Buildings Journal*, indexado ao Qualis CAPES (Engenharias I – 2017 – 2020) com estrato de A1. Essa seção apresenta os achados do estudo, proporcionando aos leitores uma visão consolidada dos resultados obtidos.

O último capítulo encerra a dissertação com as considerações finais, destacando as principais conclusões derivadas da pesquisa, bem como suas limitações. Ademais, são oferecidas recomendações para orientar trabalhos futuros, proporcionando uma perspectiva para pesquisas subsequentes na área.

## 2 TEORIA E HIPÓTESES

O modelo de preços hedônicos tem sido discutido na literatura para analisar os aspectos do mercado imobiliário, visando identificar os determinantes que influenciam no preço de venda e no preço do aluguel dos imóveis. Este modelo parte do princípio que, os preços hedônicos são definidos com base nos preços implícitos dos atributos e são revelados aos agentes econômicos a partir dos preços observados de produtos diferenciados e das quantidades específicas de características associadas a eles (Rosen, 1974).

Esses determinantes podem ser classificados em função da sua escala, sendo esta: macro ou micro (Cui et al., 2018; Hu et al., 2019). Os determinantes macro são aqueles que afetam o mercado em um contexto geral, como a renda (Piaggio, 2021), a inflação (Duan et al., 2021), taxa de desemprego (Gan, Wang e Zhang, 2018), legislações de uso do solo (Sunding e Swoboda, 2010), movimentos migratórios (Depetris-Chauvin e Santos, 2018; Trojanek e Gluszak, 2022) e até mesmo questões raciais (Bajari e Kahn, 2005). Esses determinantes podem impactar na forma em que as empresas do mercado imobiliário incorporam, constroem e precificam seus produtos, influenciando assim, em como os consumidores avaliam, valorizam e priorizam as características dos bens de acordo com suas expectativas e necessidades.

Os determinantes micro são aqueles relacionados às características específicas dos imóveis. De acordo com a literatura, estes determinantes são classificados em três categorias, nomeadamente atributos estruturais, atributos locacionais e de qualidades da vizinhança (Cui *et al.*, 2018; Hu *et al.*, 2019; Tomal, 2020; Zhang *et al.*, 2020; De e Vupru, 2021; Li *et al.*, 2022; Liu. *et al.*, 2022).

Os atributos estruturais correspondem às características físicas que compõe a propriedade dentre estes: a área do imóvel (Helbich et al., 2014), o número de quartos e banheiros (Sohn et al., 2020), a idade do imóvel (Kam et al., 2016), a presença de garagem (Islam et al., 2020), a disposição solar do imóvel (Huang et al., 2017) e o estado de conservação do imóvel (Helbich et al., 2014).

Os atributos locacionais são constituídos pelas características referentes à proximidade do imóvel às amenidades. Esses atributos demonstram a importância que os inquilinos atribuem à localização na decisão de alugar um imóvel. Entre os atributos locacionais mais trabalhados pela literatura são citados: distância para serviços de transporte público (Efthymiou e Antoniou, 2013; Wittowsky et al., 2020), para escola (Wen, Zhang e Zhang, 2014; Hu et al., 2019), para hospitais (Zhang *et al.*, 2020) e para

áreas verdes (Piaggio, 2021), a proximidade aos distritos de negócios centrais (Shen, Xu e Lin, 2018) e se o imóvel está localizado no centro da cidade (Schläpfer et al., 2015). Neste quesito alguns autores como Hu et al. (2019), Liu *et al.* (2022) e Li et al. (2022) utilizam uma abordagem diferente, ao invés de trabalhar com a distância, empregam a quantidade de amenidades dentro de um raio a partir do imóvel analisado.

Por fim, as qualidades da vizinhança referem-se as características do bairro ou da área circundante que podem afetar o preço do imóvel. São citados: a qualidade das instalações dos transportes públicos (Leung e Yiu, 2019), a qualidade das escolas públicas (Wen, Zhang e Zhang, 2014), a presença de amenidades verdes (Piaggio, 2021), a presença de amenidades paisagísticas (Schläpfer et al., 2015; Sohn et al., 2020), a presença de instalações desportivas (Wen e Tao, 2015), dentre outros.

Dentre os trabalhos, não existe um consenso acerca da classificação dos atributos locais e qualidade de vizinhança. Cada autor toma para si uma interpretação que por vezes torna-se confuso entender qual característica pertence a qual atributo. Hu et al. (2019) dispõem-se que os atributos locais estão relacionados à questão da acessibilidade aos transportes públicos, enquanto a qualidade de vizinhança engloba as instalações educacionais, de saúde e comerciais, as amenidades naturais e oportunidades de emprego. Cui et al. (2018), Islam et al. (2020) e Tomal (2020) apesar de seguirem a categorização apresentada nesse trabalho, o perfil dos atributos da qualidade de vizinhança assemelha-se com as características locais, pois apenas avaliam a proximidade dos imóveis às amenidades. Schläpfer et al. (2015) e Wittowsky et al. (2020) apenas se valeram de renomear os atributos locais para “acessibilidade”. Esta alteração não impacta na categorização dos atributos, mas pode gerar ao leitor uma falsa ideia de acessibilidade.

Alguns autores buscando dar uma ênfase às características analisadas, estabelecem outras categorizações sendo estas: atributos de transporte (Efthymiou e Antoniou, 2013; Liu *et al.*, 2022), condição de tráfego (Liu. et al., 2022), amenidades paisagísticas (Schläpfer et al., 2015), vegetação (Kestens, Thériault e Des Rosiers, 2006), áreas verdes (Piaggio, 2021), características ambientais (Islam et al., 2020), características educacionais (Wen, Zhang e Zhang, 2014) e fatores socioeconômicos (Vale e De Mello-Sampayo, 2021).

Com o propósito de analisar objetivamente os fatores determinantes dos preços de aluguel de residências verticais em Belém, este estudo optou por adotar uma abordagem de categorização generalista, evitando a criação de uma nova taxonomia de atributos. Essa

escolha se baseia em classificações previamente estabelecidas por pesquisas anteriores (Tan, 2010; Tomal, 2020; Dou, Gu e Fan, 2023), que subdividiu os determinantes em categorias como estruturais, de localização e relacionadas à qualidade da vizinhança. Essas categorias serão detalhadas nas subseções a seguir.

## 2.1 Atributos Estruturais

Os atributos estruturais são importantes na modelagem de preços hedônicos, pois eles descrevem as características físicas de um imóvel que são relevantes para os compradores. Na literatura estudos que visaram analisar o impacto dos fatores internos no preço dos imóveis, constataram significativamente o efeito nos preços das habitações (Kam *et al.*, 2016; Mathur, 2019). Dentre estes fatores, a área do imóvel, o número de quartos, o número de banheiros e a presença de garagem são utilizados para compor os atributos estruturais dos imóveis.

Trabalhos como de Qiao, Yeh e Zhang (2021) e Efthymiou e Antoniou (2013) evidenciam a associação positiva da área com o preço da residência. Leung e Yiu (2019) ao estudar as unidades subdividas de Honk Kong, notou um aumento de 0.2% no preço do aluguel ao se adicionar um pé quadrado à área. Quando se trata de imóveis residenciais, Shen, Xu e Lin (2018) trabalharam com a área do lote e a área construída. Concluiu-se que a disposição do cliente para pagar por um metro quadrado construído é maior do que um metro quadrado extra no lote da residência. Na abordagem apresentada por Li *et al.* (2022), onde foi utilizado o preço de venda e de aluguéis de imóveis, tanto para distritos internos quanto para distritos externos, a área do imóvel moderou positivamente.

Um outro fator que contribui para a modelagem hedônica, em se tratando de atributos estruturais, são os números de quartos e banheiros da residência. Li *et al.* (2022) e Qiao, Yeh e Zhang (2021) atestam o efeito positivo do número de quartos no preço de venda e de locação dos imóveis. A partir de uma análise quantílica, Cui *et al.* (2018) evidenciaram que consumidores de imóveis com os preços de aquisição e de aluguéis mais altos estão mais inclinados a viver em uma residência com mais quartos. Na análise realizada por Zhang *et al.* (2020) onde os apartamentos foram agrupados de acordo com sua área, o número de quartos se fez significativo apenas nos apartamentos com até 90 m<sup>2</sup>.

Shen, Xu e Lin (2018) e Mathur (2019) indicaram uma relação negativa entre o número de quartos e o preço de venda das residências. Eles defendem que o sinal negativo na variável indicadora do número de quartos se dá devido ao aumento na quantidade de quartos, proporcionando assim a redução do tamanho destes. Em se tratando do número de banheiros, Liu *et al.* (2022), Shen, Xu e Lin (2018) e Mathur (2019) indicam que o

número de banheiros exerce uma influência positiva, sendo esta entre as amenidades internas a com maior intensidade. Para Kryvobokov, Pradella e Des Rosiers (2020) a presença de dois ou mais banheiros contribui em 22% no aumento do preço de aluguel.

Por fim, a presença de garagem é um fator que pode influenciar significativamente o preço de um imóvel. Ela é considerada uma comodidade importante para muitos consumidores, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas, visto que ela pode afetar a percepção de segurança e conveniência do imóvel. Kryvobokov, Pradella e Des Rosiers (2020) e Trojanek (2023) evidenciam o aspecto positivo da presença da garagem em imóveis dispostos para locação e venda, respectivamente. Islam *et al.* (2020) constataram que de modo geral a presença de garagem aumenta o preço de aluguel da residência em 15% e analisando por áreas planejadas e áreas não planejadas, verificaram que a presença de garagens em áreas planejadas tem um maior impacto que nas áreas não planejadas. O estudo realizado por Hill *et al.* (2023), usando modelagem hedônica, constatou um impacto positivo dos atributos estruturais, como área e presença de garagem, tanto para apartamentos novos quanto para os existentes nas cidades de Varsóvia e Poznań.

Nesse contexto, percebe-se uma forte influência dos atributos estruturais na formação dos preços dos imóveis, sejam para venda quanto para locação. Com base nas considerações da literatura mencionadas acima, é apresentada a primeira hipótese deste trabalho:

**Hipótese 1.** *As características estruturais do imóvel (a área do imóvel, o número de suítes, o número de banheiros e o número de vagas de garagem) influenciam positivamente o preço dos aluguéis.*

## **2.2 Atributos Locacionais**

A importância dos atributos locacionais se dá, uma vez que a localização de um imóvel é um dos principais determinantes do seu preço de mercado. Williams (1990) defende que os três aspectos mais importantes de uma propriedade são a localização, a localização e a localização. Isso porque a localização influencia diretamente a qualidade de vida dos moradores, a acessibilidade a serviços e facilidades, a segurança, dentre outras características. Dessa forma, a literatura tem analisado os atributos locacionais permitindo avaliar o impacto da localização no preço de venda ou locação dos imóveis, bem como identificando quais são as características que mais influenciam na sua valoração, como por exemplo, a proximidade a hospitais, a escolas, a amenidades verdes, ao trabalho, a centro de compras e a rodovias.

Os hospitais são importantes na modelagem hedônica porque sua presença pode aumentar a percepção de qualidade de vida da comunidade. A disponibilidade de serviços de saúde de qualidade pode ser um fator decisivo para muitas pessoas ao escolher um lugar para morar. Assim como a presença de hospitais, a presença de escolas é um fator que pode afetar o preço hedônico de uma propriedade, podendo ser um fator determinante para famílias com filhos em idade escolar. Liu *et al.* (2022) e Cui *et al.* (2018) indicaram uma relação negativa entre o preço de locação de um imóvel com a distância do hospital e escola mais próxima.

Cui *et al.* (2018) também observaram que, imóveis localizados em zonas que sofrem influência de escolas municipais e distritais, tendem a ter uma maior valorização do seu preço de venda. Islam *et al.* (2020) destacaram que um aumento de 1km nas distâncias de casa para hospitais e escolas reduzem significativamente o aluguel em 17% e 24%, respectivamente. Tomal (2020) completa que quanto menor a distância para escolas e universidades, maior o preço do aluguel no mercado analisado. Zhang *et al.* (2020) indicam que a presença de amenidades escolares e hospitalares próximos à residência impacta positivamente no preço de compra e de aluguel do imóvel.

Em contrapartida, Qiao, Yeh e Zhang (2021) ao trabalhar com o número de hospitais e escolas em um raio de 1000m e 1500m encontraram uma relação negativa, ou seja, quanto mais escolas dentro desse raio, menor é o preço do aluguel do imóvel. Ele argumenta que, a presença de escolas proporciona externalidades negativas, como poluição sonora e congestionamento durante os horários de pico. Já em relação à proximidade aos hospitais, pode gerar outras externalidades negativas além dessas, como condições insalubres e risco para saúde.

A distância ao trabalho e a centros comerciais são características importantes que podem influenciar o preço hedônico de uma propriedade, especialmente para aqueles que precisam se deslocar diariamente. Qiao, Yeh e Zhang (2021) evidenciam a relação positiva entre a proximidade ao centro da cidade e o preço dos aluguéis. Eles explicam que no centro da cidade encontram-se concentrado as amenidades culturais, incluindo bibliotecas, teatros e museus. Liu *et al.* (2022) ratificam que residências com melhor localização, devido a sua proximidade com o centro da cidade, as oportunidades de emprego e os preços de aluguéis são relativamente mais elevados.

A distância ao centro de negócios foi abordado por Shen, Xu e Lin (2018), onde eles concluem que o distanciamento ao centro negócios está associado a uma queda mensurável no preço de venda dos imóveis. Zhang *et al.* (2020) ao analisarem o centro e

o subcentro de emprego, apresentaram que cada 1 km de distância adicional até um centro de emprego e subcentro de emprego produz uma diminuição de 2,37% e 1,29% no aluguel, respectivamente. Qiao, Yeh e Zhang (2021) complementa que em regiões com alta densidade de empresas e de prédios comerciais, as residências tendem a ter seus preços de aluguéis valorizados. Levando em consideração do preço da propriedade, Kam et al. (2016) verificaram que o aumento na distância para o centro comercial mais próximo levou a uma redução no preço da propriedade.

De e Vupru (2021) e Tomal (2020) analisaram o efeito da proximidade de supermercados às residências sobre os preços de venda e de aluguéis, respectivamente. De e Vupru (2021) indicou uma relação negativa, ou seja, quanto menor a distância até o supermercado maior será o preço imóvel. Por outro lado, Tomal (2020) encontrou uma relação positiva, contrariando o senso comum, de que a relação deveria ser negativa. Ele entende que os supermercados podem gerar externalidade negativas, como poluição sonora, que podem influenciar negativamente no preço do aluguel.

Diante dessa situação, Trojanek (2023) aponta que a presença de poluição sonora ambiental desempenha um papel significativo na deterioração da qualidade de vida em ambientes urbanos. Em sua pesquisa, na qual investigou os efeitos de proximidade do ruído de várias fontes, observou-se que todas as variáveis relacionadas ao ruído tiveram um impacto negativo sobre os preços dos imóveis em Poznan. No entanto, o autor ressalta que a magnitude desse impacto varia de acordo com a natureza específica de cada fonte de ruído.

Uma outra característica importante nos atributos locacionais, são as amenidades verdes. As amenidades verdes, também conhecidas como espaços verdes, são áreas naturais ou criadas pelo homem que fornecem serviços ecossistêmicos, como a melhoria da qualidade do ar, a redução do ruído e a promoção da saúde e do bem-estar humano. Essas amenidades podem incluir parques, praças, jardins, e outras áreas de lazer ao ar livre. A literatura tem evidenciado a tendência de imóveis localizados próximos a áreas verdes, terem seus preços valorizados.

Shen, Xu e Lin (2018) explicam que a distância até ao parque pode ter um maior efeito marginal no preço da habitação. Liu *et al.* (2022) indicam o impacto significativo da acessibilidade a parques nas residências dispostas à locação. Tomal (2020) apresenta que o alto nível de poluição tem encorajado a potenciais vendedores e locatários a aumentar o preço de suas propriedades localizadas próximas a amenidades verdes, devido as altas demandas por residências com essas características. Em síntese, Zhang *et al.*

(2020) corrobora indicando que os moradores prestam atenção à acessibilidade a parques ao redor da área residencial, seja para motivo de venda quanto de locação.

Por fim, a distância da rodovia também se faz presente na modelagem hedônica. Autores como Kam et al. (2016), Schläpfer et al. (2015) e Shen, Xu e Lin (2018) atestam o valor negativo da proximidade de uma rodovia para a residência. O tráfego constante pode gerar efeitos negativos como, congestionamento, poluição visual, sonora e do ar, além de impactar negativamente na qualidade da vida das pessoas. Considerando o contexto discutido nesta seção e em consonância com a disponibilidade de dados na região a ser estudada, é apresentada a segunda hipótese deste estudo:

**Hipótese 2a.** *Os atributos locacionais, nomeadamente o número de hospitais e ponto de ônibus, influenciam positivamente o preço dos aluguéis.*

**Hipótese 2b.** *Os atributos locacionais, nomeadamente a distância ao supermercado e ao shopping, influenciam negativamente o preço dos aluguéis.*

### 2.3 Qualidade de Vizinhança

Na modelagem hedônica, a qualidade da vizinhança pode ser avaliada por meio de vários enfoques, como aspectos de infraestrutura urbana e socioeconômicos (Gocer et al., 2023). A importância desse quesito se dá pois os moradores levam em consideração não apenas as características do imóvel, mas também o ambiente onde ele está inserido (Li et al., 2023). Assim, uma vizinhança com bons atributos de qualidade tende a valorizar o imóvel e por conseguinte, aumentar a demanda por ele, que por sua vez pode aumentar seu preço de mercado. Além disso, a qualidade da vizinhança pode ser um fator de diferenciação entre imóveis similares, pois dois imóveis com características semelhantes, mas com vizinhanças distintas, tende a ter preços diferentes (Heyman e Sommervoll, 2019).

O impacto de alagamentos na qualidade da vizinhança pode ser significativo, visto que a presença de alagamentos pode ser percebida como um risco em potencial para os consumidores. Bin, Kruse e Landry (2008) ao analisarem casas em áreas costeiras, indicaram que o preço de um imóvel localizado em uma área de inundação era significativamente menor do que uma imóvel semelhante em uma outra região. Eles constataram uma redução de 7,3% no preço de vendas da residência. Durante uma investigação sobre inundações passivas induzidas pelo aumento do nível do mar em

comunidades costeiras, Tarui et al. (2023) descobriram um desconto de preço de 9 a 14% associado a transações de imóveis residenciais.

Daniel, Florax e Rietveld (2009) ao analisar 19 estudos disponíveis nos Estados Unidos, a partir de uma meta-análise multivariada, mostraram que o efeito marginal de um aumento na probabilidade de risco de inundação de 0,01% em um ano equivale a uma redução no preço de transação de uma casa em 0,6%. Beltran, Maddison e Elliott (2018) levaram em consideração o efeito da ocorrência de um alagamento em imóveis com o tempo de retorno de 100 e 500 anos. Casas onde estão localizadas em áreas de alagamentos com o tempo de retorno de 100 anos, tem uma redução no seu preço em 2,9% e logo após ocorrer o alagamento esse preço aumenta para 6,9%. Nas regiões onde o tempo de retorno é de 500 anos, existe uma valorização das residências em 0,3%, mas ao ocorrer um alagamento esse preço tende a ser reduzido em 5,2%. Os autores defendem que inundações recentes fazem com que os proprietários alterem suas percepções de risco de inundações.

Atreya e Ferreira (2015) completam que quando os impactos das inundações são visualizados, as probabilidades subjetivas de risco são altas, mas à medida que os efeitos das inundações desaparecem com o tempo as probabilidades subjetivas diminuem e eventualmente desaparecem. Em linha com esses estudos, Livy (2023) aponta que a desvalorização tende a se dissipar com o tempo. O autor acrescenta que essa desvalorização financeira ocorre logo após eventos de inundação não destrutivos, ressaltando que os moradores não levam em conta os riscos de inundação quando os níveis dos rios estão dentro dos limites normais. No estudo realizado por Häse e Hirte (2023), destaca-se que a desvalorização não ocorre devido à divulgação prévia do risco, mas sim imediatamente após a ocorrência do evento.

Zhang (2016) utilizou regressão quantílica para investigar como as áreas de alagamento influenciam no preço de aquisição através da distribuição condicional dos preços das casas. O autor encontrou um impacto negativo em casas situadas em áreas de alagamento e esse impacto é mais forte em casas com preço mais baixos. A partir do contexto abordado nessa seção, a terceira hipótese deste trabalho é apresentada:

**Hipótese 3.** *A presença do imóvel em uma área de alta suscetibilidade a alagamentos influencia negativamente o preço do aluguel.*

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

Este capítulo compreende as seções de Definição da Pesquisa e Delineamento da Pesquisa, destinadas a documentar de maneira abrangente os procedimentos empregados nesta pesquisa, com o intuito de permitir sua reprodução.

#### **3.1 Definição da Pesquisa**

O desenvolvimento da pesquisa consiste em definir o problema a ser solucionado, construir um modelo representativo, buscar a solução desse modelo e validar a solução encontrada (Gil, 2002). Assim, esta pesquisa partiu de uma problemática que emergiu da inquietação em identificar relações entre os atributos de imóveis residenciais verticais e o preço unitário médio de aluguel na cidade de Belém. Dessa forma, a definição metodológica deste estudo ocorre por meio de quatro elementos, a saber: em termos de sua natureza; em relação aos seus objetivos; sob a perspectiva da abordagem do problema; e o recorte deste estudo.

Considerando a natureza desta pesquisa, ela se classifica como aplicada. A pesquisa aplicada é caracterizada como um conjunto de atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são empregados para a coleta, seleção e processamento de fatos e dados, com o objetivo de obter e confirmar resultados, gerando impacto (Fleury e Da Costa Werlang, 2016). Dessa forma, a natureza aplicada desta pesquisa se evidencia por meio da coleta, seleção e processamento de dados referentes ao mercado imobiliário de aluguéis em Belém, com o intuito de desenvolver modelos hedônicos para o cenário imobiliário local.

Quanto aos objetivos deste estudo, estes são classificados como de caráter explicativo. A pesquisa científica, ao adotar uma abordagem explicativa, não se limita apenas à análise dos dados observados; ela busca identificar as causas e oferecer explicações, abordando os fatores determinantes desses dados (Wazlawick, 2010). Na pesquisa explicativa, os fenômenos são influenciados por uma complexa rede de fatores interconectados, exigindo análise das relações entre variáveis para estabelecer a causalidade, indo além da compreensão obtida apenas pela observação ou coleta de dados descritivos (Nascimento e Freitas, 2023). Ao examinar os preços dos aluguéis de apartamentos em Belém, esta pesquisa não se restringe à mera descrição dos preços de locação, mas busca identificar os fatores determinantes que exercem influência sobre esses preços.

Sob a perspectiva da abordagem do problema, esta pesquisa se classifica como quantitativa. A pesquisa quantitativa consiste na representação numérica e na análise de

observações com o objetivo de descrever e explicar os fenômenos que essas observações refletem (Sukamolson, 2007). Nesta abordagem de pesquisa, geralmente parte-se de uma teoria específica para gerar hipóteses mensuráveis, as quais são, então, rigorosamente analisadas conforme os procedimentos estabelecidos (Holton e Burnett, 2005). Dessa forma, a qualidade dos estudos quantitativos está intimamente ligada à complexidade do modelo estatístico, ao nível de planejamento, à variação e precisão na escolha das variáveis, aos instrumentos aplicados e à base teórica (Silva, Lopes e Junior, 2014).

No que diz respeito ao recorte temporal, a pesquisa adota uma abordagem transversal. Nos estudos de corte transversal, a observação das variáveis ocorre em um único momento, quando o pesquisador registra uma "fotografia" dos fatos (variáveis) de interesse, sendo este desenho também utilizado para análises de múltiplas variáveis (Zangirolami-Raimundo, Echeimberg e Leone, 2018). Dessa forma, esta pesquisa restringe-se a uma delimitação temporal específica, procurando compreender a dinâmica dos preços dos aluguéis de apartamentos em um contexto temporal determinado, sem abranger um período extenso.

Neste estudo, foram adotados procedimentos de pesquisa para obter os dados necessários à sua realização (Prodanov e Freitas, 2013). Os métodos selecionados para conduzir a investigação compreenderam o método bibliográfico, que incluiu a análise crítica da literatura existente sobre a aplicação do método de preços hedônicos no mercado imobiliário. Isso envolveu a identificação e compreensão dos principais determinantes abordados pela literatura. O método bibliográfico busca facilitar a identificação das principais obras em meio à vasta produção científica mundial, garantindo a capacidade de estabelecer as fronteiras do conhecimento advindo dos achados científicos (Treinta *et al.*, 2014).

Adicionalmente, o método de pesquisa *ex post facto* foi utilizado, uma vez que busca explicar consequências com base em condições passadas, determinar a influência de uma variável sobre outra e testar afirmações por meio de testes de hipóteses com inferências estatísticas (Simon e Goes, 2013). Assim, o objeto de estudo foi estabelecido, e por meio da coleta sistemática de dados, foram selecionadas as variáveis pertinentes para a construção da base desta pesquisa. Em outras palavras, as variáveis foram respaldadas pelo levantamento bibliográfico.

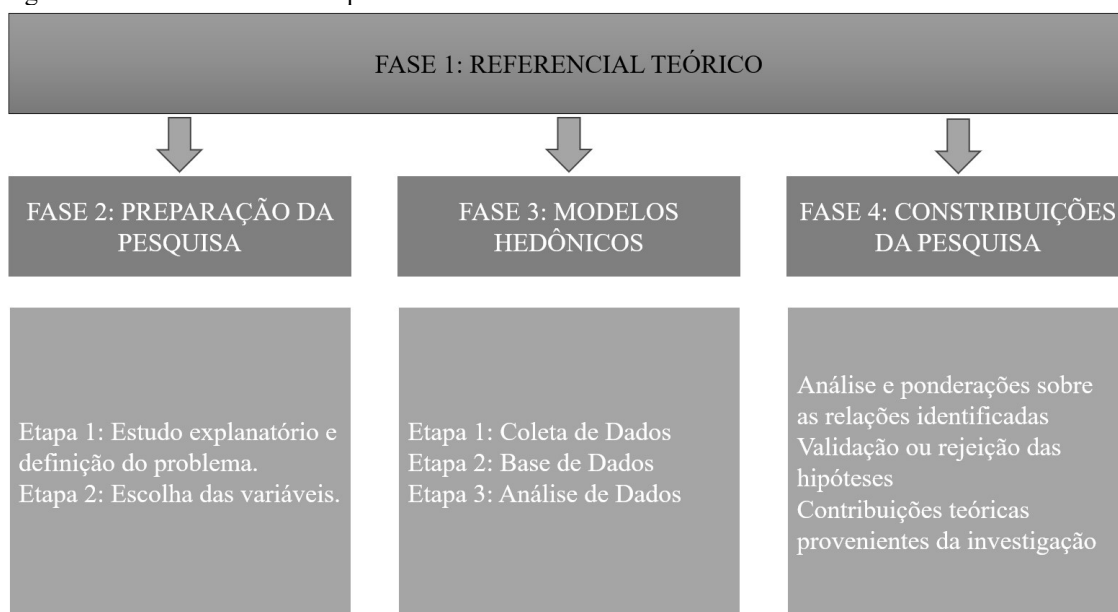
Por fim, o método de modelagem foi aplicado na criação do modelo de preços hedônicos, visando a identificação dos determinantes dos preços de aluguéis neste estudo. A elaboração de modelos permite descrever, quantificar ou qualificar um aspecto ou parte

específica da realidade que eles representam em um contexto determinado, facilitando assim o entendimento da realidade modelada (Pereira *et al.*, 2016).

### 3.2 Delineamento da Pesquisa

Essa pesquisa foi conduzida em quatro etapas distintas: I) Revisão Teórica; II) Preparação da Pesquisa; III) Modelos Hedônicos; e IV) Contribuições da Pesquisa. Durante a primeira fase, foi realizada uma revisão bibliográfica, conduzida ao longo de toda a pesquisa. Na segunda fase, um estudo explanatório foi realizado para definir o problema de pesquisa, além da seleção das variáveis pertinentes ao estudo. A terceira fase envolveu a coleta de dados para a formação da base de dados, juntamente com as etapas de processamento e análise desses dados. Por fim, a quarta fase abarcou a execução e avaliação desses modelos, bem como a análise das contribuições resultantes da pesquisa. Uma representação visual dessas etapas pode ser encontrada na Figura 1.

Figura 1 - Delineamento da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.2.1 Fase 1: Referencial Teórico

A Fase 1 teve como propósito realizar uma revisão bibliográfica abrangente, incluindo estudos nacionais e internacionais que abordassem trabalhos relacionados ao modelo de preços hedônicos no mercado imobiliário, bem como pesquisas identificando os determinantes dos preços tanto para aluguel quanto para venda de imóveis residenciais. Essa fase permeou todas as etapas do presente trabalho, iniciando antes mesmo da formulação do problema de pesquisa, dada a necessidade de um embasamento teórico ao longo da investigação.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas bases de dados Scopus, *Web of Science* e *Scielo*. Inicialmente, as buscas foram realizadas em fevereiro de 2023; contudo, ao longo do ano de 2023, buscas complementares foram realizadas à medida que o trabalho estava sendo desenvolvido. Posteriormente, com os artigos selecionados, aplicou-se a técnica de Bola de Neve (*Snowballing*) com o intuito de identificar outros estudos relevantes para a pesquisa.

Na busca por trabalhos nas bases supracitadas, foram empregados termos como "*Hedonic price model*", "*Hedonic regression*", "*Hedonic modeling*", "*Hedonic analysis*", "*Rental markets*", "*Rental price*", "*Rental housing*", "*Determinants*", "*Attributes*", "*Crime*" e "*Flood*". Além disso, foram utilizados outros termos derivados, incluindo sinônimos, formas singulares e plurais

### 3.2.2 Fase 2: Preparação da Pesquisa

A Fase 2 teve como objetivo, a partir dos resultados da busca por artigos nas bases de dados, realizar um estudo explanatório para definir o problema de pesquisa e escolher as variáveis.

#### 3.2.2.1 Etapa 1: Estudo explanatório e definição do problema.

O estudo explanatório foi conduzido para investigar como a modelagem hedônica tem sido aplicada no contexto de locação e venda de imóveis residenciais. Foram analisadas as abordagens estatísticas utilizadas e os determinantes considerados nesse contexto. Embora o foco principal seja nos preços de locação, também foram considerados estudos que abordassem os preços de venda de imóveis. A leitura dos artigos, tanto em âmbito nacional quanto internacional, revelou uma lacuna na aplicação da modelagem hedônica no contexto da Amazônia brasileira. Este trabalho surge para preencher essa lacuna, estabelecendo assim a problemática da pesquisa.

#### 3.2.2.2 Etapa 2: Escolha das variáveis.

Durante a etapa de escolha das variáveis, foram definidas a variável dependente e as variáveis independentes. As variáveis independentes deste estudo consistem nos determinantes dos preços dos aluguéis de imóveis residenciais verticais. Esses determinantes foram agrupados em categorias, incluindo atributos estruturais (características do apartamento), atributos locacionais (características espaciais) e qualidade de vizinhança (aspectos socioeconômicos e do entorno). Os determinantes e suas respectivas categorias foram definidos com base na literatura. Os preços dos aluguéis

foram designados como a variável dependente neste estudo. A coleta de dados e a formação da base de dados serão detalhadas na seção subsequente.

### 3.2.3 Fase 3: Modelos Hedônicos

A Fase 3 abrangeu a coleta de dados, a construção da base de dados e a aplicação da modelagem hedônica, incorporando abordagens econométricas e geoestatísticas.

#### 3.2.3.1 Etapa 1: Coleta de Dados

Neste estudo foram analisados os preços de aluguel de apartamentos de edifícios residenciais presentes na região continental de Belém do Pará. Para a realização desse estudo foram extraídos os dados relativos aos valores monetários de aluguéis de imóveis residenciais, bem como seus respectivos atributos estruturais, locacionais e de qualidade de vizinhança.

Por meio da técnica de raspagem de dados (*web scraping technique*), realizada em 17 de fevereiro de 2023, foram obtidos pelo site Viva Real (<https://www.vivareal.com.br>) os preços dos aluguéis, o endereço e as informações referentes aos atributos estruturais, como a metragem quadrada do apartamento, o número de suítes, o número de banheiros e o número de vagas de estacionamento.

A seleção do site Viva Real para a coleta de dados imobiliários foi influenciada por dois motivos fundamentais. O primeiro aspecto diz respeito à compatibilidade do site com a técnica de raspagem de dados, visto que a disposição dos dados na plataforma facilita significativamente o processo de extração. O segundo fator que pesou na decisão foi a constatação de que outros sites imobiliários frequentemente apresentavam anúncios semelhantes e, em algumas ocasiões, informações incompletas. O Viva Real destacou-se ao oferecer uma maior consistência e integridade nos dados disponibilizados, tornando-se, assim, a opção mais confiável para a obtenção das informações necessárias.

Após essa etapa, uma base de dados inicial foi consolidada, composta por 1043 observações. Foram excluídas observações com dados ausentes, registros anômalos, repetições e anúncios localizados fora da região de Belém. A aplicação desses filtros resultou em uma base de dados composta por 424 anúncios de aluguel. Além disso, ao dispor dos endereços dos apartamentos, foi implementado um serviço de georreferenciamento para calcular as coordenadas geográficas de cada unidade, incorporando, dessa forma, as latitudes e longitudes à base de dados.

Além disso, visando evitar problemas de especificação na modelagem espacial, foram identificados os apartamentos que compartilhavam as mesmas coordenadas

geográficas, ou seja, estavam localizados no mesmo edifício. Para essas unidades, a mediana das variáveis relacionadas às suas características estruturais, assim como o preço de aluguel, foi adotada como medida representativa. Esse procedimento resultou na base de dados final deste estudo, composta por 259 observações, correspondentes aos anúncios de aluguel dos apartamentos tipo, representativos de cada edificação.

A seguir, foi realizada a extração dos dados que compõem as variáveis de atributos locais. O propósito da extração de atributos locais é incorporar à base de dados variáveis relacionadas à localização dos apartamentos, com o intuito de analisar como as características do entorno impactam na variação dos preços de aluguel. Para conduzir essa análise, foram identificadas, mapeadas e obtidas as coordenadas geográficas das amenidades de serviço e lazer na região continental de Belém, utilizando a plataforma desenvolvida pelo Google, o *Google Maps* (<https://www.google.com.br/maps/>).

Nesse processo, foram identificadas aproximadamente 1625 paradas de ônibus, 160 hospitais, 79 supermercados e 5 shopping centers. Com as coordenadas geográficas dos apartamentos e das variáveis que compõem os atributos locais em mãos, foi possível calcular a distância entre os pontos focais deste trabalho (os apartamentos) e os pontos de interesse que representam os atributos locais. Esse cálculo foi realizado por meio da fórmula de *Haversine*, que mede a distância angular entre dois pontos na Terra.

Neste estudo, os atributos de qualidade da vizinhança foram delineados a partir de dados relacionados às características socioeconômicas e ao risco de alagamento. As informações sobre as características socioeconômicas de cada apartamento foram associadas à Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH) correspondente à área em que os apartamentos estavam situados.

As UDHs, de acordo com o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas, são divisões do território urbano do município que têm condições socioeconômicas e de infraestrutura semelhantes (Costa et al., 2018). As UDHs são capazes de demonstrar a heterogeneidade socioeconômica no espaço intraurbano, principalmente quanto ao atendimento de políticas sociais e de infraestrutura (Pinheiro et al., 2017).

Dessa maneira, as características socioeconômicas foram avaliadas com base na renda per capita em R\$/hab, no número de pessoas com emprego formal e na infraestrutura local. Além disso, a infraestrutura foi quantificada como a média aritmética de quatro indicadores principais por UDH na qual as unidades residenciais estão localizadas: (1) a percentagem de residências com acesso a abastecimento público de

água; (2) a percentagem de residências com fornecimento de energia elétrica; (3) a percentagem de residências com sistema de distribuição de esgoto adequado; e (4) a percentagem de residências cobertas por serviços eficientes de coleta e descarte de lixo.

Para a extração dos dados de alagamento foram coletados na Carta Digital de Riscos Naturais, elaborada pelo Centro de Pesquisa em Recurso Minerais (CPRM) do Serviço Geológico do Brasil (SGB), que disponibiliza a vetorização de zonas de suscetibilidade a inundações em diversas cidades do Brasil (<https://geoportal.cprm.gov.br/desastres/>). As zonas apontadas nas cartas são classificadas em baixa, média e alta suscetibilidade a inundação, destacando também as regiões isentas de riscos de inundação. Essa classificação leva em consideração a distância para corpos d'água, a declividade, se o solo é hidromórfico ou não e aponta os possíveis processos naturais que podem ocorrer, tais como, inundação, alagamento e assoreamento.

### 3.2.3.2 Etapa 2: Base de Dados

O Quadro 1 descreve como os dados brutos foram organizados em variáveis entre as três categorias. Este estudo selecionou 12 variáveis independentes, sendo 4 estruturais, 4 locacionais e 4 de qualidade de vizinhança. As variáveis estruturais que foram adotadas neste trabalho são a área da unidade residência dada em metros quadrados (AREA), a quantidade de suítes (SUITE), banheiros (BANH) e de garagens (GARG). Essas variáveis foram exploradas nesse mesmo formato em estudos similares por Liu *et al.* (2022), Tomal (2020) e De e Vupru (2021).

Duas das quatro variáveis que compõe os atributos de localização neste trabalho, descrevem a distância entre pontos focais deste trabalho (imóveis residenciais) e os pontos de interesse, nomeadamente, supermercado (DIST\_SUPER) e shopping (DIST\_SHOP). Em estudos anteriores, essas variáveis foram examinadas usando uma abordagem metodológica correspondente, como demonstrado por pesquisas realizados por Cui *et al.* (2018) e Liu. *et al.* (2022).

Duas variáveis adicionais foram incorporadas a este atributo: a primeira refere-se à quantidade de pontos de ônibus num raio de 500 m (ONIB\_500), enquanto a segunda diz respeito à quantidade de unidades hospitalares num raio de 500 m (HOSP\_500). A escolha do raio de 500 m para essas variáveis foi baseada no fato de equivaler a aproximadamente 20 minutos de caminhada. Estudos anteriores da literatura também analisaram essas variáveis nesse formato semelhante, como indicado em pesquisas conduzidas por autores relevantes, como Liu *et al.* (2022) e Li *et al.* (2022).

Quadro 1. Definição das variáveis

Variável	Definição	Unidade	Categoria
ALUG	Preço mensal pago para a locação do apartamento.	R\$/mês	---
AREA	Área do apartamento.	m <sup>2</sup>	Estrutural
SUITE	Quantidade de suítes no apartamento.	un.	Estrutural
BANH	Quantidade de banheiros no apartamento.	un.	Estrutural
GARG	Quantidade de vagas de garagem.	un.	Estrutural
ONIB_500	Quantidade de pontos de ônibus dentro de um raio de 500 m.	un.	Locacional
HOSP_500	Quantidade de unidades hospitalares dentro de um raio de 500 m.	un.	Locacional
DIST_SUPER	Distância para um supermercado mais próximo.	m	Locacional
DIST_SHOP	Distância para um shopping mais próximo.	m	Locacional
RPC	Renda per capita, na UDH onde o apartamento está situado	R\$/hab	Qualidade de Vizinhança
PEA	Número de pessoas com emprego formal, na UDH onde o apartamento está situado	un.	Qualidade de Vizinhança
INFRA	Cobertura de infraestrutura, na UDH onde o apartamento está situado	%	Qualidade de Vizinhança
ALAG	Suscetibilidade a inundações na área onde o apartamento está situado (Níveis: 0, 1, 2 e 3)	un.	Qualidade de Vizinhança

Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis de qualidade de vizinhança trabalhadas neste estudo consistem na renda per capita em R\$/hab por UDH (RPC), no número de pessoas com emprego formal por UDH (PEA), e na influência de percentual de cobertura de infraestrutura por UDH (INFRA). Embora os modelos hedônicos tenham sido tradicionalmente limitados na incorporação de variáveis com aspectos socioeconômicos, essas variáveis foram integradas neste estudo para aprimorar o modelo hedônico. Ao revisar a literatura sobre modelagem hedônica, observou-se que apenas o artigo de Shen, Xu e Lin (2018) abordou a renda per capita. Lima *et al.* (2021), embora tenham trabalhado com estas variáveis, adotaram uma abordagem distinta de estudo.

Também compõe as variáveis de qualidade de vizinhança a variável de alagamento (ALAG), sendo esta categórica. Ela classifica se o imóvel está localizado em área (0) sem susceptibilidade a alagamento ou (1) com baixa, (2) média ou (3) alta susceptibilidade a alagamento. Esta variável leva em consideração o zoneamento apresentado pela Carta Digital de Riscos Naturais, onde em todas as zonas apresentadas, a classificação de risco de ocorrência a alagamento é observada. Em vista disso, a utilização desta variável a partir desta fonte, se torna um diferencial neste trabalho, pois

os autores como Beltran, Maddison e Elliott (2018) e Atreya e Czajkowski (2019) analisaram o risco de alagamento por meio do tempo de retorno, ao invés de considerar, como nesse trabalho, o risco a partir de uma classificação que leva em consideração a distância para corpos d'água, a declividade e o tipo de solo.

### 3.2.3.3 Etapa 3: Análise de Dados

#### 3.2.3.3.1 Modelo de Regressão Hedônica

Grande parte dos estudos relacionados à avaliação das características responsáveis por variações na precificação das habitações são baseados na regressão hedônica (Cordera *et al.*, 2019). Esse método é definido a partir de uma das abordagens mais fundamentais da estatística, o modelo de regressão linear *Ordinary Least Squares* (OLS) (Greene, 1999).

Essa técnica multivariada permite a análise da relação entre uma única variável dependente, com pelo menos duas variáveis independentes – também podendo ser denominadas de preditoras ou explanatórias. O objetivo desta técnica é, através da utilização de variáveis independentes cujos valores são conhecidos, prever o valor da variável dependente selecionada pelo pesquisador (Hair *et al.*, 2009).

Para tal, o modelo de regressão OLS utiliza o princípio da soma mínima dos quadrados residuais para determinar a posição da linha e resolver o problema de ajuste da relação entre as variáveis dos dados (Molugaram e Rao, 2017). A formulação do modelo OLS é apresentada na Equação 1:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

onde  $y$  representa o vetor da variável dependente,  $X$  representa a matriz das variáveis independentes,  $\beta$  é o vetor contendo os coeficientes da regressão pertencentes a cada variável independente, e  $\varepsilon$  é o vetor dos termos de erro.

Através dessa técnica, este estudo é capaz de avaliar a influência de diversas características – estruturais, locacionais e qualidade de vizinhança – na variação dos preços de aluguel dos apartamentos residenciais em Belém do Pará. Para tal, utilizou-se a especificação logarítmica natural desses preços (LN\_ALUG) como variável dependente deste estudo. Quanto às variáveis independentes, foram realizadas transformações logarítmicas naturais para as variáveis contínuas – área do apartamento e distâncias para amenidades urbanas – de forma a melhorar a distribuição dos dados (Lu *et al.*, 2021).

Destaca-se que, tal procedimento resultou em associações mais expressivas entre a variável dependente as variáveis independentes transformadas, quando comparadas com

a relação original apresentada pela correlação de Pearson. Adicionalmente, de forma a abordar a heterocedasticidade presente no modelo OLS, a técnica dos erros padrões robustos foi aplicada (White, 1980).

A heterocedasticidade refere-se à situação em que a variabilidade dos erros de previsão não é constante ao longo de todos os níveis da variável independente. Essa condição pode violar a suposição clássica de homoscedasticidade no modelo OLS (Hair *et al.*, 2009), impactando a precisão das estimativas dos parâmetros. Ao empregar a técnica dos erros padrões robustos, ajusta-se a análise para a heterocedasticidade, melhorando a confiabilidade das inferências estatísticas no modelo.

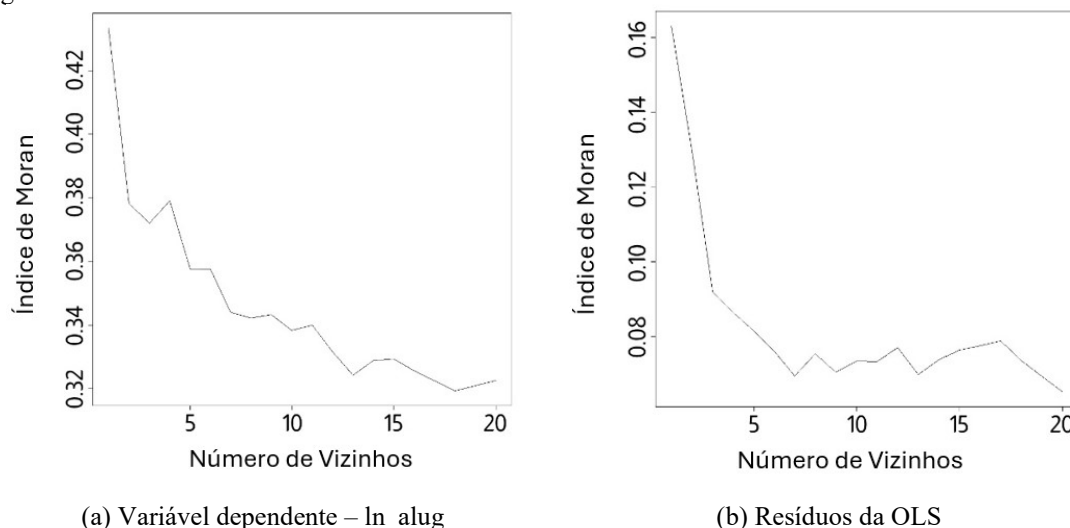
#### 3.2.3.3.2 Análise de Autocorrelação Espacial

Para avaliar a presença de autocorrelação espacial nos dados, foi utilizado o índice de Moran (Moran, 1948). O valor do índice de Moran varia de -1 a 1, onde o valor positivo/negativo sugere a autocorrelação espacial positiva/negativa ou a presença de agrupamentos em uma área observada. Em contrapartida, se o valor do índice de Moran for aproximadamente igual a 0, significa que não há autocorrelação espacial nos preços das habitações – ou seja, as observações apresentam uma distribuição aleatória no espaço.

Dessa forma, a análise do índice de Moran determina se o preço do aluguel de um apartamento na amostra é influenciado pela proximidade dos apartamentos vizinhos, impactando positiva ou negativamente em sua variação. A matriz de vizinhança associada ao índice de Moran foi computada a partir da abordagem dos k-vizinhos mais próximos (Bivand, Pebesma e Gómez-Rubio, 2013).

O valor ótimo de k foi determinado a partir do teste dos Multiplicadores de Lagrange (LM) aplicado na variável dependente LN\_ALUG, bem como nos resíduos do modelo OLS. Em ambos os casos o valor inicial de k foi definido como 2 e aumentado em 1 durante cada etapa subsequente. O processo de seleção terminou quando o valor do teste LM tornou-se insignificante, tendo sido k = 4 o número otimizado de vizinhos – ou seja, ponto máximo do índice de Moran para a variável dependente do modelo após sua estabilização (LN\_ALUG Moran's I = 0.379; p-value < 0.001 | OLS residual Moran's I = 0.0937; p-value < 0.001). Deste modo, a presença de autocorrelação espacial foi investigada com a determinação de 4 vizinhos para cada apartamento focal, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Teste LM



Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto do mercado imobiliário, a autocorrelação espacial pode ocorrer por diversos fatores – efeitos de difusão dos preços de mercado para apartamentos em áreas próximas (dependência espacial), a omissão na função hedônica de variáveis relevantes com caráter espacial, ou a existência de mercados imobiliários distintos (heterogeneidade espacial). Assim, para levar em consideração esses efeitos, é necessário utilizar modelos econométricos espaciais (Qu *et al.*, 2020).

### 3.2.3.3.3 Modelos Econométricos Espaciais

Dentre os modelos espaciais utilizados neste estudo, encontram-se os modelos clássicos de autorregressão espacial (SAR). O modelo SAR assume duas formas gerais: o modelo de atraso espacial (SLM) e o modelo de erro espacial (SEM) (Yang *et al.*, 2020). Dessa forma, em contraste aos modelos convencionais de regressão linear, foi derivado um modelo explicativo mais apropriado, oferecendo esclarecimentos sobre os fatores espaciais influentes e os mecanismos subjacentes.

O modelo de atraso espacial assume que a variável dependente é afetada não apenas pelas variáveis independentes, mas também pelos valores da variável dependente em observações próximas. Portanto, essa abordagem reconhece que o contexto do ambiente imobiliário desempenha um papel significativo na determinação do preço de aluguel de uma propriedade específica.

Para tal, o SLM lida com o efeito espacial da variável dependente de observações vizinhas na flutuação do valor da variável dependente em uma região específica, abordando assim o problema de autocorrelação espacial presente na variável dependente. Dessa forma, um componente espacialmente atrasado – representando a média ponderada

espacial em torno da variável dependente – é adicionado à regressão (Anselin, 2002). A especificação do modelo de atraso espacial é dada pela Equação 2:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

onde  $\rho$  é o parâmetro de atraso espacial e  $W$  é a matriz de pesos espaciais que define a vizinhança de cada observação.

Em contrapartida, o SEM indica que se os preços de aluguel das habitações em um ponto de preço específico também são afetados por um conjunto de características locais, algumas variáveis críticas que estão geograficamente correlacionadas espacialmente são ignoradas (Tian *et al.*, 2023) – sendo esses seus termos de erro. Portanto, o modelo de atraso espacial reflete a influência das variáveis explicativas nos preços das habitações em choques de erros aleatórios interdependentes em outras regiões.

Em termos mais simples, o SEM assume que a autocorrelação espacial é devida a efeitos não modelados, fatores não medidos ou outros erros de especificação. Assim, a dependência espacial, bem como sua interação, é tratada como perturbações no termo de erro, em vez de serem incorporadas como um componente espacialmente atrasado na equação (Anselin, 2002). A Equação 3 demonstra a especificação do SEM:

$$y = X\beta + \mu \quad (3)$$

onde  $\mu = \lambda W\mu + \varepsilon$  é o vetor dos termos de erro espacialmente correlacionados,  $\lambda$  é o parâmetro de erro espacial e  $\varepsilon$  é o vetor dos termos de erro independentes.

A determinação da especificação mais adequada para a modelagem espacial também foi guiada pelo teste LM, bem como reforçada pelo método dos Multiplicadores de Lagrange Robustos (RLM). A escolha da melhor especificação ocorreu com base na força da rejeição da hipótese nula do teste, que postula que o coeficiente de regressão do modelo especificado é estatisticamente igual a zero (Anselin, 1988). Dessa forma, o modelo espacial escolhido para ser utilizado neste estudo foi o SLM (p-value < 0.05), por ter sido o único a rejeitar a hipótese nula do teste LM.

Vale ressaltar que os estimadores do modelo de atraso espacial, ao contrário dos encontrados na OLS, não são diretamente interpretáveis. No modelo de atraso espacial (SLM), a presença de efeitos de retroalimentação provenientes das defasagens na variável dependente provoca mudanças nas observações vizinhas. Portanto, os parâmetros estimados pela SLM devem ser vistos como representações de um estado de equilíbrio no processo de modelagem, incorporando os efeitos de difusão espacial (Ward e Gleditsch, 2008).

Nesse cenário, os efeitos de cada variável assumem a forma de uma matriz. Isso significa que para entender completamente o impacto de cada variável, é preciso considerar não apenas seus efeitos diretos, mas também como esses efeitos se espalham e interagem nas áreas circunvizinhas (Hui e Liang, 2016). Para tal, Lesage e Pace (2009) recomendam a utilização de indicadores de escalonamento para a interpretação dos estimadores do modelo SLM. Esses indicadores incluem:

- efeito direto médio, representando os efeitos causados por observações de uma variável independente;
- efeito indireto médio, que quantifica o efeito de difusão entre observações devido a mudanças em uma variável independente;
- e o efeito total médio, que engloba o efeito total, direto e indireto, recebido pela variável dependente.

#### 3.2.3.3.4 Regressão Geograficamente Ponderada – GWR

O modelo GWR é empregado como um complemento à regressão hedônica tradicional (OLS), oferecendo a capacidade de estimar parâmetros de forma localizada. Essa abordagem permite lidar com a heterogeneidade espacial presente nos dados analisados. A especificação geral do modelo é representada pela Equação 4:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_j \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i \quad (4)$$

onde  $(u_i, v_i)$  representa as coordenadas espaciais do  $i$ -ésimo ponto. A função contínua  $\beta_j(u_i, v_i)$  em cada ponto  $i$  indica que os parâmetros de regressão exibem variações dependentes da localização espacial específica. Este tipo de modelo é estimado de maneira semelhante à regressão linear, utilizando mínimos quadrados ponderados, com a peculiaridade de que os pesos são estabelecidos como uma função da distância entre o ponto de regressão local e os pontos de dados vizinhos (Cordera *et al.*, 2019).

A Equação 4, de maneira implícita, assume que os dados nas proximidades de  $i$  exercem influência mais significativa na estimativa de  $\beta_j(u_i, v_i)$  do que observações localizadas mais distantes (Fotheringham, Charlton e Brunsdon, 1998). Em outras palavras, esse método mede as relações inerentes ao modelo em torno de cada observação  $i$ , empregando mínimos quadrados ponderados. Assim, uma observação recebe um peso proporcional à sua proximidade ao ponto  $i$ , resultando em uma variação não constante. A Equação 5 demonstra a notação matricial dos parâmetros do modelo:

$$\beta(u_i, v_i) = (X^T W_{(u_i, v_i)} X)^{-1} X^T W_{(u_i, v_i)} y \quad (5)$$

onde  $W_{(u_i, v_i)}$  representa a matriz de ponderação espacial. Como destacado por Fotheringham, Charlton e Brunsdon (1998) os resultados da GWR são sensíveis a mudanças no *bandwidth* do modelo, podendo resultar em distorções nas variações dos estimadores. Dessa forma, seguindo a abordagem de (Bitter, Mulligan e Dall’erba, 2007), este artigo emprega o mesmo procedimento na escolha da função núcleo espacial, permitindo que o *bandwidth* seja modificado em relação ao preço de aluguel de cada observação da regressão.

O *bandwidth* foi selecionado através da abordagem adaptativa, a qual permite que propriedades próximas recebam mais peso do que propriedades mais distantes, seguindo a primeira lei da geografia de (Tobler, 1970) – observações próximas geograficamente tendem a ser mais semelhantes do que observações distantes. Mais especificamente, os pesos atribuídos na análise GWR foram estabelecidos utilizando o modelo gaussiano com um kernel adaptativo (tri-cube), sendo o *bandwidth* determinado por meio da minimização do AIC (Bowman, 1984). A opção pelo kernel adaptativo tem como objetivo garantir que cada observação contenha um número equitativo de pontos de dados.

#### 3.2.4 Fase 4: Contribuições da Pesquisa

A Fase 4 deste estudo concentrou-se na exposição das contribuições resultantes da pesquisa empreendida. Esse procedimento foi conduzido por meio da análise das relações identificadas, incluindo a avaliação da validação ou rejeição das hipóteses previamente estabelecidas, e estabelecendo conexões entre os resultados alcançados e a literatura vigente. Além disso, foram destacadas possíveis extensões decorrentes do processo de investigação, esboçando pesquisas futuras que podem ser exploradas para aprofundar a compreensão do tema em questão.

#### 4 ARTIGO

### ABORDAGEM HEDÔNICA DOS ALUGUÉIS RESIDENCIAIS VERTICAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: UM CASO DE BELÉM, PARÁ

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo identificar e analisar os fatores que influenciam a formação dos preços de aluguel de apartamentos residenciais na cidade de Belém. A abordagem adotada foi baseada na Teoria dos Preços Hedônicos, que considera que o preço do aluguel de um apartamento reflete os preços implícitos de seus atributos - qualidade estrutural, locacional e de vizinhança. A amostra utilizada consistiu em 259 observações, correspondentes aos anúncios de aluguel dos apartamentos representativos de cada edifício. As técnicas de Mínimos Quadrados Ordinários (*Ordinary Least Squares* - OLS), Modelo de Defasagem Espacial (*Spatial Lag Model* - SLM) e Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Regression* - GWR) foram usadas na análise estatística deste estudo. Os resultados do modelo OLS mostraram significância estatística entre os atributos analisados e o preço do aluguel dos apartamentos. Por sua vez, o modelo SLM indicou que os atributos estruturais têm impacto nos preços de aluguel dos apartamentos vizinhos, configurando um efeito de contágio no mercado imobiliário. O modelo GWR mostrou que não houve heterogeneidade espacial nos efeitos dos determinantes sobre os preços de aluguel dos apartamentos em toda a amostra.

**Palavras-chave:** Modelagem hedônica; Atributos estruturais; Atributos de localização; Qualidades de vizinhança; Regressão OLS; Regressão espacial; Mercado Imobiliário.

### HEDONIC APPROACH TO VERTICAL RESIDENTIAL RENTALS IN THE BRAZILIAN AMAZON: A CASE OF BELÉM, PARÁ

**Abstract:** This study set out to identify and analyze the factors that influence the formation of rental prices for residential apartments in the city of Belém. The approach adopted was based on the Hedonic Price Theory, which considers that the rental price of an apartment reflects the implicit prices of its attributes – structural, locational and neighborhood quality. The sample used consisted of 259 observations, corresponding to the rental advertisements of the representative apartments in each building. The Ordinary Least Squares (OLS), Spatial Lag Model (SLM) and Geographically Weighted Regression (GWR) techniques were used in the statistical analysis of this study. The results of the OLS model showed statistical significance between the attributes analyzed and the rental price of the apartments. In turn, the SLM model indicated that the structural attributes have an impact on the rental prices of neighboring

apartments, configuring a contagion effect in the real estate market. The GWR model showed that there was no spatial heterogeneity in the effects of the determinants on apartment rental prices throughout the sample.

**Keywords:** Hedonic Modeling; Structural Attributes; Locational Attributes; Neighborhood Qualities; OLS Regression; Spatial Regression; Real Estate.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de locações de imóveis residenciais desempenha um papel fundamental no mercado imobiliário, pois é responsável por oferecer propriedades disponíveis para aluguel, determinando os preços das locações. Com aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas vivendo em acomodações alugadas em todo o mundo (Gilbert, 2016), o mercado de locação transfigura-se em uma indústria bastante rentável em muitos países, a depender das regiões e dos tipos de imóveis.

Nos Estados Unidos, o mercado de aluguel representa cerca de um terço do total de unidades de moradia ocupadas (NMHC, 2021). Na Europa, o mercado de aluguel é muito variado entre os diferentes países e cidades, com alguns destes tendo uma cultura de propriedade de imóveis mais forte do que outros: na Alemanha 50,1 % dos imóveis são alugados; na Suíça o percentual é próximo dos 58%. Em contrapartida, na Croácia, Hungria e na Romênia o percentual é inferior a 10% (Eurostat, 2021). Já no contexto brasileiro, cerca de 20% da população brasileira vive em imóveis alugados (IBGE, 2022).

O mercado imobiliário é distinto entre os mercados comuns de bens de consumo, pois os imóveis possuem características únicas que os diferenciam, tais como heterogeneidade, durabilidade e fixidez espacial (De e Vupru, 2021). Essas características permitem que cada imóvel atenda a múltiplos desejos e necessidades, o que torna o mercado imobiliário um mercado complexo e único. Assim sendo, compreender a dinâmica de preços dos aluguéis residenciais é importante para a economia, uma vez que esses estudos permitem estimar a demanda do setor do mercado imobiliário (Medeiros e Carvalho, 2017). Deste modo, a utilização do modelo de preços hedônicos possibilita estabelecer uma relação entre o preço dos aluguéis e as suas características (Cui et al., 2018), podendo ser uma ferramenta para apurar a dinâmica desses valores (Tomal, 2020).

O modelo de preços hedônicos estabelece uma relação funcional onde o preço do imóvel ou o preço do aluguel pode ser estimado por meio de vários determinantes em potenciais, podendo ser divididos em três categorias principais: atributos estruturais, atributos locacionais e de qualidades da vizinhança (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Hu et al., 2019). Estudos recentes

apontam por meio da análise de dados do mercado imobiliário, os determinantes que influenciam o preço de venda (Wen, Zhang e Zhang, 2014; Kam et al., 2016; Shen, Xu e Lin, 2018) e o preço do aluguel dos imóveis (Qiao, Yeh e Zhang, 2021; Liu et al., 2022; Liu. et al., 2022), e também tem sido amplamente utilizado em muitas cidades ao redor do mundo incluídos Bari (Morano et al., 2021), Cracóvia (Tomal, 2020), Dimapur (De e Vupru, 2021), Hangzhou (Wen, Zhang e Zhang, 2014), Hong Kong (Leung e Yiu, 2019), Khulna (Islam et al., 2020), Londres (Bracke, 2015), San José (Piaggio, 2021), dentre outras.

Entretanto, a modelagem hedônica tradicional geralmente impõe uma estrutura de preços consistente às características das moradias em toda uma área de mercado (Mccord et al., 2012), tratando as áreas metropolitanas como um mercado unificado singular. Embora os modelos hedônicos considerem características estruturais, de localização e de qualidade do bairro, a omissão das características espaciais pode comprometer a avaliação precisa dos submercados habitacionais e, por extensão, a determinação dos preços dos imóveis. No entanto, os modelos tradicionais são considerados restritivos, pois as observações nesse tipo de modelo podem ser espacialmente dependentes, o que, ao corresponder à variável dependente omitida na função hedônica, gerará parâmetros tendenciosos e inconsistentes (Anselin e Rey, 2014).

No contexto brasileiro ficam evidentes lacunas no que se refere à modelagem hedônica. Destacam-se os pesquisadores: Paixão e Luporini (2020) que aplicaram a modelagem de preços hedônicos com base em dados fiscais em Belo Horizonte; Campos (2017) que contribuiu para a literatura nacional explicando o comportamento do mercado imobiliário de lançamentos apontando os atributos com maior representatividade no conjunto de escolhas; Maciel e Biderman (2013) que através da análise da implantação do trecho oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo estimaram o efeito deste sobre o preço do solo; e Fávero (2011) que contribuiu para a discussão sobre como os preços no mercado imobiliário de São Paulo são formados e como são influenciados pelas características dos imóveis e da localidade ao redor.

Dessa forma é possível verificar a concentração de estudos brasileiros na região Sudeste do país. Em um território vasto e caracterizado por distintas questões culturais e socioeconômicas, as formas de ocupação do solo urbano podem variar significativamente entre as regiões. Deste modo, torna-se relevante difundir essa abordagem para outras partes do Brasil. Além disso, a negligência das características espaciais, como a dependência espacial ou a heterogeneidade, nas abordagens hedônicas ressalta a necessidade de uma perspectiva mais detalhada e regionalmente inclusiva.

Portanto, a escassez de estudos semelhantes na região amazônica, particularmente em Belém, alinhada à dinâmica cultural e socioeconômica única da área, incentiva a implementação

de abordagens hedônicas - tanto tradicionais quanto espaciais - em seu setor imobiliário. De acordo com dados disponíveis na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual (IBGE, 2022), pode-se constatar que aproximadamente 17% dos domicílios existentes em Belém são compostos por residências que estão destinadas ao aluguel. Pesquisas em que os determinantes dos preços de aluguéis são identificados em mercados emergentes, são importantes para os formuladores de políticas, pois fornece informações sobre o mercado imobiliário, o que se traduz em uma melhor formulação de políticas habitacionais (Tomal, 2020).

À vista disso, o objetivo desta pesquisa é identificar e analisar os atributos em potenciais, sendo eles estruturais, locacionais ou de qualidade de vizinhança, que impactam a formação de preços de aluguéis na cidade de Belém. Para isso, foram avaliados aspectos da estrutura física do imóvel e sua proximidade com as comodidades, usando dados obtidos nos sites do Viva Real e do Google Maps. Essa pesquisa baseou-se na aplicação de modelos de regressão hedônica tradicionais - por meio do uso de OLS - e abordagens espaciais - SLM e GWR.

Essas metodologias foram cruciais para descobrir dinâmicas essenciais relacionadas à operação do mercado de aluguel de Belém, introduzindo uma nova dimensão em nossas análises. A inclusão de abordagens espaciais é particularmente importante, pois elas oferecem uma compreensão superior das dependências e heterogeneidades espaciais inerentes ao mercado imobiliário em comparação com as análises tradicionais. Foi analisado o impacto dos atributos sobre o preço do aluguel da propriedade focal, bem como a influência dessa propriedade sobre as propriedades vizinhas. Por fim, analisamos a existência de heterogeneidade geográfica nas relações entre os preços de aluguel de imóveis residenciais e seus determinantes.

Dessa forma, espera-se que este estudo contribua para a teoria Hedônica, ampliando sua abordagem para regiões brasileiras menos investigadas, bem como contribua empiricamente por meio dos métodos e técnicas estatísticas aqui aplicadas. Outro tipo de contribuição se direciona à indústria da construção civil, com a incorporação de informações estratégicas que identifiquem os fatores que mais agregam valor às propriedades, orientando investimentos para projetos com potencial de retorno. Além disso, ressalta-se a importância desses achados para as entidades públicas, as quais podem incorporar essas informações em políticas de planejamento urbano alinhadas às demandas do mercado local. A eficaz integração desses resultados não apenas fortalece a tomada de decisões no setor privado, mas também desempenha um papel crucial no desenvolvimento urbano sustentável, promovendo sinergias entre os setores público e privado para o avanço harmônico das comunidades.

O restante deste estudo se desdobra em quatro seções principais, começando com "Teoria e Hipóteses" na Seção 2, onde a teoria hedônica é apresentada e hipóteses testáveis são formuladas. A Seção 3 descreve os Métodos de Pesquisa, nos quais são apresentados a Área de Estudo, o Banco de Dados e os Modelos Estatísticos empregados, proporcionando transparência em relação à metodologia escolhida. Na Seção 4, "Resultados e Discussão", os resultados, apoiados por evidências estatísticas, são apresentados e discutidos. O estudo culmina na Seção 5, "Conclusões", que resume as contribuições, revisita as hipóteses e descreve as direções de pesquisas futuras.

## **2. TEORIA E HIPOTÉSES**

O modelo de preços hedônicos tem sido discutido na literatura para analisar os aspectos do mercado imobiliário, visando identificar os determinantes que influenciam no preço e no preço do aluguel dos imóveis. Este modelo partem do princípio que os preços hedônicos são definidos com base nos preços implícitos dos atributos e são revelados aos agentes econômicos a partir dos preços observados de produtos diferenciados e das quantidades específicas de características associadas a eles (Rosen, 1974).

Esses determinantes podem ser classificados em função da sua escala, sendo esta: macro ou micro (Cui et al., 2018; Hu et al., 2019). Os determinantes macro são aqueles que afetam o mercado em um contexto geral, como a renda (Piaggio, 2021), a inflação (Duan et al., 2021), indicadores de vulnerabilidade social e territorial (Barreca, Curto e Rolando, 2017), crise migratórias (Trojanek e Gluszak, 2022), dentre outros. Os determinantes micro são aqueles relacionados às características específicas dos imóveis. De acordo com a literatura, estes determinantes são classificados em três categorias, nomeadamente atributos estruturais, atributos locacionais e de qualidades da vizinhança (Cui et al., 2018; Hu et al., 2019; Tomal, 2020; Zhang et al., 2020; De e Vupru, 2021; Li et al., 2022; Liu. et al., 2022).

Os atributos estruturais correspondem às características físicas que compõe a propriedade: a área do imóvel (Helbich et al., 2014), o número de quartos e banheiros (Sohn et al., 2020), a idade do imóvel (Kam et al., 2016), a presença de garagem (Islam et al., 2020) e o estado de conservação do imóvel (Helbich et al., 2014). Os atributos locacionais são constituídos pelas características referentes à proximidade do imóvel às amenidades. Entre os atributos locacionais mais trabalhados pela literatura são citados: distância para serviços de transporte público (Efthymiou e Antoniou, 2013), para escola (Wen, Zhang e Zhang, 2014; Hu et al., 2019), para hospitais (Zhang et al., 2020) e para áreas verdes (Trojanek, Gluszak e Tanas, 2018; Piaggio, 2021; Trojanek, 2023). Por fim, as qualidades da vizinhança referem-se as

características do bairro ou da área circundante que podem afetar o preço do imóvel. São citados: a qualidade das instalações dos transportes públicos (Leung e Yiu, 2019), a qualidade das escolas (Wen, Zhang e Zhang, 2014; Jin, Zhao e Liu, 2023), a presença de amenidades verdes (Piaggio, 2021), a presença de amenidades paisagísticas (Schlöpfer et al., 2015; Sohn et al., 2020), a presença de instalações desportivas (Wen e Tao, 2015), dentre outros.

Alguns autores buscando dar ênfase à outras características analisadas, estabelecem outras categorizações sendo estas: atributos de transporte (Efthymiou e Antoniou, 2013; Liu et al., 2022), condição de tráfego (Liu. et al., 2022), amenidades paisagísticas (Schlöpfer et al., 2015), áreas verdes (Piaggio, 2021), características ambientais (Islam et al., 2020), características educacionais (Wen, Zhang e Zhang, 2014) e fatores socioeconômicos (Vale e De Mello-Sampayo, 2021).

Com o propósito de analisar objetivamente os fatores determinantes dos preços de aluguel de residências verticais em Belém, este estudo optou por adotar uma abordagem de categorização generalista, evitando a criação de uma nova taxonomia de atributos. Essa escolha se baseia em classificações previamente estabelecidas por pesquisas anteriores (Tan, 2010; Tomal, 2020; Dou, Gu e Fan, 2023), que subdividiu os determinantes em categorias como estruturais, de localização e relacionadas à qualidade da vizinhança. Essas categorias serão detalhadas nas subseções a seguir.

## **2.1. Atributos Estruturais**

Os atributos estruturais são importantes na modelagem de preços hedônicos, pois eles descrevem as características físicas de um imóvel que são relevantes para os compradores. Na literatura estudos que visaram analisar o impacto dos fatores internos no preço dos imóveis, constataram significativamente o efeito nos preços das habitações (Kam et al., 2016; Mathur, 2019). Dentre estes fatores, a área do imóvel, o número de quartos, o número de banheiros e a presença de garagem são utilizados para compor os atributos estruturais dos imóveis.

Trabalhos como de Qiao, Yeh e Zhang (2021) e Efthymiou e Antoniou (2013) evidenciam a associação positiva da área com o preço da residência. Leung e Yiu (2019) ao estudarem as unidades subdividas de Honk Kong, notaram um aumento de 0.2% no preço do aluguel ao se adicionar um pé quadrado à área. Quando se trata de imóveis residenciais, Shen, Xu e Lin (2018) trabalharam com a área do lote e a área construída. Concluiu-se que a disposição do cliente para pagar por um metro quadrado construído é maior do que um metro quadrado extra no lote da residência. Na abordagem apresentada por Li *et al.* (2022), onde foi

utilizado o preço de venda e de aluguéis de imóveis, tanto para distritos internos quanto para distritos externos, a área do imóvel influenciou positivamente.

Um outro fator que contribui para a modelagem hedônica, em se tratando de atributos estruturais, são os números de quartos e banheiros da residência. Li et al. (2022) e Qiao, Yeh e Zhang (2021) atestam o efeito positivo do número de quartos no preço de venda e de locação dos imóveis. A partir de uma análise quantílica, Cui et al. (2018) evidenciaram que consumidores de imóveis com os preços de aquisição e de aluguéis mais altos estão mais inclinados a viver em uma residência com mais quartos.

Shen, Xu e Lin (2018) e Mathur (2019) indicaram uma relação negativa entre o número de quartos e o preço de venda das residências. Eles defendem que o sinal negativo na variável indicadora do número de quartos se dá devido ao aumento na quantidade de quartos, proporcionando assim a redução do tamanho destes. Em se tratando do número de banheiros, Liu et al. (2022), Shen, Xu e Lin (2018) e Mathur (2019) indicam que no número de banheiros exerce uma influência positiva, sendo esta entre as amenidades internas a com maior intensidade. Para Kryvobokov, Pradella e Des Rosiers (2020) a presença de dois ou mais banheiros contribui em 22% no aumento do preço de aluguel.

Por fim, a presença de garagem é um fator que pode influenciar significativamente o preço de um imóvel. Ela é considerada uma comodidade importante para muitos consumidores, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas, visto que ela pode afetar a percepção de segurança e conveniência do imóvel. Kryvobokov, Pradella e Des Rosiers (2020) e Trojanek (2023) evidenciam o aspecto positivo da presença da garagem em imóveis dispostos para locação e venda, respectivamente. Islam *et al.* (2020) constataram que de modo geral a presença de garagem aumenta o preço de aluguel da residência em 15% e analisando por áreas planejadas e áreas não planejadas, verificaram que a presença de garagens em áreas planejadas tem um maior impacto que nas áreas não planejadas. O estudo realizado por Hill et al. (2023), usando modelagem hedônica, constatou um impacto positivo dos atributos estruturais, como área e presença de garagem, tanto para apartamentos novos quanto para os existentes nas cidades de Varsóvia e Poznań.

Nesse contexto, percebe-se uma forte influência dos atributos estruturais na formação dos preços dos imóveis, sejam para venda quanto para locação. Com base nas considerações da literatura mencionadas acima, é apresentada a primeira hipótese deste trabalho:

**Hipótese 1.** As características estruturais do imóvel (a área do imóvel, o número de suítes, o número de banheiros e o número de vagas de garagem) influenciam positivamente o preço dos aluguéis.

## 2.2. Atributos Locacionais

A importância dos atributos locacionais se dá, uma vez que a localização de um imóvel é um dos principais determinantes do seu valor de mercado. Williams (1990) defende que os três aspectos mais importantes de uma propriedade são a localização, a localização e a localização. Isso porque a localização influencia diretamente a qualidade de vida dos moradores, a acessibilidade a serviços e facilidades, a segurança, dentre outras características. Dessa forma, a literatura tem analisado os atributos locacionais permitindo avaliar o impacto da localização no preço de venda ou locação dos imóveis, bem como identificando quais são as características que mais influenciam na sua valoração, como por exemplo, a proximidade a hospitais, a escolas, a amenidades verdes, ao trabalho, a centro de compras e a rodovias.

Os hospitais são importantes na modelagem hedônica porque sua presença pode aumentar a percepção de qualidade de vida da comunidade. A disponibilidade de serviços de saúde de qualidade pode ser um fator decisivo para muitas pessoas ao escolher um lugar para morar. Liu et al. (2022) e Cui et al. (2018) indicaram uma relação negativa entre o preço de locação de um imóvel com a distância do hospital mais próximo.

Islam et al. (2020) destacaram que um aumento de 1km na distância de casa para hospitais reduzem significativamente o aluguel em 17%. Tomal (2020) completa que quanto menor a distância para escolas e universidades, maior o preço do aluguel no mercado analisado. Zhang et al. (2020) indicam que a presença de amenidades hospitalares próximos à residência impacta positivamente no preço de compra e de aluguel do imóvel. Em contrapartida, Qiao, Yeh e Zhang (2021) ao trabalharem com o número de hospitais em um raio de 1000m e 1500m encontraram uma relação negativa, ou seja, quanto mais hospitais dentro desse raio, menor é o preço do aluguel do imóvel. Ele argumenta que, a presença de hospitais proporciona externalidades negativas, como poluição sonora, congestionamento durante os horários de pico, condições insalubres e risco para saúde.

De e Vupru (2021) e Tomal (2020) analisaram o efeito da proximidade de supermercados às residências sobre os preços de venda e de aluguéis, respectivamente. De e Vupru (2021) indicaram uma relação negativa, ou seja, quanto menor a distância até o supermercado maior será o preço imóvel. Por outro lado, Tomal (2020) encontrou uma relação positiva, contrariando o senso comum, de que a relação deveria ser negativa. Ele entende que os supermercados podem gerar externalidade negativas, como poluição sonora, que podem influenciar negativamente no preço do aluguel.

Diante dessa situação, Trojanek (2023) aponta que a presença de poluição sonora ambiental desempenha um papel significativo na deterioração da qualidade de vida em

ambientes urbanos. Em sua pesquisa, na qual investigou os efeitos de proximidade do ruído de várias fontes, observou-se que todas as variáveis relacionadas ao ruído tiveram um impacto negativo sobre os preços dos imóveis em Poznan. No entanto, o autor ressalta que a magnitude desse impacto varia de acordo com a natureza específica de cada fonte de ruído. Assim, com base na literatura, esperamos que os resultados sejam alinhados com a segunda hipótese deste trabalho:

**Hipótese 2a.** Os atributos locais, nomeadamente o número de hospitais e ponto de ônibus, influenciam positivamente o preço dos aluguéis.

**Hipótese 2b.** Os atributos locais, nomeadamente a distância ao supermercado e ao shopping, influenciam negativamente o preço dos aluguéis.

### 2.3. Qualidades da Vizinhança

Na modelagem hedônica, a qualidade da vizinhança pode ser avaliada por meio de vários enfoques, como aspectos de infraestrutura urbana e socioeconômicos (Gocer et al., 2023). A importância desse quesito se dá pois os moradores levam em consideração não apenas as características do imóvel, mas também o ambiente onde ele está inserido (Li et al., 2023). Assim, uma vizinhança com bons atributos de qualidade tende a valorizar o imóvel e por conseguinte, aumentar a demanda por ele, que por sua vez pode aumentar seu preço de mercado. Além disso, a qualidade da vizinhança pode ser um fator de diferenciação entre imóveis similares, pois dois imóveis com características semelhantes, mas com vizinhanças distintas, tendem a ter preços diferentes (Heyman e Sommervoll, 2019).

O impacto de alagamentos na qualidade da vizinhança pode ser significativo, visto que a presença de alagamentos pode ser percebida como um risco em potencial para os consumidores. Bin, Kruse e Landry (2008) ao analisarem casas em áreas costeiras, indicaram que o preço de um imóvel localizado em uma área de inundação era significativamente menor do que um imóvel semelhante em uma outra região. Eles constataram uma redução de 7,3% no preço de vendas da residência. Durante uma investigação sobre inundações passivas induzidas pelo aumento do nível do mar em comunidades costeiras, Tarui et al. (2023) descobriram um desconto de preço de 9 a 14% associado a transações de imóveis residenciais.

Daniel, Florax e Rietveld (2009) ao analisarem 19 estudos disponíveis nos Estados Unidos, a partir de uma meta-análise multivariada, mostraram que o efeito marginal de um aumento na probabilidade de risco de inundação de 0,01% em um ano equivale a uma redução no preço de transação de uma casa em 0,6%. Beltran, Maddison e Elliott (2018) levaram em consideração o efeito da ocorrência de um alagamento em imóveis com o tempo de retorno de

100 e 500 anos. Casas onde estão localizadas em áreas de alagamentos com o tempo de retorno de 100 anos, tem uma redução no seu preço em 2,9% e logo após ocorrer o alagamento esse preço aumenta para 6,9%. Nas regiões onde o tempo de retorno é de 500 anos, existe uma valorização das residências em 0,3%, mas ao ocorrer um alagamento esse preço tende a ser reduzido em 5,2%. Os autores defendem que inundações recentes fazem com que os proprietários alterem suas percepções de risco de inundações.

Atreya e Ferreira (2015) completam que quando os impactos das inundações são visualizados, as probabilidades subjetivas de risco são altas, mas à medida que os efeitos das inundações desaparecem com o tempo as probabilidades subjetivas diminuem e eventualmente desaparecem. Em linha com esses estudos, Livy (2023) aponta que a desvalorização tende a se dissipar com o tempo. O autor acrescenta que essa desvalorização financeira ocorre logo após eventos de inundação não destrutivos, ressaltando que os moradores não levam em conta os riscos de inundação quando os níveis dos rios estão dentro dos limites normais. No estudo realizado por Häse e Hirte (2023), destaca-se que a desvalorização não ocorre devido à divulgação prévia do risco, mas sim imediatamente após a ocorrência do evento.

Zhang (2016) utilizou regressão quantílica para investigar como as áreas de alagamento influenciam no preço de aquisição através da distribuição condicional dos preços das casas. O autor encontrou um impacto negativo em casas situadas em áreas de alagamento e esse impacto é mais forte em casas com preço mais baixos. A partir do contexto abordado nessa seção, bem como com a realidade da área de estudo abordada nesta pesquisa, a terceira hipótese deste trabalho é apresentada:

**Hipótese 3.** A presença do imóvel em uma área de alta suscetibilidade a alagamentos influencia negativamente o preço do aluguel.

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

#### **3.1. Área de Estudo**

Este estudo foi conduzido na cidade de Belém, mais precisamente na sua área continental, que representa 35% de seu território. É a capital do Estado do Pará, sendo o município mais populoso do Estado homônimo, o segundo da região Norte e o décimo-primeiro do Brasil. Na região Amazônica, sua região metropolitana é a segunda mais populosa.

Diversos fatores exercem impacto significativo na dinâmica do mercado imobiliário em Belém, especialmente no que diz respeito às restrições de uso do solo. Aspectos geográficos, geotécnicos, históricos e urbanísticos da cidade desempenham papéis distintos na configuração

do uso do solo, frequentemente restringindo sua disponibilidade e resultando em aumentos substanciais nos preços.

A configuração geográfica peculiar de Belém, assemelhando-se a uma península, contribui para a escassez de terras. O mercado local da construção civil experimenta um importante crescimento e demanda cada vez mais terrenos. Essa escassez contribui diretamente para a valorização dos preços dos terrenos.

Outro aspecto relevante a ser considerado é a altitude da porção continental de Belém, que se encontra em áreas com cotas inferiores ou iguais a 4 metros, caracterizadas como "baixadas". Essas áreas, influenciadas pelas bacias hidrográficas presentes no município, enfrentam a condição de ocupar terrenos alagados de forma permanente ou sujeitos a inundações periódicas (Santos e Rocha, 2014).

Uma outra particularidade importante em Belém reside na presença de solos de perfil litológico sedimentar, onde há o domínio de solos argilosos e siltosos na região (Vieira *et al.*, 2021). Essas características do solo impõem restrições significativas à atividade construtiva, demandando a implementação de medidas especiais de estabilização ou a utilização de fundações mais complexas. Esse cenário, por sua vez, acarreta um aumento nos custos do processo construtivo, tornando as áreas afetadas menos atrativas para o desenvolvimento imobiliário.

Belém também se destaca por abrigar uma concentração significativa de prédios históricos tombados. Essas estruturas, em geral, são objeto de diversos documentos internacionais e nacionais, destacando-se as cartas patrimoniais e as legislações urbanísticas voltadas para a preservação do patrimônio arquitetônico, artístico e cultural (Tourinho e Lima, 2015). Nesse contexto, Belém não foge à norma, sendo alvo de várias intervenções por parte das esferas governamentais. No entanto, é importante notar que as políticas implementadas não têm como prioridade o uso habitacional dessas áreas (Albuquerque e Ramos, 2021), mas sim a requalificação do centro histórico para fins de entretenimento cultural e lazer em geral (Trindade Júnior, 2018). Essa abordagem impacta, de certa forma, na limitação da disponibilidade de terrenos e imóveis para o mercado residencial de locação, resultando em escassez e, conseqüentemente, elevação nos preços (Jun e Kim, 2017).

Por fim, a designação específica das áreas costeiras de Belém para atividades portuárias intensifica as restrições na disponibilidade de terrenos destinados à construção de edifícios residenciais. Ao longo de séculos, o crescimento da cidade foi direcionado ao longo das margens do rio Guamá e da baía do Guajará. Esse desenvolvimento favoreceu a ocupação intensa da orla fluvial, predominantemente para atividades portuárias, visando facilitar o fluxo

eficiente de mercadorias e pessoas (Santos, 2016). Essa destinação não apenas limita a extensão territorial disponível, mas também gera uma competição direta pelo espaço, resultando em uma oferta restrita para o desenvolvimento residencial.

Além dos pontos mencionados anteriormente, a justificativa para examinar a cidade de Belém é ainda mais ressaltada por suas perspectivas futuras no mercado de aluguel. Apesar de a taxa atual de aluguel de imóveis ser de apenas 17%, conforme destacado na introdução do artigo, a cidade tem potencial de crescimento. Esse potencial está intimamente ligado à crescente importância ambiental e política da região amazônica em escala global. A cidade está preparada para sediar a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP-30) em 2025, um evento que espera atrair aproximadamente 50 mil participantes (Ebc, 2023). Dada a crescente preocupação com o meio ambiente e, consequentemente, a crescente importância política da região, prevê-se que esses eventos ambientais se tornarão mais recorrentes no futuro.

Assim, considerando a infraestrutura hoteleira insuficiente para acomodar essa demanda, torna-se pertinente que estudos científicos explorem o potencial dos imóveis disponíveis para aluguel, considerando seus atributos estruturais e de localização, mesmo para estadias de curto prazo. Essas características exercem um impacto significativo na dinâmica do solo em Belém, resultando em construções mais dispendiosas. Diante desse cenário, o setor do mercado imobiliário se vê compelido a desenvolver projetos mais alinhados com as complexidades do mercado local, buscando maximizar o potencial de retorno. Dentro dessa perspectiva, a aplicação do modelo de preço hedônico na cidade de Belém surge como uma ferramenta útil para identificar com precisão os determinantes adicionais que afetam os preços de aluguel de imóveis.

### **3.2.Base de Dados**

Neste estudo foram analisados os preços de aluguel de apartamentos de edifícios residenciais presentes na região continental de Belém do Pará, em função de variáveis estruturais, locacionais e de qualidade de vizinhança. A base de dados inicial foi montada por meio de dados coletados no site VIVAREAL, em 17/02/2023, a partir da técnica de *web scraping*. Como resultado, a base de dados inicial apresentava 1043 observações, correspondentes aos anúncios de aluguel, consistindo das variáveis ALUG (preço de aluguel em R\$), AREA (área total em metros quadrados), SUITE (número de suítes), BANH (número de banheiros), GARG (número de vagas de garagem) e ENDR (informação completa da localização).

De forma a ajustar a base de dados ao escopo da pesquisa, as observações que apresentavam dados com valores ausentes ou registros discrepantes, bem como aqueles referentes a anúncios localizados fora da região continental do município, foram excluídas. A aplicação de ambas essas filtragens, resultou em uma base de dados com 424 anúncios de aluguel. Adicionalmente, a partir da variável ENDR, foi empregado um serviço de georreferenciamento para computar as coordenadas geográficas de cada apartamento e incorporar as variáveis LATITUDE e LONGITUDE à base de dados.

Para evitar problemas de especificação na modelagem espacial, os apartamentos que apresentavam as mesmas coordenadas geográficas – ou seja, localizavam-se no mesmo edifício – foram identificados. Para esses apartamentos, a mediana das variáveis relacionadas às suas características estruturais, bem como preço de aluguel, foi considerada como o preço representativo. Esse processo resultou na base de dados final deste estudo, composta por 259 observações, correspondentes aos anúncios de aluguel dos apartamentos tipo representativos de cada edificação.

Além disso, foram incorporadas à base de dados algumas variáveis relacionadas à localização dos apartamentos, com o intuito de analisar as influências das características locais sobre a variação dos preços de aluguel. Para realizar essa análise, foram mapeadas amenidades de serviço e lazer na região continental de Belém, através do acesso ao site *Google Maps*. Dessa forma, foram obtidas as coordenadas geográficas de 1625 paradas de ônibus, 160 hospitais, 79 supermercados e 5 shopping centers.

A partir da fórmula de Haversine, a qual mede a distância angular entre dois pontos na Terra (ou seja, ao longo de um grande círculo), as distâncias entre os apartamentos e essas amenidades foram calculadas. Para as paradas de ônibus e hospitais, foram computadas as variáveis ONIB\_500 e HOSP\_500, as quais representam as quantidades de cada um desses elementos em um raio de 500 metros dos apartamentos (equivalente a 20 minutos de caminhada). Para os supermercados e shoppings, foram registradas as distâncias para a instalação mais próxima de cada apartamento – DIST\_SUPER e DIST\_SHOP.

De forma complementar, cada apartamento foi associado à sua unidade de desenvolvimento humano (UDH) para computar as variáveis relacionadas a qualidade da vizinhança onde estão inseridos. As UDHs, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, são divisões da malha urbana do município que apresentam condições socioeconômicas e de infraestrutura similares (PNUD, 2013). Portanto, os limites das UDHs não necessariamente coincidem com as divisões dos bairros, podendo abranger múltiplos bairros, ou um único bairro conter mais de uma UDH.

Assim, a influência socioeconômica foi incorporada através da inclusão das variáveis RPC (renda per capita em R\$/hab) e PEA (quantidade de pessoas com emprego formal). Adicionalmente, a influência da infraestrutura foi quantificada pela variável INFRA, a qual é definida como a média aritmética de quatro indicadores: (1) a porcentagem de residências atendidas por abastecimento público de água; (2) a porcentagem de residências atendidas por fornecimento de energia elétrica; (3) a porcentagem de residências atendidas por sistema de distribuição de esgoto adequado; e (4) a porcentagem de residências atendidas por serviços de coleta e descarte de lixo.

Por fim, através dos dados disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), a susceptibilidade de alagamento da localização de cada apartamento foi considerada. Esse dado foi computado a partir da variável categórica ALAG, a qual apresenta 4 classes: (0) sem susceptibilidade; (1) susceptibilidade baixa; (2) susceptibilidade média; e (3) susceptibilidade alta. A Quadro 1 demonstra todas as variáveis utilizadas neste estudo.

### 3.3. Modelos Estatísticos

Grande parte dos estudos relacionados à avaliação das características responsáveis por variações na precificação das habitações são baseados na regressão hedônica (Cordera et al., 2019). Esse método é definido a partir de uma das abordagens mais fundamentais da estatística, o modelo de regressão linear Ordinary Least Squares (OLS) (Greene, 1999), apresentado na Equação 1:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

onde  $y$  representa o vetor da variável dependente,  $X$  representa a matriz das variáveis independentes,  $\beta$  é o vetor contendo os coeficientes da regressão pertencentes a cada variável independente, e  $\varepsilon$  é o vetor dos termos de erro.

Através dessa técnica, este estudo é capaz de avaliar a influência de diversas características – estruturais, locacionais e qualidade de vizinhança – na variação dos preços de aluguel dos apartamentos residenciais em Belém do Pará. Para tal, utilizou-se a especificação logarítmica natural desses preços (LN\_ALUG) como variável dependente deste estudo. Quanto às variáveis independentes, foram realizadas transformações logarítmicas naturais para as variáveis contínuas – área do apartamento e distâncias para amenidades urbanas – de forma a melhorar a distribuição dos dados (Lu et al., 2021).

Quadro 1. Definição das variáveis

Variável	Definição	Unidade	Categoria
ALUG	Valor mensal pago para a locação do apartamento.	R\$/mês	---
AREA	Área do apartamento.	m <sup>2</sup>	Estrutural
SUITE	Quantidade de suítes no apartamento.	un.	Estrutural
BANH	Quantidade de banheiros no apartamento.	un.	Estrutural
GARG	Quantidade de vagas de garagem.	un.	Estrutural
ONIB_500	Quantidade de pontos de ônibus dentro de um raio de 500 m.	un.	Locacional
HOSP_500	Quantidade de unidades hospitalares dentro de um raio de 500 m.	un.	Locacional
DIST_SUPER	Distância para um supermercado mais próximo.	m	Locacional
DIST_SHOP	Distância para um shopping mais próximo.	m	Locacional
RPC	Renda per capita, na UDH onde o apartamento está situado	R\$/hab	Qualidade de Vizinhaça
PEA	Número de pessoas com emprego formal, na UDH onde o apartamento está situado	un.	Qualidade de Vizinhaça
INFRA	Cobertura de infraestrutura, na UDH onde o apartamento está situado	%	Qualidade de Vizinhaça
ALAG	Suscetibilidade a inundações na área onde o apartamento está situado (Níveis: 0, 1, 2 e 3)	un.	Qualidade de Vizinhaça

Fonte: Elaborado pelo autor.

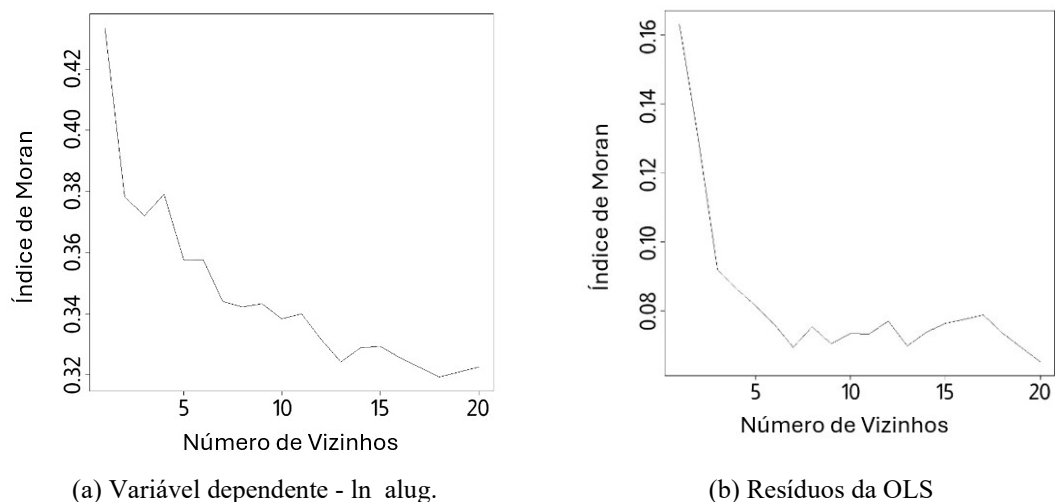
Destaca-se que, tal procedimento resultou em associações mais expressivas entre a variável dependente as variáveis independentes transformadas, quando comparadas com a relação original apresentada pela correlação de Pearson. Adicionalmente, de forma a abordar a heterocedasticidade presente no modelo OLS, a técnica dos erros padrões robustos foi aplicada (White, 1980).

Para avaliar a presença de autocorrelação espacial nos dados, foi utilizado o índice de Moran (Moran, 1948). O valor do índice de Moran varia de -1 a 1, onde o valor positivo/negativo sugere a autocorrelação espacial positiva/negativa ou a presença de agrupamentos em uma área observada. Assim, a análise do índice de Moran determina se o preço do aluguel de um apartamento na amostra é influenciado pela proximidade dos apartamentos vizinhos, impactando positiva ou negativamente em sua variação. A matriz de

vizinhança associada ao índice de Moran foi computada a partir da abordagem dos k-vizinhos mais próximos (Bivand, Pebesma e Gómez-Rubio, 2013).

O valor ótimo de k foi determinado a partir do teste dos Multiplicadores de Lagrange (LM) aplicado na variável dependente LN\_ALUG, bem como nos resíduos do modelo OLS. Em ambos os casos o valor inicial de k foi definido como 2 e aumentado em 1 durante cada etapa subsequente. O processo de seleção terminou quando o valor do teste LM tornou-se insignificante, tendo sido  $k = 4$  o número otimizado de vizinhos – ou seja ponto máximo do índice de Moran para a variável dependente do modelo após sua estabilização (LN\_ALUG Moran's I = 0.379; p-value < 0.001 | OLS residual Moran's I = 0.0937; p-value < 0.001). Deste modo, a presença de autocorrelação espacial foi investigada com a determinação de 4 vizinhos para cada apartamento focal, conforme as Figuras 1a e 1b.

Figura 1. Teste LM.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto do mercado imobiliário, a autocorrelação espacial pode ocorrer por diversos fatores – efeitos de difusão dos preços de mercado para apartamentos em áreas próximas (dependência espacial), a omissão na função hedônica de variáveis relevantes com caráter espacial, ou a existência de mercados imobiliários distintos (heterogeneidade espacial). Assim, para levar em consideração esses efeitos, é necessário utilizar modelos econométricos espaciais (Qu et al., 2020).

Dentre os modelos espaciais utilizados neste estudo, encontram-se os modelos clássicos de autorregressão espacial (SAR) e a GWR. O modelo SAR assume duas formas gerais: o modelo de atraso espacial (SLM) e o modelo de erro espacial (SEM) (Yang et al., 2020). O modelo de atraso espacial assume que a variável dependente é afetada não apenas pelas variáveis independentes, mas também pelos valores da variável dependente em observações próximas.

Portanto, essa abordagem reconhece que o contexto do ambiente imobiliário desempenha um papel significativo na determinação do preço de aluguel de uma propriedade específica. Para tal, no SLM um componente espacialmente atrasado – representando a média ponderada espacial em torno da variável dependente – é adicionado à regressão (Anselin, 2002). A especificação do modelo de atraso espacial é dada pela Equação 2:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

onde  $\rho$  é o parâmetro de atraso espacial e  $W$  é a matriz de pesos espaciais que define a vizinhança de cada observação

Em contrapartida, o SEM assume que a autocorrelação espacial é devida a efeitos não modelados, fatores não medidos ou outros erros de especificação. Assim, a dependência espacial, bem como sua interação, é tratada como perturbações no termo de erro, em vez de serem incorporadas como um componente espacialmente atrasado na equação (Anselin, 2002). A Equação 3 demonstra a especificação do SEM:

$$y = X\beta + \mu \quad (3)$$

onde  $\mu = \lambda W\mu + \varepsilon$  é o vetor dos termos de erro espacialmente correlacionados,  $\lambda$  é o parâmetro de erro espacial e  $\varepsilon$  é o vetor dos termos de erro independentes.

A determinação da especificação mais adequada para a modelagem espacial também foi guiada pelo teste LM, bem como reforçada pelo método dos Multiplicadores de Lagrange Robustos (RLM). A escolha da melhor especificação ocorreu com base na força da rejeição da hipótese nula do teste, que postula que o coeficiente de regressão do modelo especificado é estatisticamente igual a zero (Anselin, 1988). Dessa forma, o modelo espacial escolhido para ser utilizado neste estudo foi o SLM (p-value < 0.05), por ter sido o único a rejeitar a hipótese nula do teste LM.

Vale ressaltar que os estimadores do modelo de atraso espacial, ao contrário dos encontrados na OLS, não são diretamente interpretáveis. No modelo de atraso espacial (SLM), a presença de efeitos de retroalimentação provenientes das defasagens na variável dependente provoca mudanças nas observações vizinhas. Portanto, os parâmetros estimados pela SLM devem ser vistos como representações de um estado de equilíbrio no processo de modelagem, incorporando os efeitos de difusão espacial (Ward e Gleditsch, 2008).

Nesse cenário, os efeitos de cada variável assumem a forma de uma matriz. Isso significa que para entender completamente o impacto de cada variável, precisamos considerar não apenas seus efeitos diretos, mas também como esses efeitos se espalham e interagem nas áreas circunvizinhas (Hui e Liang, 2016). Para tal, Lesage e Pace (2009) recomendam a utilização de

indicadores de escalonamento para a interpretação dos estimadores do modelo SLM. Esses indicadores incluem:

- efeito direto médio, representando os efeitos causados por observações de uma variável independente;
- efeito indireto médio, que quantifica o efeito de difusão entre observações devido a mudanças em uma variável independente;
- e o efeito total médio, que engloba o efeito total, direto e indireto, recebido pela variável dependente.

Por fim, a GWR foi utilizada para lidar com a heterogeneidade espacial presente nos dados. A Equação 4 demonstra a especificação geral desse modelo:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_j \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i \quad (4)$$

onde  $(u_i, v_i)$  indica que os parâmetros da regressão pertencem a uma localização espacial específica. Este tipo de modelo é estimado de maneira semelhante à regressão linear, utilizando mínimos quadrados ponderados, com a peculiaridade de que os pesos são estabelecidos como uma função da distância entre o ponto de regressão local e os pontos de dados vizinhos (Cordera et al., 2019).

Os pesos atribuídos na análise GWR foram estabelecidos utilizando o modelo gaussiano com um kernel adaptativo (tri-cube), e a largura de banda do kernel foi determinada por meio da minimização do AIC (Bowman, 1984). A opção pelo kernel adaptativo tem como objetivo garantir que cada observação contenha um número equitativo de pontos de dados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da Amostra

A Tabela 1 exibe a descrição dos dados relativos às variáveis presentes no modelo estatístico OLS proposto neste artigo. Nos parágrafos seguintes, algumas variáveis foram escolhidas como destaque, entre nossos resultados.

Em Belém, os aluguéis dos apartamentos oferecidos variam de R\$ 1.000 a R\$ 16.500, com uma média estimada de R\$ 3.990. Além disso, a área total média dos apartamentos é de 119 m<sup>2</sup>, com unidades que variam de 38 m<sup>2</sup> a apartamentos espaçosos de até 810 m<sup>2</sup>.

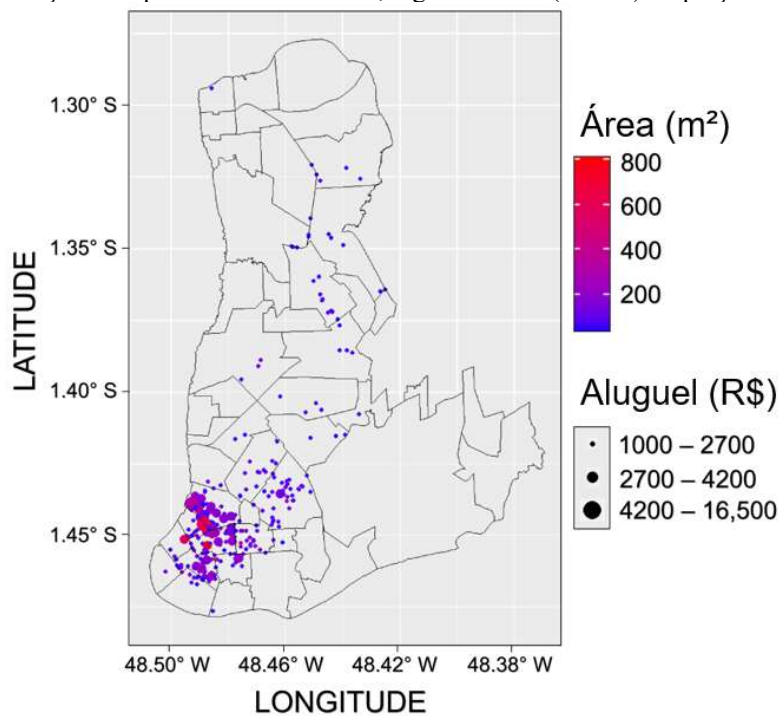
Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis do modelo

Variável	Média	Desvio Padrão	Min	Máx
alug	3990,467	2386,135	1000	16500
area	118,602	83,301	38,0	810,0
suite	1,606	1,201	0	7
banh	1,224	0,453	1	3
garg	1,440	0,736	0	4
dist_super	489,503	522,086	30,5	3997,6
dist_shop	1667,522	1224,655	57,0	9382,6
hosp_500	5,355	5,031	0	20
onib_500	15,741	4,844	1	28
pea	7824,645	5971,802	300	25572
infra	98,128	1,912	86,2	99,6
rpc	2582,248	1241,543	370,6	4342,0
alag	0,749	1,061	0	3

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 2 apresenta uma representação visual da distribuição geográfica dos apartamentos da amostra em relação aos custos de aluguel e suas áreas correspondentes. Predominantemente situados na região sul/sudoeste de Belém, 62% desses imóveis estão concentrados nos bairros de Umarizal, Marco, Batista Campos e Nazaré. Notadamente, a principal característica dessa variável é a heterogeneidade inerente, com uma gama diversificada de preços de aluguel e áreas totais variadas entre os apartamentos disponíveis.

Figura 2- Distribuição dos apartamentos ofertados, segundo a área (AREA) e o preço de aluguel (ALUG)



Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere às vagas de garagem, nota-se uma tendência à uniformidade. Aproximadamente 62,5% dos apartamentos possuem pelo menos uma vaga de garagem,

enquanto cerca de 91,2% da amostra tende a ter de uma a duas vagas de garagem (Tabela 2). Essa condição determinou a média de nossa amostra em 1.4 vagas.

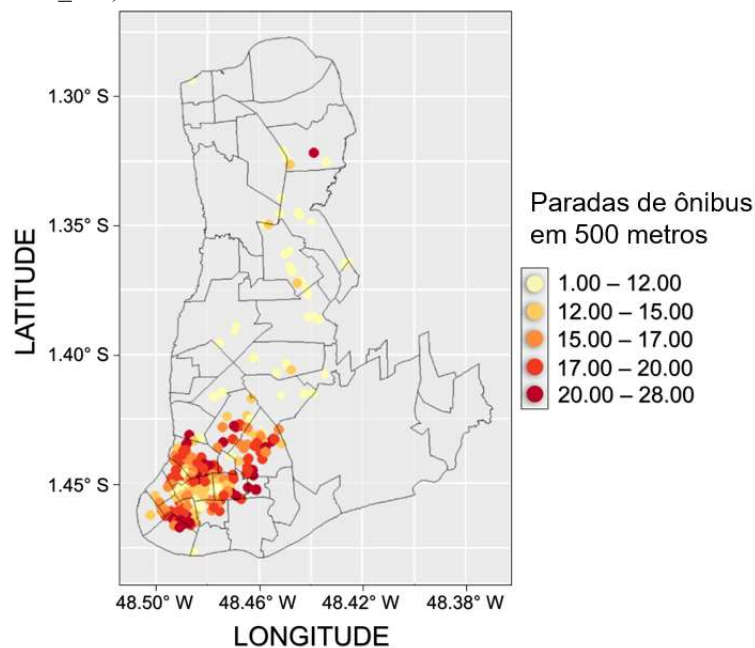
Tabela 2. Análise descritiva da variável garg

GARG	Frequência	% do Total	% acumulada
0	5	1,9 %	1,9 %
1	162	62,5 %	64,5 %
2	71	27,4 %	91,9 %
3	15	5,8 %	97,7 %
4	6	2,3 %	100,0 %

Fonte: Elaborado pelo autor

No contexto da mobilidade urbana, cada apartamento em foco apresenta uma média de pouco mais de 15 paradas de ônibus situadas dentro de um raio de 500 metros. Através da Figura 3, é evidente a robusta infraestrutura de mobilidade urbana na região Sul/Sudoeste de Belém. Nota-se que a maioria dos apartamentos nessa área excede a média de paradas de ônibus. A medida em que os apartamentos se afastam dessa região, em direção às áreas mais periféricas da cidade, a quantidade de paradas de ônibus tende a diminuir.

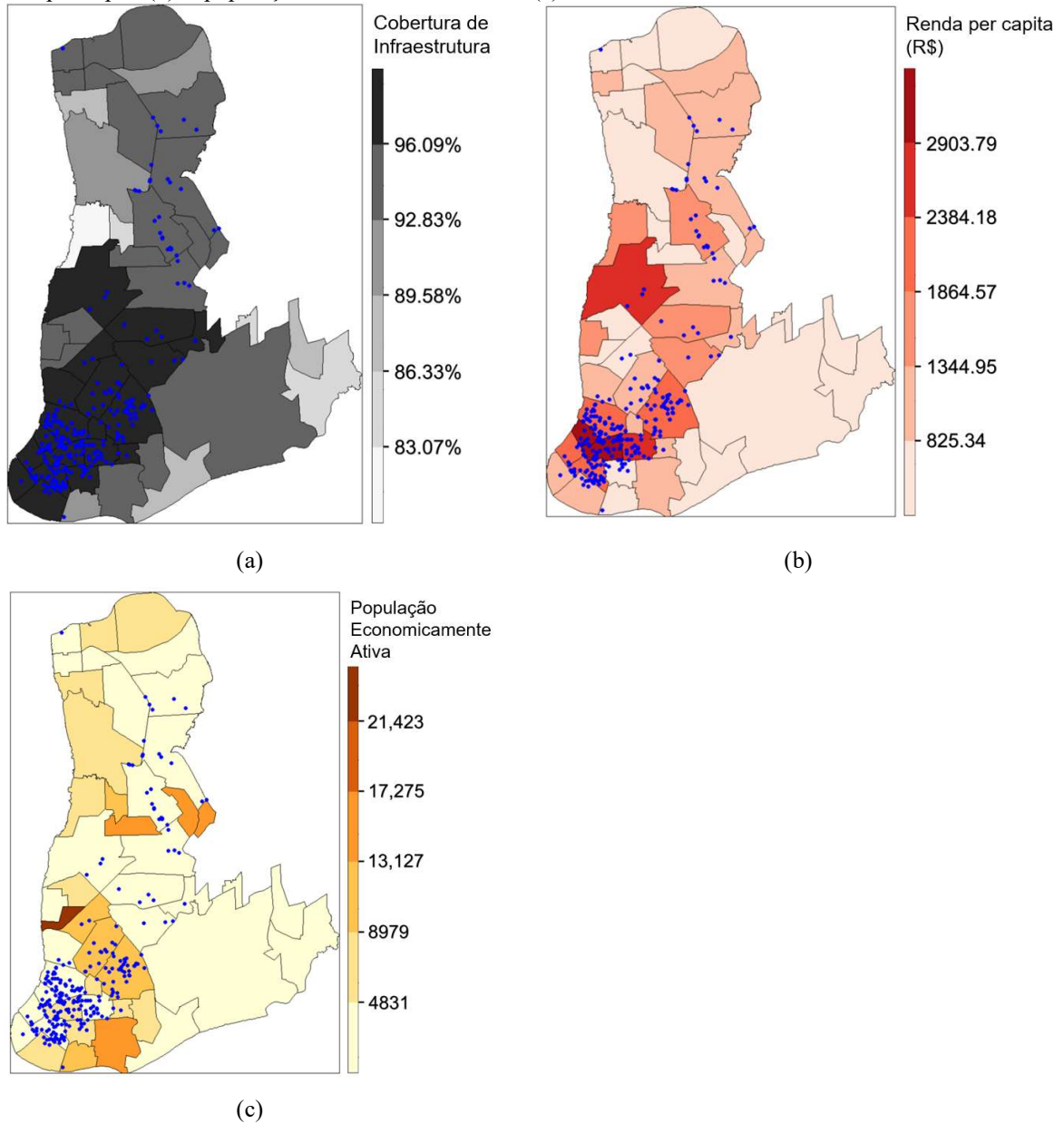
Figura 3 - Distribuição dos apartamentos ofertados, segundo o quantitativo de paradas de ônibus em um raio de 500 m (ONIB\_500).



Fonte: Elaborado pelo autor

As Figuras 4a, 4b e 4c ilustram a distribuição dos apartamentos, nos quais cada unidade habitacional recebeu atribuições específicas para o índice de cobertura da infraestrutura, renda per capita e população economicamente ativa, com base em sua Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH). Os apartamentos se encontram em áreas com índices de cobertura de infraestrutura entre 86,2% e 99,6%, conforme destacado na Figura 4a, predominantemente situados em regiões com significativa cobertura percentual.

Figura 4 - Distribuição dos apartamentos oferecidos, de acordo com o índice de cobertura de infraestrutura (a), renda per capita (b) e população economicamente ativa (c).



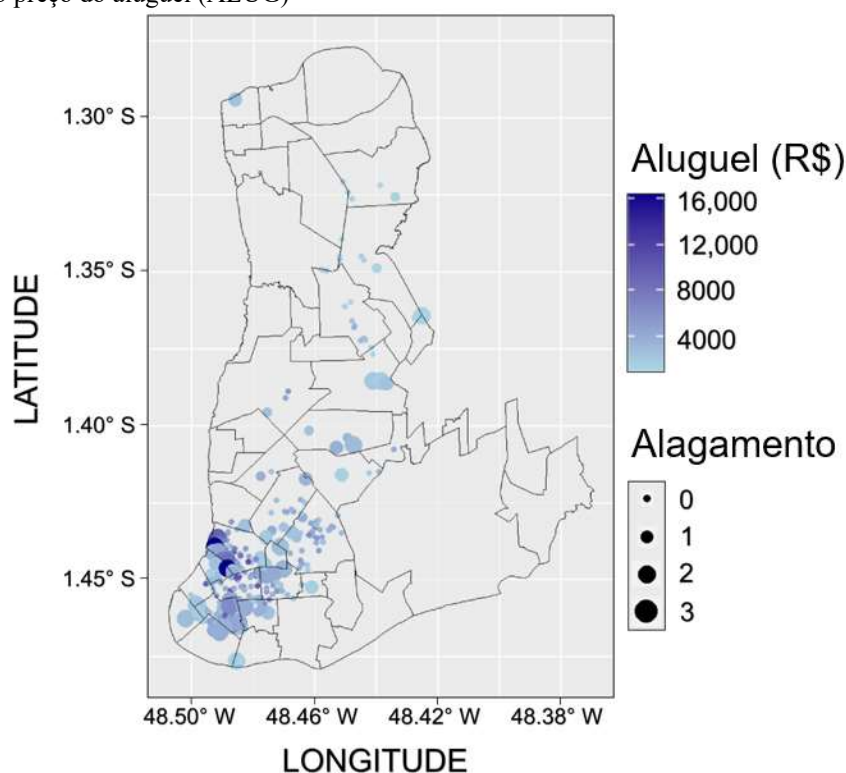
Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à renda per capita da população por UDH, esta oscila entre 370,20 R\$/hab e 4342,00 R\$/hab. Essa variação ampla é reflexo das disparidades econômicas substanciais presentes na cidade de Belém. A Figura 4b evidencia que os apartamentos disponíveis na região Sul/Sudoeste apresentam a maior renda per capita, sem exibir variações significativas, enquanto, à medida que nos afastamos dessa região, a renda tende a diminuir.

Em relação à população economicamente ativa, os apartamentos oferecidos estão localizados em UDHs que abrigam entre 300 e 25.572 habitantes trabalhando formalmente. A Figura 4c esclarece que uma parcela significativa dos apartamentos está concentrada em regiões com uma alta concentração de população economicamente ativa.

No que diz respeito às áreas alagadas, a Figura 5 ilustra a distribuição geográfica dos apartamentos disponíveis nesta amostra em relação ao custo do aluguel e à categoria de alagamento. É possível observar que há apartamentos disponíveis com preços de aluguel elevados em regiões suscetíveis a alagamentos e que uma parcela significativa da amostra, composta por 158 unidades, encontra-se em áreas não propensas a alagamentos. Por outro lado, os apartamentos ofertados em zonas suscetíveis a alagamentos apresentam os maiores preços médios de aluguel, chegando próximo a R\$ 5000 e podendo atingir até R\$ 16.500, conforme detalhado na Tabela 3.

Figura 5 - Distribuição dos apartamentos ofertados, segundo o índice de suscetibilidade a alagamento (ALAG) e o preço do aluguel (ALUG)



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3. Análise descritiva da variável ALUG em função da variável ALAG

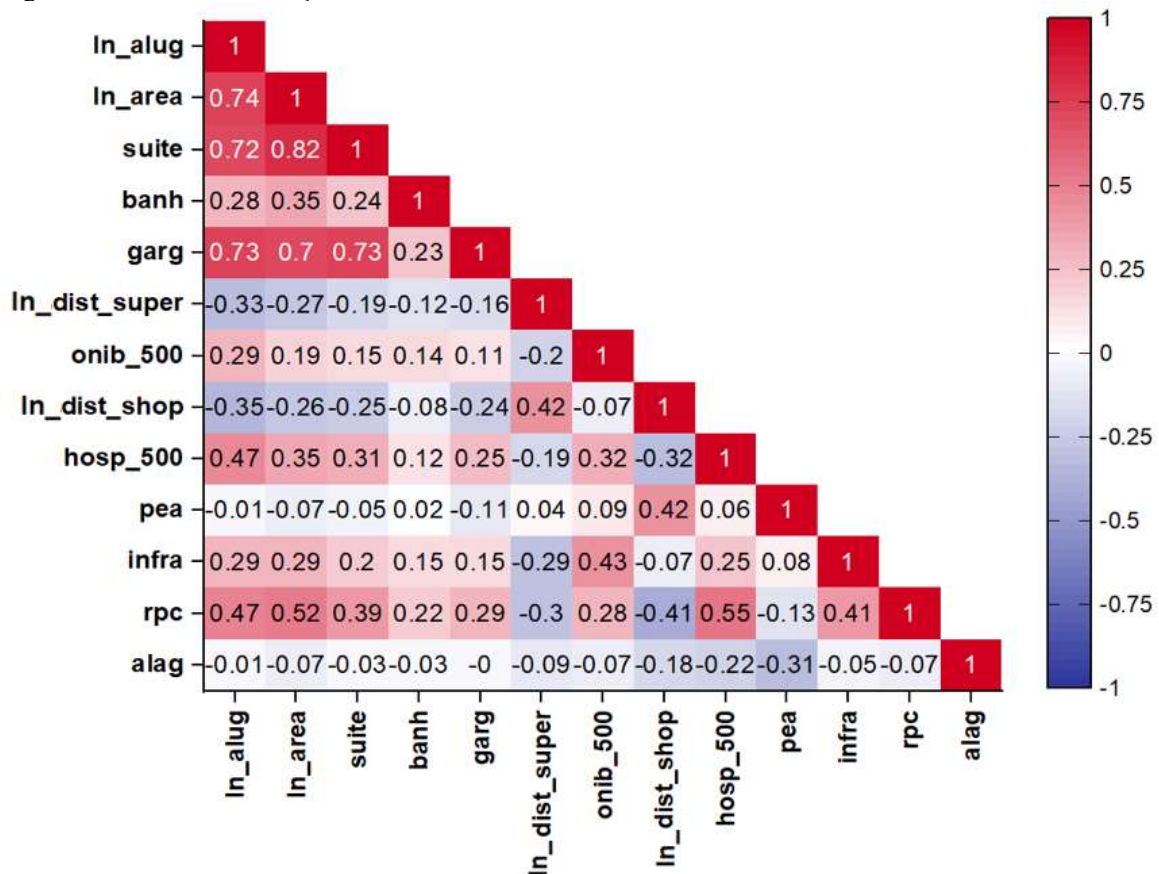
	ALAG	N	Média	Desvio Padrão	Min	Máx
ALUG	0	158	4118	2355	1000	12000
	1	36	3362	1301	1300	6500
	2	37	3341	1509	1100	8500
	3	28	4937	3848	1300	16500

Fonte: Elaborado pelo autor

Vale destacar que em Belém há uma tendência de prédios de alto padrão serem localizados em áreas propensas a alagamentos, uma característica captada por esta amostra. Essa tendência destaca a complexidade do mercado imobiliário local, onde a valorização de determinadas propriedades parece transcender considerações convencionais de risco, sugerindo que a exclusividade e prestígio muitas vezes superam as limitações geográficas.

Ao analisar a matriz de correlação, os resultados destacam diferentes padrões de correlação entre os atributos estruturais, locacionais e de qualidade de vizinhança e o logaritmo do preço do aluguel ( $\ln\_alug$ ) (ver Figura 6). Por outro lado, as correlações entre as variáveis independentes, em sua maioria, indicam padrões associativos fracos, sugerindo que a multicolinearidade não é um problema presente nos modelos estatísticos deste artigo.

Figura 6 – Matriz de correlação



Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2.OLS

A Tabela 4 exibe os resultados da regressão OLS, os quais serão interpretados e discutidos nas subseções subsequentes. A priori, os resultados da análise dos coeficientes da regressão hedônica indicam que a maioria das variáveis é estatisticamente significativa, evidenciando relações importantes entre os atributos estruturais, locacionais, de qualidade de vizinhança dos apartamentos e o preço do aluguel. Notavelmente, o número de banheiros, a infraestrutura, a renda per capita e dois dos três níveis da variável de alagamento não demonstraram significância estatística.

O coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado), apresenta um valor de 71,2%, sinalizando que aproximadamente 71,2% da variabilidade do preço do aluguel é explicada pelas variáveis incluídas no modelo. Os sinais dos coeficientes observados são consistentes com as expectativas teóricas, exceto para a variável de alagamento, apontando para uma coerência geral nas relações estimadas.

Tabela 4. Modelo de regressão OLS – ln\_alug (dependente)

Variáveis	Estimativas	Erro Padrão
(Intercept)	6,30951***	1,12594
ln_area	0,20255**	0,07127
suite	0,07990**	0,02874
banh	0,03343	0,04244
garg	0,26220***	0,03752
ln_dist_super	-0,04732#	0,02678
ln_dist_shop	-0,06663*	0,03035
hosp_500	0,01683***	0,00472
onib_500	0,01050*	0,00426
pea	8,01e-6*	3,58e-6
infra	0,00765	0,01145
rpc	9,31e-6	2,09e-5
alag:		
1 – 0	-0,02143	0,05705
2 – 0	0,00404	0,05619
3 – 0	0,14517*	0,06248

Adjusted R-squared: 0,7124; Max. VIF: 4,2184; AIC: 105,2613 Breusch-Pagan Test: 25,583\*; White Test: 8,02\*

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: “#” p-value < 0,10; “\*” p-value < 0,05; “\*\*\*” p-value < 0,01; “\*\*\*\*” p-value < 0,001

### 4.2.1. Atributos Estruturais

Ao analisar os atributos estruturais, destaca-se a influência significativa da área do imóvel no preço do aluguel. De acordo com a pesquisa de De e Vupru (2021), residências com áreas mais amplas geralmente apresentam preços de aluguel mais elevados, corroborando os achados deste estudo. Este modelo específico sustenta a observação do autor mencionado, demonstrando que um aumento de 1% na área do imóvel resulta em um acréscimo de 0,20%

no preço do aluguel. Outros pesquisadores, como Shen, Xu e Lin (2018), Leung e Yiu (2019) e Abdelhalim, Dube e Devaux (2021), também obtiveram resultados semelhantes, destacando o efeito positivo da área na determinação dos preços de aluguel.

A análise de regressão revelou que a presença de suítes, compreendendo quartos conjugados com banheiro, obteve significância estatística no contexto analisado, ao contrário do banheiro isoladamente. Este achado está em concordância com investigações anteriores, notadamente o estudo conduzido por Sirmans, Macpherson e Zietz (2005). Nessa análise abrangente de 37 estudos, em que os pesquisadores examinaram as vinte características mais frequentemente em estudos de modelos de precificação hedônica, observou-se que a variável "banheiro" apresentou um coeficiente negativo em apenas um estudo. Em contrapartida, dentre esses estudos 31 revelaram coeficientes positivos para essa variável. Apenas em cinco casos não se alcançou significância estatística.

Sirmans, Macpherson e Zietz (2005) concluem que características internas, como banheiros, frequentemente exibem coeficientes positivos, mesmo que ocasionalmente não atinjam significância estatística. Dessa forma, a presença de suítes em apartamentos em Belém emerge como uma comodidade relevante em contraste à presença isolada de banheiros, evidenciando sua influência estatisticamente significativa na valorização dos preços de aluguel.

Dentre as variáveis estruturais examinadas, a presença de uma vaga de garagem emergiu como o fator de maior impacto no modelo de precificação. A adição de uma vaga de garagem influencia positivamente, resultando em um aumento significativo de 26,2% no preço do aluguel. Este resultado contrasta com a tendência observada na literatura vigente. Embora seja comum encontrar coeficientes positivos e significativos para essa variável, como destacado por Sohn *et al.* (2020), a magnitude do impacto identificado neste estudo é um aspecto particular de Belém.

Em Belém, a valorização das vagas de garagem, aparentemente, resulta de uma intrincada interação entre fatores urbanos e climáticos. A elevada pluviosidade na região, conjugada à escassez de estacionamentos públicos, configura um desafiador cenário para o estacionamento em vias públicas. Os quarteirões extensos, pontuados por diversas residências com garagens, inviabilizam o estacionamento nas ruas, intensificando a demanda por vagas privativas. Dessa maneira, a vaga de garagem emerge como um atributo essencial na valoração dos imóveis. Sua escassez, somada às condições climáticas adversas e às limitações na oferta de estacionamento público, concorrem para o aumento dos preços de aluguel.

Assim, ao longo dos atributos estruturais, a Hipótese 1 apresentada nesta pesquisa, que postula uma influência positiva dos atributos estruturais sobre o preço dos aluguéis, foi

parcialmente confirmada. Os resultados indicam que LN\_AREA ( $t = 2,8421$ ;  $p < 0,01$ ), SUITE ( $t = 2,7798$ ;  $p < 0,01$ ) e GARG ( $t = 6,9887$ ;  $p < 0,001$ ) exercem uma influência positiva e significativa sobre os preços de aluguéis. Por outro lado, BANH ( $t = 0,7878$ ;  $p = 0,432$ ) não revelou significância no modelo.

#### 4.2.2. Atributos Locacionais

Ao examinar os atributos locacionais, observa-se que a distância em relação a comodidades como supermercados e shopping centers exerce influência na valorização do preço do aluguel. A proximidade a essas amenidades está diretamente associada a um aumento nos custos de locação, refletindo a valorização atribuída à conveniência proporcionada por sua proximidade.

No caso dos supermercados, um aumento de 1% na distância está associado a uma redução de 0,04% no preço do aluguel, enquanto, para os shoppings, a diminuição é de 0,06%. Estudos anteriores, como o de De e Vupru (2021), observaram o impacto negativo do aumento da distância entre o supermercado e o apartamento focal. Em relação aos shoppings, os resultados da presente pesquisa corroboram com as descobertas de Kam *et al.* (2016), os quais indicam que propriedades em proximidade reduzida a centros comerciais tendem a apresentar preços mais elevados, demonstrando que a conveniência conduz à valorização das propriedades circundantes.

No modelo analisado, também se destaca a consideração dos serviços de saúde. Na regressão hedônica, a inclusão de um hospital em um raio de 500 m do apartamento demonstra impacto positivo, ainda que moderado, refletindo em um aumento de 1,6% no preço do aluguel. Cui *et al.* (2018) e Zhang *et al.* (2020) evidenciaram o impacto positivo dos hospitais nos preços de aluguel, alinhando-se aos resultados encontrados nesta investigação.

Outro fator relevante que incide sobre o preço do aluguel e é incorporado ao modelo é a quantidade de paradas de ônibus em um raio de 500 metros. A adição de uma parada de ônibus, de acordo com os resultados da regressão, está associada a um aumento de 1% no preço do aluguel. Este achado está alinhado com os estudos de Shen, Xu e Lin (2018) e de Liu *et al.* (2022). Ao investigar a densidade de pontos de ônibus em um raio de 900 m, Liu *et al.* (2022) também constataram aumento nos preços de aluguel conforme a quantidade de pontos de ônibus aumentava. Além disso, as conclusões de Tomal (2020) destacam que os inquilinos demonstram disposição para pagar aluguéis mais elevados em troca da conveniência de estar nas proximidades de transporte público.

Este estudo é conduzido considerando dois aspectos preponderantes nas capitais brasileiras, especialmente aquelas situadas na região Norte, como Belém do Pará. Nesse

contexto, é necessário considerar algumas reflexões ao analisar a variável que engloba as paradas de ônibus. Primeiramente, destaca-se a baixa qualidade do transporte público, historicamente utilizado pela parcela da população com menor poder aquisitivo. Em segundo lugar, é relevante observar o perfil da amostra deste artigo, que compreende propriedades de alto padrão. Desse modo, parece pouco provável que os residentes dos apartamentos contemplados nesta amostra sejam usuários desse modal de transporte urbano.

No entanto, ao examinar a Figura 2 que apresenta os preços dos aluguéis, e a Figura 3, que evidencia a concentração de paradas de ônibus, torna-se evidente que as localizações dos imóveis de aluguel mais elevado coincidem com uma grande concentração de paradas de ônibus. Assim, diante da premissa de que os moradores desses apartamentos não são os principais usuários dos ônibus urbanos, surge a indagação sobre porque nosso resultado identificou essa variável com significância estatística e sinal positivo. Algumas explicações plausíveis podem ser consideradas.

A primeira delas diz respeito à presença de imóveis de baixo e médio-baixo padrões na amostra, o que pode ter exercido influência sobre o algoritmo do modelo ao determinar a correlação entre essas variáveis. Outras explicações mais tangíveis incluem: a) a configuração geográfica da cidade, que se assemelha a uma península e é cercada por corpos d'água, impondo restrições significativas aos corredores urbanos de transporte público e resultando em uma concentração considerável desses corredores em áreas específicas da cidade, incluindo aquelas que abrigam imóveis de alto padrão; b) a concentração de corredores urbanos devido à inviabilidade de tráfego de ônibus em grande parte das regiões periféricas, especialmente as propensas a alagamentos; c) a concentração de corredores urbanos devido à presença de áreas de preservação ambiental.

Dessa forma, em relação aos atributos locacionais, foram formuladas duas hipóteses: a Hipótese 2a, que propõe uma influência positiva do número de hospitais e pontos de ônibus sobre o preço dos aluguéis, e a Hipótese 2b, que sugere uma influência negativa da distância ao supermercado e ao shopping sobre os preços dos aluguéis. Ambas as hipóteses foram confirmadas pelos resultados obtidos. Os dados revelam que LN\_DIST\_SUPER ( $t = -1,7667$ ;  $p < 0,10$ ) e LN\_DIST\_SHOP ( $t = -2,1955$ ;  $p < 0,05$ ) exercem uma influência positiva e significativa sobre os preços de aluguéis. Por outro lado, HOSP\_500 ( $t = 3,5703$ ;  $p < 0,001$ ) e ONIB\_500 ( $t = 2,4666$ ;  $p < 0,05$ ) exercem uma influência negativa e significativa sobre os preços de aluguéis.

#### 4.2.3. Qualidade de Vizinhança

Na análise dos atributos associados à qualidade da vizinhança, observa-se um impacto positivo no preço do aluguel em relação ao número de pessoas empregadas formalmente na Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH) na qual o apartamento está localizado. Em outras palavras, à medida que aumenta o número de residentes com emprego formal, ocorre uma correspondente elevação nos preços de aluguel. Esse fenômeno pode estar relacionado à demanda gerada em regiões próximas com alta empregabilidade. Portanto, a proximidade com o local de trabalho surge como uma necessidade influente nos padrões de precificação no mercado de aluguel. Este padrão de comportamento está em linha com os achados de autores como Shen, Xu e Lin (2018), Zhang *et al.* (2020) e Qiao, Yeh e Zhang (2021), que destacaram a disposição das pessoas em pagar mais para residir em proximidade ao local de trabalho.

As variáveis de infraestrutura e renda per capita por habitante não apresentaram significância estatística. No caso da infraestrutura, essa falta de significância pode ser atribuída à homogeneidade da disponibilidade de infraestrutura nas UDH's nas quais os apartamentos estão localizados, conforme evidenciado na Figura 4a. Essa constatação está alinhada com descobertas anteriores, como as elucidadas por Lima *et al.* (2021).

Quanto à variável renda per capita, a falta de significância pode estar associada à uma tendência na cidade, onde empreendimentos de médio e alto padrão não são lançados em Unidades Desenvolvimento Humano (UDH) com baixa renda per capita específica. Esse fenômeno, já identificado por Mendes (2020), reflete uma dinâmica de gradativa transformação em bairros anteriormente periféricos, antes dominados por palafitas e áreas alagadiças. O autor conclui que essas regiões têm sido alvo de intensa atuação do capital imobiliário, que utiliza estratégias de marketing para reconfigurar a imagem dessas localidades, removendo o estigma de áreas pobres, marcadas por ocupação espontânea e violência.

Essa dinâmica peculiar também se reflete na variável de alagamento. Contrariando as expectativas da literatura hedônica convencional, observa-se que, ao transitar de uma área sem susceptibilidade (0) para uma área com alta suscetibilidade (3), o preço do aluguel apresenta um aumento considerável, atingindo cerca de 14,5%. Isso pode ser reflexo de que residências de alto padrão encontram-se em regiões próximas aos característicos "canais" da cidade, que são zonas que alagam com frequência. Essa singularidade revela que mesmo em áreas com alta suscetibilidade a alagamentos, como exemplificado pela Avenida Visconde de Sousa Franco, a localidade é considerada nobre. Esta conjuntura ressalta a complexidade da dinâmica imobiliária em Belém, onde fatores como infraestrutura, renda e peculiaridades geográficas se entrelaçam, desafiando as convenções tradicionais de valorização imobiliária.

Assim, no que diz respeito aos atributos de qualidade de vizinhança, foi formulada a Hipótese 3, que propõe uma influência negativa da localização do imóvel em uma área suscetível a alagamentos sobre o preço dos aluguéis. No entanto, os resultados obtidos não confirmaram essa hipótese. Os dados indicam que ALAG 1 - 0 ( $t = -0,3756$ ;  $p = 0,708$ ) e ALAG 2 - 0 ( $t = 0,0720$ ;  $p = 0,943$ ) não apresentaram significância estatística. Por outro lado, ALAG 3 - 0 ( $t = 2,3233$ ;  $p < 0,05$ ) exerce uma influência positiva e significativa sobre os preços de aluguéis.

### 4.3. Modelo SLM

A Tabela 5 exibe a estimação dos efeitos diretos, indiretos e totais das variáveis explanatórias sobre o preço dos aluguéis dos apartamentos em Belém. Salienta-se que os impactos diretos quantificam a relação entre o preço de aluguel do apartamento  $i$  e as variações de seus próprios atributos (estruturais, locacionais e de vizinhança). Isso equivale à interpretação dos coeficientes estimados pela OLS. Os impactos indiretos, por sua vez, medem o efeito no preço de aluguel do mesmo apartamento  $i$ , decorrente da variação nos atributos do apartamento  $j$ .

Tabela 5. Modelo de regressão SLM –  $\ln\_alug$  (dependente)

Categoria	Variáveis	Efeitos Diretos	Efeitos Indiretos	Efeitos Totais
Estrutural	$\ln\_area$	0,21527**	0,04512 <sup>#</sup>	0,26038**
Estrutural	$suíte$	0,07833**	0,01642 <sup>#</sup>	0,09475**
Estrutural	$banh$	0,03888	0,00815	0,04703
Estrutural	$garg$	0,25564***	0,05358*	0,30922
Locacional	$\ln\_dist\_super$	-0,03806	-0,00798	-0,04603
Locacional	$\ln\_dist\_shop$	-0,04808 <sup>#</sup>	-0,01008	-0,05816
Locacional	$hosp\_500$	0,01202*	0,00252*	0,01454 <sup>#</sup>
Locacional	$onib\_500$	0,00936*	0,00196	0,01133
Qualidade de Vizinhança	$pea$	5,976e-06 <sup>#</sup>	1,252e-06	7,228e-06
Qualidade de Vizinhança	$infra$	-0,00061	-0,00013	-0,00074
Qualidade de Vizinhança	$rpc$	6,243e-08	1,308e-08	7,552e-08
Qualidade de Vizinhança	$alag:$			
	1 - 0	-0,03297	-0,00691	-0,03988
	2 - 0	-0,00898	-0,00188	-0,01087
	3 - 0	0,12802*	0,02683*	0,15486*

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: “<sup>#</sup>”  $p\text{-value} < 0,10$ ; “\*”  $p\text{-value} < 0,05$ ; “\*\*”  $p\text{-value} < 0,01$ ; “\*\*\*”  $p\text{-value} < 0,001$

Na análise dos efeitos diretos, observa-se uma similaridade nos resultados dos coeficientes em relação à regressão OLS, com exceção da distância ao supermercado, que não

apresentou significância estatística. Nos efeitos indiretos, apenas cinco atributos mostram significância estatística, sendo três deles relacionados aos atributos estruturais, um ao atributo locacional e um à qualidade da vizinhança.

Os coeficientes das variáveis estruturais exercem um impacto positivo e significativo na determinação dos preços de aluguéis, tanto na regressão hedônica quanto nos efeitos diretos apresentados neste estudo. Na análise dos efeitos indiretos dos atributos estruturais, destaca-se que a área, a quantidade de suítes e de vagas de garagem apresentam coeficientes significantes e positivos. Isso sugere que um aumento nessas variáveis em um apartamento disponível para aluguel resultará em um aumento nos preços de aluguel dos apartamentos vizinhos.

Essa tendência pode ser atribuída aos efeitos de valorização imobiliária por parte dos proprietários que colocam seus apartamentos para aluguel, em Belém. Observa-se uma propensão à valorização dos imóveis, o que sugere que, com o aumento da oferta de propriedades mais caras para aluguéis, há uma tendência para que os preços de outros imóveis na região também subam, caracterizando um efeito de contágio no mercado imobiliário.

Nesse contexto, Hyun e Heinig (2023) identificam uma prática recorrente nos mercados imobiliários, em que os preços convergem em direção a um preço referência em uma localização determinada. Complementando essa perspectiva, Hyun e Milcheva (2018) enfatizam a considerável dependência de informações sobre os preços de transações de propriedades próximas, caracterizadas por atributos comparáveis, como um fator determinante na obtenção de consenso quanto aos preços de transação.

#### **4.4. Modelo GWR**

A fim de investigar os efeitos da heterogeneidade espacial nos fatores determinantes dos preços de aluguel de apartamentos em Belém, foi utilizada a GWR. Na Tabela 6, são fornecidas as descrições dos coeficientes da GWR. As estimativas desses coeficientes, variando em cada ponto de observação, são identificadas por seus valores mínimos, medianos e máximos, juntamente com a sua amplitude interquartil. A priori, ao examinar os coeficientes mínimos e máximos, é possível identificar uma baixa amplitude nos coeficientes, indicando, preliminarmente, uma ausência de heterogeneidade espacial na amostra.

O  $R^2$  ajustado de 74%, resultante da aplicação da GWR, revela uma clara semelhança com o valor obtido pela OLS, que atingiu 71,2%. A similaridade observada sugere a possibilidade de equivalência de desempenho entre a GWR e o método OLS.

Tabela 6. Modelo de regressão GWR – ln\_alug (dependente)

Variáveis	Min.	Média	Máx.
Intercepto	6,24650	6,36070	6,59960
ln_area	0,17403	0,17954	0,22318
suíte	0,06915	0,07084	0,08432
banh	0,02798	0,03278	0,03434
garg	0,25417	0,27592	0,27694
ln_dist_super	-0,05395	-0,02221	-0,01754
ln_dist_shop	-0,09046	-0,08177	-0,06300
hosp_500	0,01538	0,01602	0,01699
onib_500	0,00611	0,00818	0,01110
pea	6,91e-06	7,69e-06	8,09e-06
infra	0,00409	0,00925	0,01063
rpc	-1,88e-05	-9,93e-06	1,35e-05
alag:			
1 – 0	-0,04099	-0,03901	-0,00409
2 – 0	-0,08256	-0,06005	0,02210
3 – 0	0,12938	0,13264	0,14549
Adjusted R-squared: 0,7402; AIC: 79,5293; AICc: 102,8923			

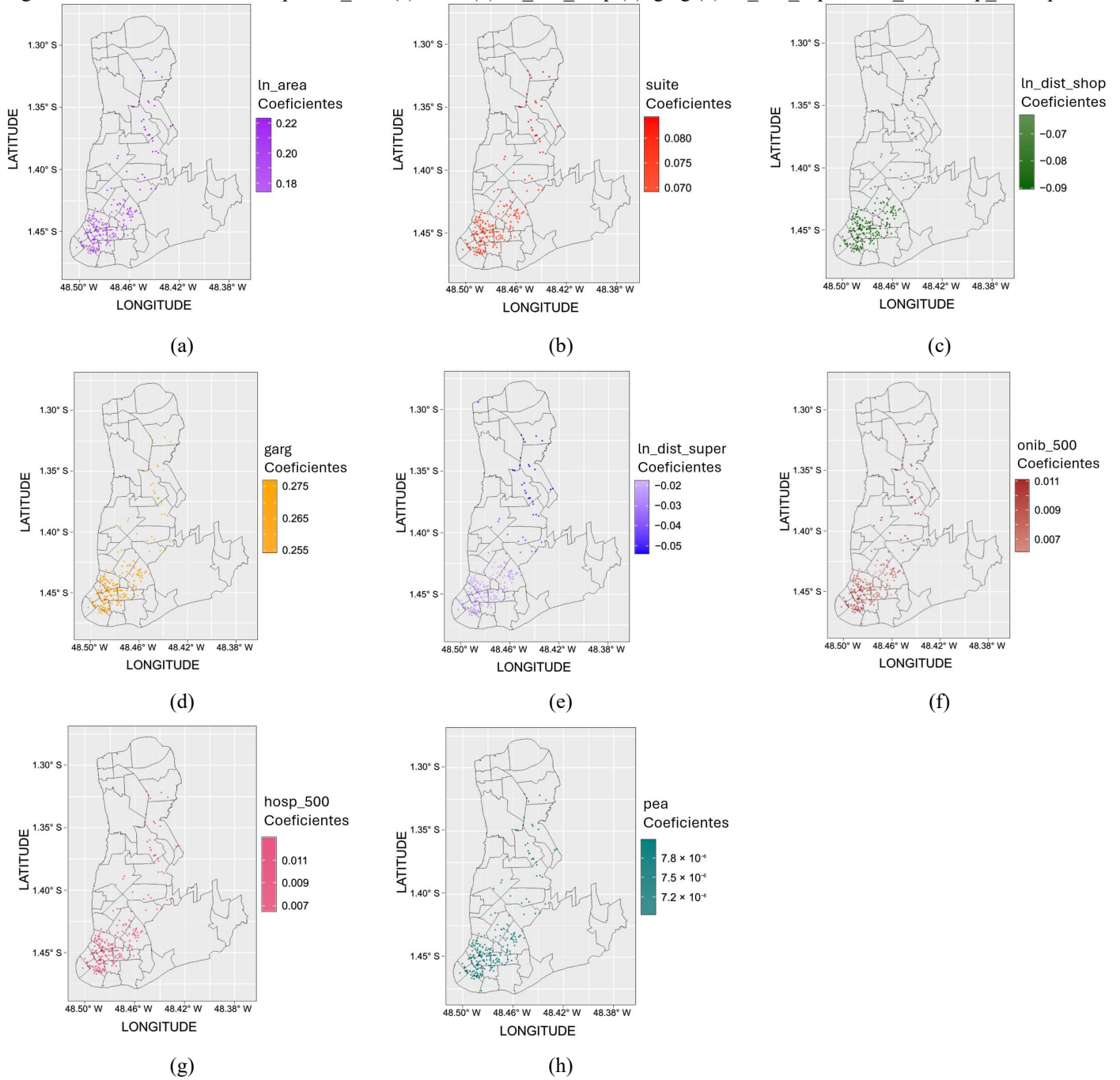
Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 7 apresenta os gráficos dos coeficientes resultantes da análise da GWR. Observa-se uma ausência de heterogeneidade espacial nos efeitos dos determinantes sobre os preços de aluguel dos apartamentos ao longo da amostra. É possível verificar uma uniformidade nos coeficientes, sugerindo uma homogeneidade nas influências dos fatores estudados, indicando que os padrões de determinantes permanecem consistentes em toda a área analisada.

Esse achado destoa dos estudos anteriores, notadamente Liu. *et al.* (2022), Tomal (2020) e Liu *et al.* (2022), que foram bem-sucedidos ao examinar a heterogeneidade espacial dos fatores determinantes nos preços de aluguéis. Essa homogeneidade pode ser reflexo da falta de transparência no mercado imobiliário, assim como argumenta Hyun e Heinig (2023), representando um desafio significativo, tornando complexa a avaliação de propriedades por parte dos participantes com menos experiência em transações. Essa opacidade dificulta a análise de casas com conjuntos não idênticos de atributos, impactando a capacidade dos envolvidos em tomar decisões informadas nas transações imobiliárias.

Embora este estudo não tenha se concentrado explicitamente na identificação de áreas homogêneas, suas descobertas também sugerem que, na cidade de Belém, PA, os apartamentos tendem a ser agrupados com base em propriedades relacionadas tanto às características físicas quanto à atratividade da geolocalização, conforme destacado por Renigier-Bilozor, Janowski e Walacik (2019).

Figura 7 - Coeficientes da GWR para  $\ln\_area$  (a),  $suíte$  (b),  $\ln\_dist\_shop$  (c),  $garg$  (d),  $\ln\_dist\_super$ ,  $onib\_500$ ,  $hosp\_500$  e  $pea$ .



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo buscou examinar de forma ampla o mercado imobiliário de aluguel em Belém, Pará, utilizando a metodologia de modelagem hedônica. O objetivo principal foi identificar e analisar os diversos fatores que contribuem para a precificação dos aluguéis nessa região, com foco específico nas características socioeconômicas associadas ao mercado imobiliário, principalmente no setor de construção civil. Enfatizando a importância e a relevância substanciais do estudo, o mercado imobiliário representa o ponto culminante de uma cadeia de produção que não apenas gera emprego, renda, investimentos e impostos, mas também produz produtos que contribuem para o bem-estar social geral.

Para se aprofundar nos aspectos intrínsecos do mercado de aluguel em Belém, o estudo teve como objetivo analisar a influência das características estruturais dos apartamentos em seus preços médios de aluguel. Adicionalmente, procurou investigar fatores de localização dentro da estrutura da teoria do preço hedônico. A revisão da literatura deu suporte à hipótese, revelando uma correlação positiva entre características como área do imóvel, número de suítes e vagas de garagem com o preço médio de aluguel dos apartamentos. Além disso, o estudo considerou que fatores relacionados à localização, como a disponibilidade de hospitais e bancos próximos, exerceriam uma influência substancial na determinação do preço médio do aluguel. A hipótese formulada postulava que, considerando a distância mínima para um atributo de localização, quanto maior a distância para os supermercados e shopping centers mais próximos, menor o preço médio de aluguel esperado para um determinado apartamento.

Metodologicamente, empregamos uma técnica estabelecida na teoria de preços hedônicos, ou seja, a regressão OLS. Além disso, técnicas espaciais, incluindo SLM e GWR, foram incorporadas para aprofundar nossa compreensão e análise da complexa interação entre as características estruturais, de localização e de qualidade do bairro e os preços de aluguel em Belém, Pará. Com relação aos resultados, a hipótese relacionada às características estruturais foi parcialmente confirmada: A análise OLS indicou uma relação positiva entre a área do apartamento, o número de suítes e o número de vagas de estacionamento disponíveis com o preço médio de aluguel dos imóveis. Entretanto, o número de banheiros não se mostrou estatisticamente significativo nessa relação. Ao aplicar o SLM, considerando os efeitos totais, houve consistência com os resultados do OLS.

Com relação à hipótese associada aos fatores de localização, os resultados permaneceram em linha com a literatura existente. Além disso, a análise OLS revelou uma correlação significativamente negativa entre a distância do apartamento e o supermercado mais próximo. Entretanto, no caso do SLM, considerando os efeitos totais, a hipótese nula de não

significância não foi rejeitada em um nível de pelo menos 10%. Com relação à distância até o shopping center mais próximo, os resultados do OLS confirmaram a hipótese proposta pelo estudo; no SLM, a relação foi significativamente negativa ao considerar apenas os efeitos diretos.

Com relação à hipótese relacionada à quantidade de atributos de localização disponíveis a uma distância fixa de cada apartamento, tanto a quantidade de ônibus quanto a de hospitais apresentaram uma relação positiva, tanto no OLS quanto no SLM (com efeitos diretos como referência). Além disso, os resultados da GWR foram consistentes com os obtidos no OLS, indicando baixa variabilidade nas estimativas de regressão. Isso sugere que a influência dos fatores estruturais e locais é homogênea na área de estudo delimitada.

É importante observar que a significância estatística - presença ou ausência - em determinadas variáveis pode ser atribuída a vários fatores. Aspectos como a natureza das variáveis e seu formato de medição foram definidos diretamente a partir das fontes de dados do estudo, o que levou a uma perda de controle sobre os resultados. Além disso, no contexto de nosso estudo, as características de determinadas variáveis podem ser particularmente influenciadas pelo aspecto da localidade. As variações nos fatores culturais, políticos, legais e ambientais que Belém apresenta em comparação com outras metrópoles globais podem afetar a relevância e o significado de variáveis específicas em diferentes contextos geográficos, contribuindo para as variações observadas nos resultados estatísticos.

A contribuição gerencial está na identificação e na correlação dos atributos estruturais e de localização como impulsionadores da construção civil, influenciando as estratégias de desenvolvimento de produtos residenciais e a distribuição territorial. Isso se alinha às demandas específicas do mercado. A análise dos atributos locacionais e de vizinhança torna-se fundamental para a formulação de políticas públicas que orientem a ocupação do solo urbano, promovendo a valorização imobiliária e a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar social em Belém, Pará.

No entanto, existem limitações, notadamente o tamanho restrito da amostra devido a restrições do modelo de regressão espacial, impedindo a análise de mais de um apartamento no mesmo edifício. Essa limitação pode afetar a generalização dos resultados para situações com várias unidades em um único edifício.

Para investigações posteriores, uma exploração da análise espaço-temporal dos determinantes pode avaliar a persistência dos resultados ao longo do tempo. A utilização da regressão quantílica para analisar os determinantes revelaria possíveis heterogeneidades entre os quartis de preços de aluguel. Além disso, a incorporação de modelos de aprendizado de

máquina poderia enriquecer a análise, oferecendo novas perspectivas e aprimorando os recursos de previsão no mercado de aluguéis. Considerando as evidências apresentadas por este estudo sobre o possível agrupamento de apartamentos em Belém, PA, com base em características físicas e atratividade geográfica, recomenda-se que outras pesquisas se aprofundem na dinâmica específica desses agrupamentos. Essa exploração envolveria a investigação de fatores adicionais que podem influenciar a formação de padrões homogêneos no mercado imobiliário da região.

É essencial observar que este artigo se concentra apenas na perspectiva da ferramenta de mercado, excluindo as opiniões dos dois principais atores no cenário imobiliário: locadores (lado da oferta) e locatários (lado da demanda). Essa análise quantitativa ressalta a necessidade de uma pesquisa qualitativa futura, integrando entrevistas com ambas as partes envolvidas.

## REFERÊNCIAS

- ABDELHALIM, M.; DUBE, J.; DEVAUX, N. The Spatial and Temporal Decomposition of the Effect of Floods on Single-Family House Prices: A Laval, Canada Case Study. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p., 2021.
- ALBUQUERQUE, M. C. B.; RAMOS, M. C. Regularizacao fundiaria urbana como instrumento de direito a moradia e direito a cidade em bens imoveis tombados localizados em centros historicos: o caso do bairro da Cidade Velha, em Belem (PA). **Direito da Cidade**, v. 13, n. 2, p. 921-954, 2021.
- ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dordrecht: Springer Dordrecht, 1988, v.1
- ANSELIN, L. Under the hood Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. **Agricultural Economics**, v. 27, n. 3, p. 247-267, 2002.
- ANSELIN, L.; REY, S. J. Modern spatial econometrics in practice: A guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL. **(No Title)**, v., n., p., 2014.
- ATREYA, A.; FERREIRA, S. Seeing is Believing? Evidence from Property Prices in Inundated Areas. **Risk Analysis**, v. 35, n. 5, p. 828-848, 2015.
- BARRECA, A.; CURTO, R.; ROLANDO, D. Assessing Social and Territorial Vulnerability on Real Estate Submarkets. **Buildings**, v. 7, n. 4, p. 94, 2017.
- BELTRAN, A.; MADDISON, D.; ELLIOTT, R. J. R. Is Flood Risk Capitalised Into Property Values? **Ecological Economics**, v. 146, n., p. 668-685, 2018.
- BIN, O.; KRUSE, J. B.; LANDRY, C. E. Flood hazards, insurance rates, and amenities: Evidence from the coastal housing market. **Journal of Risk and Insurance**, v. 75, n. 1, p. 63-82, 2008.
- BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied Spatial Data Analysis with R**. New York: Springer, 2013, v.10 (Use R!)
- BOWMAN, A. W. An alternative method of cross-validation for the smoothing of density estimates. **Biometrika**, v. 71, n. 2, p. 353-360, 1984.
- BRACKE, P. House Prices and Rents: Microevidence from a Matched Data Set in Central London. **Real Estate Economics**, v. 43, n. 2, p. 403-431, 2015.
- CAMPOS, R. B. A. O mercado imobiliário residencial no município de São Paulo: uma abordagem de preços hedônicos espacial. **Nova Economia**, v. 27, n. 1, p. 303-337, 2017.
- CORDERA, R.; COPPOLA, P.; DELL'OLIO, L.; IBEAS, Á. The impact of accessibility by public transport on real estate values: A comparison between the cities of Rome and Santander. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 125, n., p. 308-319, 2019.
- CUI, N. N.; GU, H. Y.; SHEN, T. Y.; FENG, C. C. The Impact of Micro-Level Influencing Factors on Home Value: A Housing Price-Rent Comparison. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p., 2018.

DANIEL, V. E.; FLORAX, R.; RIETVELD, P. Flooding risk and housing values: An economic assessment of environmental hazard. **Ecological Economics**, v. 69, n. 2, p. 355-365, 2009.

DE, U. K.; VUPRU, V. Housing Demand and Its Determinant in a Small Town in India. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 1, p., 2021.

DOU, M.; GU, Y.; FAN, H. Incorporating neighborhoods with explainable artificial intelligence for modeling fine-scale housing prices. **Applied Geography**, v. 158, n., p. 103032, 2023.

DUAN, J.; TIAN, G.; YANG, L.; ZHOU, T. Addressing the macroeconomic and hedonic determinants of housing prices in Beijing Metropolitan Area, China. **Habitat International**, v. 113, n., p. 102374, 2021.

EBC. **Belém deve receber cerca de 50 mil visitantes para a COP30**: Agência Brasil, 2023. 2024.

EFTHYMIOU, D.; ANTONIOU, C. How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 52, n., p. 1-22, 2013.

EUROSTAT. **Distribution of population by tenure status, type of household and income group - EU-SILC survey**, 2021.

FÁVERO, L. P. L. Preços hedônicos no mercado imobiliário comercial de São Paulo: a abordagem da modelagem multinível com classificação cruzada. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 41, n. 4, p. 777-810, 2011.

GILBERT, A. Rental housing: The international experience. **Habitat International**, v. 54, n., p. 173-181, 2016.

GOCER, O.; WEI, Y.; OZBIL TORUN, A.; ALVANIDES, S.; CANDIDO, C. Multidimensional attributes of neighbourhood quality: A systematic review. **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e22636, 2023.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999, v.4

HÄSE, S.; HIRTE, G. The impact of unexpected flood events and adaption measures on lot prices. **Review of Regional Research**, v. 43, n. 1, p. 29-68, 2023.

HELBICH, M.; BRUNAUER, W.; VAZ, E.; NIJKAMP, P. Spatial Heterogeneity in Hedonic House Price Models: The Case of Austria. **Urban Studies**, v. 51, n. 2, p. 390-411, 2014.

HEYMAN, A. V.; SOMMERVOLL, D. E. House prices and relative location. **Cities**, v. 95, n., p. 102373, 2019.

HILL, R. J.; PFEIFER, N.; STEURER, M.; TROJANEK, R. Warning: Some transaction prices can be detrimental to your house price index. **Review of Income and Wealth**, v., n., p. 25, 2023.

HU, L. R.; HE, S. J.; HAN, Z. X.; XIAO, H.; SU, S. L.; WENG, M.; CAI, Z. L. Monitoring housing rental prices based on social media: An integrated approach of machine-learning

algorithms and hedonic modeling to inform equitable housing policies. **Land Use Policy**, v. 82, n., p. 657-673, 2019.

HUI, E. C. M.; LIANG, C. Spatial spillover effect of urban landscape views on property price. **Applied Geography**, v. 72, n., p. 26-35, 2016.

HYUN, D.; MILCHEVA, S. Spatial dependence in apartment transaction prices during boom and bust. **Regional Science and Urban Economics**, v. 68, n., p. 36-45, 2018.

HYUN, D.; HEINIG, S. Different preferences, but the same approach: the practice of the sales comparison in the Berlin housing rental and sale market. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 38, n. 2, p. 811-835, 2023.

IBGE. **PNAD Contínua - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**, 2022.

ISLAM, M. S.; HOSSAIN, R.; MORSHED, M. M.; AFRIN, S. The value of environmental (dis)amenities in the urban housing market: Evidence from Khulna, Bangladesh. **Journal of Urban Management**, v. 9, n. 2, p. 180-190, 2020.

JIN, S.; ZHAO, Y.; LIU, C. Reconstructing Social Segregation in Danwei: An Examination of High-Quality Education Resources' Impact on Housing Prices in Nanjing, China. **Buildings**, v. 13, n. 10, p. 2427, 2023.

JUN, M.-J.; KIM, H.-J. Measuring the effect of greenbelt proximity on apartment rents in Seoul. **Cities**, v. 62, n., p. 10-22, 2017.

KAM, K. J.; CHUAH, S. Y.; LIM, T. S.; LIN ANG, F. Modelling of property market: the structural and locational attributes towards Malaysian properties. **Pacific Rim Property Research Journal**, v. 22, n. 3, p. 203-216, 2016.

KRYVOBOKOV, M.; PRADELLA, S.; DES ROSIERS, F. Urban and Peri-Urban Residential Rental Markets in Wallonia: Similar or Different? **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 13, n. 2, p. 461-487, 2020.

LANCASTER, K. J. A New Approach to Consumer Theory. **Journal of Political Economy**, v. 74, n. 2, p., 1966.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**. New York: Chapman and Hall/CRC, 2009

LEUNG, K. M.; YIU, C. Y. Rent determinants of sub-divided units in Hong Kong. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 34, n. 1, p. 133-151, 2019.

LI, B.; JIN, C.; JANSEN, S. J. T.; VAN DER HEIJDEN, H.; BOELHOUWER, P. Understanding the relationship between residential environment, social exclusion, and life satisfaction of private renters in Shenzhen. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 38, n. 4, p. 2449-2472, 2023.

LI, Y. L.; LIN, Y. L.; WANG, J. E.; GEERTMAN, S.; HOOIMEIJER, P. The effects of jobs, amenities, and locations on housing submarkets in Xiamen City, China. **Journal of Housing and the Built Environment**, v., n., p., 2022.

LIMA, G. V. B. D. A.; CARVALHO, A. C. G. D.; MOREIRA, F. G. P.; BASSALO, G. H. M. Real Estate Tendencies in High-Rise Residential Buildings: Case Study in Belém, Amazonia, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 4, p. 05021033, 2021.

LIU, Q. C.; ZHAO, P. X.; XIAO, Y.; ZHOU, X.; YANG, J. Walking Accessibility to the Bus Stop: Does It Affect Residential Rents? The Case of Jinan, China. **Land**, v. 11, n. 6, p., 2022.

LIU., G.; ZHAO., J.; WU., H.; ZHUANG., T. Spatial Pattern of the Determinants for the Private Housing Rental Prices in Highly Dense Populated Chinese Cities-Case of Chongqing. **Land**, v. 11, n. 12, p., 2022.

LIVY, M. R. Assessing the housing price capitalization of non-destructive flooding events. **Research in Economics**, v. 77, n. 2, p. 265-274, 2023.

LU, M.; ZHAO, Q. Y.; ZHANG, J. Q.; POHL, K. M.; LI, F. F.; NIEBLES, J. C.; ADELI, E.; IEEE COMP, S. O. C. Metadata Normalization. In: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2021, Electr Network:LOS ALAMITOS: Ieee Computer Soc, Jun 19-25, p. 10912-10922.

MACIEL, V. F.; BIDERMAN, C. Assessing the effects of the São Paulo's metropolitan beltway on residential land prices. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 373-402, 2013.

MATHUR, S. House price impacts of construction quality and level of maintenance on a regional housing market: Evidence from King County, Washington. **Housing and Society**, v. 46, n. 2, p. 57-80, 2019.

MCCORD, M.; DAVIS, P. T.; HARAN, M.; MCGREAL, S.; MCILHATTON, D. Spatial variation as a determinant of house price. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 17, n. 1, p. 49-72, 2012.

MEDEIROS, R. D. V. V.; CARVALHO, S. T. Modelagem econométrica do preço de alugueis de apartamentos na cidade de Petrópolis-RJ utilizando regressão linear múltipla. **Revista de Economia da UEG**, v. 13, n. 1, p., 2017.

MENDES, L. A. S. A produção do urbano e do imobiliário na região metropolitana de Belém. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, v., n. 44, p., 2020.

MORAN, P. A. P. The Interpretation of Statistical Maps. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 10, n. 2, p. 243-251, 1948.

MORANO, P.; TAJANI, F.; DI LIDDO, F.; DARO, M. Economic Evaluation of the Indoor Environmental Quality of Buildings: The Noise Pollution Effects on Housing Prices in the City of Bari (Italy). **Buildings**, v. 11, n. 5, p., 2021.

NMHC. **American Community Survey**, 2021.

PAIXÃO, L. A. R.; LUPORINI, V. Índice de preços hedônicos para apartamentos: uma aplicação a dados fiscais de Belo Horizonte, 1995-2012. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 967-993, 2020.

PIAGGIO, M. The value of public urban green spaces: Measuring the effects of proximity to and size of urban green spaces on housing market values in San Jose, Costa Rica. **Land Use Policy**, v. 109, n., p., 2021.

QIAO, S.; YEH, A. G. O.; ZHANG, M. Z. Capitalisation of accessibility to dockless bike sharing in housing rentals: Evidence from Beijing. **Transportation Research Part D-Transport and Environment**, v. 90, n., p., 2021.

QU, S.; HU, S.; LI, W.; ZHANG, C.; LI, Q.; WANG, H. Temporal variation in the effects of impact factors on residential land prices. **Applied Geography**, v. 114, n., p. 102124, 2020.

RENIGIER-BILOZOR, M.; JANOWSKI, A.; WALACIK, M. Geoscience Methods in Real Estate Market Analyses Subjectivity Decrease. **Geosciences**, v. 9, n. 3, p. 130, 2019.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. **Journal of Political Economy**, v. 121, n. 2, p., 1974.

SANTOS, E. R. C. Historia da cidade de Belém: intervenções urbanísticas e produção do espaço da orla fluvial. **Anais do XVIII Encontro nacional de geógrafos. São Luís**, v., n., p., 2016.

SANTOS, F. A. A. D.; ROCHA, E. J. P. D. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**, v. 1, n. 02, p. 33-55, 2014.

SCHLÄPFER, F.; WALTERT, F.; SEGURA, L.; KIENAST, F. Valuation of landscape amenities: A hedonic pricing analysis of housing rents in urban, suburban and periurban Switzerland. **Landscape and Urban Planning**, v. 141, n., p. 24-40, 2015.

SHEN, Q.; XU, S. M.; LIN, J. Effects of bus transit-oriented development (BTOD) on single-family property value in Seattle metropolitan area. **Urban Studies**, v. 55, n. 13, p. 2960-2979, 2018.

SIRMANS, G. S.; MACPHERSON, D. A.; ZIETZ, E. N. The Composition of Hedonic Pricing Models. **Journal of Real Estate Literature**, v. 13, n. 1, p. 3-43, 2005.

SOHN, W.; KIM, H. W.; KIM, J.-H.; LI, M.-H. The capitalized amenity of green infrastructure in single-family housing values: An application of the spatial hedonic pricing method. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 49, n., p. 126643, 2020.

TAN, T.-H. The impact of neighborhood types on the prices of residential properties. **Sunway Academic Journal**, v. 7, n., p. 77-88, 2010.

TARUI, N.; URBANSKI, S.; LAM, Q. L.; COFFMAN, M.; NEWFIELD, C. Sea level rise risk interactions with coastal property values: a case study of O‘ahu, Hawai‘i. **Climatic Change**, v. 176, n. 9, p. 130, 2023.

TOMAL, M. Modelling Housing Rents Using Spatial Autoregressive Geographically Weighted Regression: A Case Study in Cracow, Poland. **Isprs International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6, p., 2020.

TOURINHO, H. L. Z.; LIMA, D. B. O. Planos urbanos e centro histórico de Belém. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 22, n. 30, p. 44-44, 2015.

TRINDADE JÚNIOR, S.-C. C. D. Um “skyline” em mutação: o velho centro e as transformações urbanas em Belém. **Novos Cadernos NAEA**, v. 21, n. 1, p., 2018.

TROJANEK, R.; GLUSZAK, M.; TANAS, J. THE EFFECT OF URBAN GREEN SPACES ON HOUSE PRICES IN WARSAW. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 22, n. 5, p. 358-371, 2018.

TROJANEK, R.; GLUSZAK, M. Short-run impact of the Ukrainian refugee crisis on the housing market in Poland. **Finance Research Letters**, v. 50, n., p. 6, 2022.

TROJANEK, R. HOW DO DIFFERENT NOISE POLLUTION SOURCES AFFECT APARTMENT PRICES? **International Journal of Strategic Property Management**, v. 27, n. 6, p. 351-361, 2023.

VALE, S.; DE MELLO-SAMPAYO, F. Effect of Hierarchical Parish System on Portuguese Housing Rents. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p., 2021.

VIEIRA, M. N. A.; ALVES, C. N.; FERREIRA, V. D. S.; BARBOSA, C. N. L. Modeling of geological-geotechnical properties in soils of Belém do Pará. v., n., p., 2021.

WARD, M.; GLEDITSCH, K. **Spatial Regression Models**. Thousand Oaks, California, 2008.

WEN, H.; ZHANG, Y.; ZHANG, L. Do educational facilities affect housing price? An empirical study in Hangzhou, China. **Habitat International**, v. 42, n., p. 155-163, 2014.

WEN, H.; TAO, Y. Polycentric urban structure and housing price in the transitional China: Evidence from Hangzhou. **Habitat International**, v. 46, n., p. 138-146, 2015.

WHITE, H. A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. **Econometrica**, v. 48, n. 4, p. 817-838, 1980.

WILLIAMS, G. The effects of Mass Rapid Transit (MRT) systems on land values. **Journal of Valuation**, v. 8, n. 1, p. 7-23, 1990.

YANG, L.; CHU, X.; GOU, Z.; YANG, H.; LU, Y.; HUANG, W. Accessibility and proximity effects of bus rapid transit on housing prices: Heterogeneity across price quantiles and space. **Journal of Transport Geography**, v. 88, n., p. 102850, 2020.

ZHANG, L. Flood hazards impact on neighborhood house prices: A spatial quantile regression analysis. **Regional Science and Urban Economics**, v. 60, n., p. 12-19, 2016.

ZHANG, T. Z.; ZENG, Y. X.; ZHANG, Y. J.; SONG, Y.; LI, H. X. The Heterogenous Demand for Urban Parks between Home Buyers and Renters: Evidence from Beijing. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p., 2020.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa cumpriu com o objetivo geral de identificar e analisar as relações entre os atributos de imóveis residenciais verticais e o preço unitário médio de aluguel na cidade de Belém. Além disso, os objetivos específicos propostos nesta pesquisa foram integralmente alcançados.

Quanto às hipóteses propostas neste estudo, a H1 foi parcialmente confirmada. As hipóteses H2a e H2b foram integralmente confirmadas, e a H3 foi refutada. No caso da H1, a confirmação foi parcial, uma vez que, com exceção da variável “banheiro”, que não demonstrou significância estatística, observou-se que o aumento nas demais variáveis estruturais tende a elevar os preços dos aluguéis. As hipóteses H2a e H2b evidenciaram o impacto positivo da inclusão de variáveis locacionais na análise hedônica, indicando uma tendência de redução nos preços de aluguel à medida que há um aumento da distância entre a amenidade e a unidade habitacional focal e um aumento no preço do aluguel à medida que aumenta o número de amenidades disponíveis para a unidade focal. Por outro lado, a H3 foi refutada, uma vez que foi constatado que a mudança de uma região não propensa a alagamentos para uma área com elevada suscetibilidade resulta em um acréscimo no montante do aluguel.

Assim sendo, quais lições podemos extrair a partir dos resultados deste estudo? Notamos que o modelo hedônico foi eficaz na apreensão de características específicas de Belém. A aplicação desse modelo, amplamente reconhecido na literatura, demonstrou consistência na captura de nuances locais, proporcionando uma compreensão mais precisa do comportamento do mercado imobiliário na região.

Destaca-se, entre essas características, a importância da vaga de garagem no mercado de aluguel em Belém. Este achado revela um impacto positivo de 26,2% no preço do aluguel associado à presença desse atributo, ressaltando as comodidades relacionadas ao estacionamento como fator determinante para os valores de aluguel na região. Isso sugere que a demanda por estacionamento é um elemento crucial na tomada de decisão dos locatários, refletindo a necessidade de conveniência, segurança e valorização do imóvel. Assim, a presença de uma vaga de garagem não apenas atende às expectativas do mercado, mas também contribui para a valorização dos imóveis, influenciando positivamente os preços de aluguel.

A variável de alagamento emerge como uma nuance no dinâmico mercado imobiliário de Belém, revelando uma intrincada mudança na precificação dos aluguéis.

Esse fenômeno tem raízes em duas facetas fundamentais. Primeiramente, as características geográficas peculiares de Belém exercem pressão considerável sobre a escolha de locais para empreendimentos, frequentemente direcionando-os para áreas menos privilegiadas ambientalmente. Esse fato cria uma dinâmica peculiar no mercado, onde regiões com alta suscetibilidade a alagamentos tornam-se mais propensas a um aumento nos preços do aluguel.

Em segundo lugar, a resiliência dos agentes envolvidos no mercado imobiliário local se manifesta de maneira notável, pois aspectos ambientais adversos, como o risco de alagamentos, não se apresentam como obstáculos significativos para o setor. Essa dinâmica singular destaca a complexidade e a adaptabilidade do mercado imobiliário de Belém, onde áreas suscetíveis a alagamentos podem, paradoxalmente, resultar na valorização das propriedades afetadas, em função da boa cobertura de infraestrutura urbana e presença de diversidade de equipamentos urbanos, especificamente nas áreas mais nobres da cidade.

Ademais, observou-se uma relativa homogeneidade espacial nas influências das variáveis analisadas no mercado imobiliário de Belém. Em termos simples, quando você aumenta uma comodidade em um apartamento no centro da cidade, o impacto é comparável ao de adicioná-la a um apartamento situado em uma área mais periférica. Em ambas as situações, o valor agregado à propriedade tende a ser semelhante, independentemente da localização dentro ou fora do centro urbano.

Essa consistência nos padrões dos determinantes em toda a área estudada não apenas possibilita estratégias mais confiáveis por parte de investidores e desenvolvedores, mas também contribui para a mitigação de riscos, aumentando a eficiência nos investimentos e facilitando o planejamento urbano. Além disso, uma compreensão abrangente desses padrões promove avaliações mais precisas do valor imobiliário, beneficiando não apenas os participantes do mercado, mas também pesquisadores e formuladores de políticas em busca de uma visão holística da dinâmica imobiliária na região.

As limitações identificadas no artigo incluem restrições no tamanho da amostra devido às limitações do modelo de regressão espacial. Isso impediu a análise de múltiplos apartamentos no mesmo prédio, afetando a generalização dos resultados para situações envolvendo várias unidades em um único edifício. A pesquisa pode não capturar completamente a variabilidade entre diferentes unidades no mesmo prédio, e a extrapolação dos resultados para contextos mais amplos deve ser feita com cautela.

Superar essa limitação em futuras pesquisas pode enriquecer a compreensão das relações entre as variáveis em cenários mais complexos. Para futuras pesquisas, é recomendável realizar análises espaço-temporais, a fim de investigar se os resultados encontrados nesta pesquisa mantêm consistência ao longo do tempo.

A presente dissertação aborda exclusivamente a perspectiva de uma ferramenta de mercado, deixando de lado as opiniões e posicionamentos dos dois principais protagonistas no cenário imobiliário: os proprietários (lado da oferta) e os inquilinos (lado da demanda). Este enfoque, voltado para uma análise centrada em dados quantitativos, destaca a necessidade de futuras pesquisas qualitativas que incorporem entrevistas com ambos os atores envolvidos.

Este estudo apresenta contribuições significativas ao potencial de impactar positivamente os agentes envolvidos no mercado imobiliário da cidade. A identificação e correlação dos atributos estruturais e locacionais podem orientar a indústria da Construção Civil no desenvolvimento de estratégias de desenvolvimento de produtos residenciais, bem como na distribuição territorial, alinhando-os às demandas específicas do mercado. A análise dos atributos de qualidade de vizinhança pode desempenhar um papel crucial na formulação de políticas públicas voltadas para a ocupação do solo urbano, fomentando a valorização dos imóveis, o aprimoramento da qualidade de vida e o bem-estar social em Belém.

## REFERÊNCIAS

- ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dordrecht: Springer Dordrecht, 1988, v.1
- ANSELIN, L. Under the hood Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. **Agricultural Economics**, v. 27, n. 3, p. 247-267, 2002.
- ATREYA, A.; FERREIRA, S. Seeing is Believing? Evidence from Property Prices in Inundated Areas. **Risk Analysis**, v. 35, n. 5, p. 828-848, 2015.
- ATREYA, A.; CZAJKOWSKI, J. Graduated Flood Risks and Property Prices in Galveston County. **Real Estate Economics**, v. 47, n. 3, p. 807-844, 2019.
- BAILLIF, M.; DE LAPPARENT, M.; KAZAGLI, E. A Hybrid Approach to Real Estate Price Definition: A Case Study in Western Switzerland. **Revue Economique**, v. 72, n. 6, p. 1055-1077, 2021.
- BAJARI, P.; KAHN, M. E. Estimating Housing Demand With an Application to Explaining Racial Segregation in Cities. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 23, n. 1, p. 20-33, 2005.
- BELTRAN, A.; MADDISON, D.; ELLIOTT, R. J. R. Is Flood Risk Capitalised Into Property Values? **Ecological Economics**, v. 146, n., p. 668-685, 2018.
- BIN, O.; KRUSE, J. B.; LANDRY, C. E. Flood hazards, insurance rates, and amenities: Evidence from the coastal housing market. **Journal of Risk and Insurance**, v. 75, n. 1, p. 63-82, 2008.
- BITTER, C.; MULLIGAN, G. F.; DALL'ERBA, S. Incorporating spatial variation in housing attribute prices: a comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method. **Journal of Geographical Systems**, v. 9, n. 1, p. 7-27, 2007.
- BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied Spatial Data Analysis with R**. New York: Springer, 2013, v.10 (Use R!)
- BOWMAN, A. W. An alternative method of cross-validation for the smoothing of density estimates. **Biometrika**, v. 71, n. 2, p. 353-360, 1984.
- BRACKE, P. House Prices and Rents: Microevidence from a Matched Data Set in Central London. **Real Estate Economics**, v. 43, n. 2, p. 403-431, 2015.
- CAMPOS, R. B. A. O mercado imobiliário residencial no município de São Paulo: uma abordagem de preços hedônicos espacial. **Nova Economia**, v. 27, n. 1, p. 303-337, 2017.
- CORDERA, R.; COPPOLA, P.; DELL'OLIO, L.; IBEAS, Á. The impact of accessibility by public transport on real estate values: A comparison between the cities of Rome and Santander. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 125, n., p. 308-319, 2019.
- COSTA, M. A.; DOS SANTOS, M. P. G.; MARGUTI, B.; PIRANI, N.; PINTO, C. V. D. S.; CURI, R. L. C.; RIBEIRO, C. C.; DE ALBUQUERQUE, C. G. **Vulnerabilidade**

**Social no Brasil: conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras.** Texto para Discussão

CUI, N. N.; GU, H. Y.; SHEN, T. Y.; FENG, C. C. The Impact of Micro-Level Influencing Factors on Home Value: A Housing Price-Rent Comparison. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p., 2018.

DANIEL, V. E.; FLORAX, R.; RIETVELD, P. Flooding risk and housing values: An economic assessment of environmental hazard. **Ecological Economics**, v. 69, n. 2, p. 355-365, 2009.

DE, U. K.; VUPRU, V. Housing Demand and Its Determinant in a Small Town in India. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 1, p., 2021.

DEPETRIS-CHAUVIN, E.; SANTOS, R. J. Unexpected guests: The impact of internal displacement inflows on rental prices in Colombian host cities. **Journal of Development Economics**, v. 134, n., p. 289-309, 2018.

DOU, M.; GU, Y.; FAN, H. Incorporating neighborhoods with explainable artificial intelligence for modeling fine-scale housing prices. **Applied Geography**, v. 158, n., p. 103032, 2023.

DUAN, J.; TIAN, G.; YANG, L.; ZHOU, T. Addressing the macroeconomic and hedonic determinants of housing prices in Beijing Metropolitan Area, China. **Habitat International**, v. 113, n., p. 102374, 2021.

EBC. **Belém deve receber cerca de 50 mil visitantes para a COP30:** Agência Brasil, 2023. 2024.

EFTHYMIIOU, D.; ANTONIOU, C. How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 52, n., p. 1-22, 2013.

EUROSTAT. **Distribution of population by tenure status, type of household and income group - EU-SILC survey**, 2021.

FÁVERO, L. P. L. Preços hedônicos no mercado imobiliário comercial de São Paulo: a abordagem da modelagem multinível com classificação cruzada. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 41, n. 4, p. 777-810, 2011.

FLEURY, M. T. L.; DA COSTA WERLANG, S. R. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GVPesquisa**, v., n., p., 2016.

FOTHERINGHAM, A. S.; CHARLTON, M. E.; BRUNSDON, C. Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. **Environment and Planning A**, v. 30, n. 11, p. 1905-1927, 1998.

GAN, L.; WANG, P.; ZHANG, Q. Market thickness and the impact of unemployment on housing market outcomes. **Journal of Monetary Economics**, v. 98, n., p. 27-49, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa:** Atlas São Paulo, 2002, v.4

GILBERT, A. Rental housing: The international experience. **Habitat International**, v. 54, n., p. 173-181, 2016.

GOCER, O.; WEI, Y.; OZBIL TORUN, A.; ALVANIDES, S.; CANDIDO, C. Multidimensional attributes of neighbourhood quality: A systematic review. **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e22636, 2023.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999, v.4

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**: Bookman editora, 2009

HÄSE, S.; HIRTE, G. The impact of unexpected flood events and adaption measures on lot prices. **Review of Regional Research**, v. 43, n. 1, p. 29-68, 2023.

HELBICH, M.; BRUNAUER, W.; VAZ, E.; NIJKAMP, P. Spatial Heterogeneity in Hedonic House Price Models: The Case of Austria. **Urban Studies**, v. 51, n. 2, p. 390-411, 2014.

HEYMAN, A. V.; SOMMERVOLL, D. E. House prices and relative location. **Cities**, v. 95, n., p. 102373, 2019.

HILL, R. J.; PFEIFER, N.; STEURER, M.; TROJANEK, R. Warning: Some transaction prices can be detrimental to your house price index. **Review of Income and Wealth**, v., n., p. 25, 2023.

HIROTA, S.; SUZUKI-LÖFFELHOLZ, K.; UDAGAWA, D. Does owners' purchase price affect rent offered? Experimental evidence. **Journal of Behavioral and Experimental Finance**, v. 25, n., p. 100260, 2020.

HOLTON, E. F.; BURNETT, M. F. The basics of quantitative research. **Research in organizations: Foundations and methods of inquiry**, v., n., p. 29-44, 2005.

HU, L. R.; HE, S. J.; HAN, Z. X.; XIAO, H.; SU, S. L.; WENG, M.; CAI, Z. L. Monitoring housing rental prices based on social media: An integrated approach of machine-learning algorithms and hedonic modeling to inform equitable housing policies. **Land Use Policy**, v. 82, n., p. 657-673, 2019.

HUANG, Z.; CHEN, R.; XU, D.; ZHOU, W. Spatial and hedonic analysis of housing prices in Shanghai. **Habitat International**, v. 67, n., p. 69-78, 2017.

HUI, E. C. M.; LIANG, C. Spatial spillover effect of urban landscape views on property price. **Applied Geography**, v. 72, n., p. 26-35, 2016.

IBGE. **PNAD Contínua - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**, 2022.

ISLAM, M. S.; HOSSAIN, R.; MORSHED, M. M.; AFRIN, S. The value of environmental (dis)amenities in the urban housing market: Evidence from Khulna, Bangladesh. **Journal of Urban Management**, v. 9, n. 2, p. 180-190, 2020.

KAM, K. J.; CHUAH, S. Y.; LIM, T. S.; LIN ANG, F. Modelling of property market: the structural and locational attributes towards Malaysian properties. **Pacific Rim Property Research Journal**, v. 22, n. 3, p. 203-216, 2016.

KESTENS, Y.; THÉRIAULT, M.; DES ROSIERS, F. Heterogeneity in hedonic modelling of house prices: looking at buyers' household profiles. **Journal of Geographical Systems**, v. 8, n. 1, p. 61-96, 2006.

KRYVOBOKOV, M.; PRADELLA, S.; DES ROSIERS, F. Urban and Peri-Urban Residential Rental Markets in Wallonia: Similar or Different? **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 13, n. 2, p. 461-487, 2020.

LANCASTER, K. J. A New Approach to Consumer Theory. **Journal of Political Economy**, v. 74, n. 2, p., 1966.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**. New York: Chapman and Hall/CRC, 2009

LEUNG, K. M.; YIU, C. Y. Rent determinants of sub-divided units in Hong Kong. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 34, n. 1, p. 133-151, 2019.

LI, B.; JIN, C.; JANSEN, S. J. T.; VAN DER HEIJDEN, H.; BOELHOUWER, P. Understanding the relationship between residential environment, social exclusion, and life satisfaction of private renters in Shenzhen. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 38, n. 4, p. 2449-2472, 2023.

LI, Y. L.; LIN, Y. L.; WANG, J. E.; GEERTMAN, S.; HOOIMEIJER, P. The effects of jobs, amenities, and locations on housing submarkets in Xiamen City, China. **Journal of Housing and the Built Environment**, v., n., p., 2022.

LIMA, G. V. B. D. A.; CARVALHO, A. C. G. D.; MOREIRA, F. G. P.; BASSALO, G. H. M. Real Estate Tendencies in High-Rise Residential Buildings: Case Study in Belém, Amazonia, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 147, n. 4, p. 05021033, 2021.

LIU, Q. C.; ZHAO, P. X.; XIAO, Y.; ZHOU, X.; YANG, J. Walking Accessibility to the Bus Stop: Does It Affect Residential Rents? The Case of Jinan, China. **Land**, v. 11, n. 6, p., 2022.

LIU, Y.; WANG, P.; HE, Z.; DONG, J. Real estate rental market: a 10-year bibliometric-based review. **Economic Research-Ekonomska Istrazivanja**, v. 34, n. 1, p. 1752-1788, 2021.

LIU., G.; ZHAO., J.; WU., H.; ZHUANG., T. Spatial Pattern of the Determinants for the Private Housing Rental Prices in Highly Dense Populated Chinese Cities-Case of Chongqing. **Land**, v. 11, n. 12, p., 2022.

LIVY, M. R. Assessing the housing price capitalization of non-destructive flooding events. **Research in Economics**, v. 77, n. 2, p. 265-274, 2023.

LU, M.; ZHAO, Q. Y.; ZHANG, J. Q.; POHL, K. M.; LI, F. F.; NIEBLES, J. C.; ADELI, E.; IEEE COMP, S. O. C. Metadata Normalization. In: IEEE/CVF Conference on

Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2021, Electr Network:LOS ALAMITOS: Ieee Computer Soc, Jun 19-25, p. 10912-10922.

MACIEL, V. F.; BIDERMAN, C. Assessing the effects of the São Paulo's metropolitan beltway on residential land prices. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 373-402, 2013.

MATHUR, S. House price impacts of construction quality and level of maintenance on a regional housing market: Evidence from King County, Washington. **Housing and Society**, v. 46, n. 2, p. 57-80, 2019.

MEDEIROS, R. D. V. V.; CARVALHO, S. T. Modelagem econométrica do preço de alugueis de apartamentos na cidade de Petrópolis-RJ utilizando regressão linear múltipla. **Revista de Economia da UEG**, v. 13, n. 1, p., 2017.

MOLUGARAM, K.; RAO, G. S. Chapter 5 - Curve Fitting. In: Molugaram, K. e Rao, G. S. (Ed.). **Statistical Techniques for Transportation Engineering**: Butterworth-Heinemann, 2017, p.281-292.

MORAN, P. A. P. The Interpretation of Statistical Maps. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 10, n. 2, p. 243-251, 1948.

MORANO, P.; TAJANI, F.; DI LIDDO, F.; DARO, M. Economic Evaluation of the Indoor Environmental Quality of Buildings: The Noise Pollution Effects on Housing Prices in the City of Bari (Italy). **Buildings**, v. 11, n. 5, p., 2021.

NASCIMENTO, E.; FREITAS, J. S. Capturando a complexidade causal: Uma abordagem qualitativa formal para pesquisas explicativas. **Metodologias e Aprendizado**, v. 6, n., p. 648-675, 2023.

NMHC. **American Community Survey**, 2021.

PAIXAO, L. A. R. Hedonic Price Methods and Real Estate Price Index: an Explanatory Study for Apartments Market in Belo Horizonte, Brazil, from 2004 to 2015. **Statistika-Statistics and Economy Journal**, v. 103, n. 2, p. 198-215, 2023.

PAIXÃO, L. A. R.; LUPORINI, V. Índice de preços hedônicos para apartamentos: uma aplicação a dados fiscais de Belo Horizonte, 1995-2012. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 967-993, 2020.

PEREIRA, M. J.; CALASANS, A. J.; DIAS, J. M.; PINHEIRO, M. T. UMA VISÃO GERAL SOBRE MODELAGEM CONCEITUAL. **Salvador/Bahia/Brasil Novembro/2016**, v., n., p., 2016.

PIAGGIO, M. The value of public urban green spaces: Measuring the effects of proximity to and size of urban green spaces on housing market values in San Jose, Costa Rica. **Land Use Policy**, v. 109, n., p., 2021.

PINHEIRO, A. D. C. L.; PONTE, J. P. X.; BARROS, N. S.; SOUZA, R. D. P. D.; LEÃO, M. B. M. S.; SABINO, T. A. G. As Unidades de desenvolvimento humano na região metropolitana de Belém. **Territórios em números: insumos para políticas públicas a**

**partir da análise do IDHM e do IVS de UDHS e regiões metropolitanas brasileiras**, v., n., p., 2017.

PINTO, V. H. L.; FERNANDES, R. A. S. Análise de preços hedônicos no mercado imobiliário residencial de Conselheiro Lafaiete, MG. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, n., p., 2019.

POETA, S.; GERHARDT, T.; STUMPF GONZALEZ, M. Análisis de precios hedónicos de viviendas. **Revista ingeniería de construcción**, v. 34, n., p. 215-220, 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**: Editora Feevale, 2013

QIAO, S.; YEH, A. G. O.; ZHANG, M. Z. Capitalisation of accessibility to dockless bike sharing in housing rentals: Evidence from Beijing. **Transportation Research Part D-Transport and Environment**, v. 90, n., p., 2021.

QU, S.; HU, S.; LI, W.; ZHANG, C.; LI, Q.; WANG, H. Temporal variation in the effects of impact factors on residential land prices. **Applied Geography**, v. 114, n., p. 102124, 2020.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. **Journal of Political Economy**, v. 121, n. 2, p., 1974.

SANTOS, F. A. A. D.; ROCHA, E. J. P. D. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**, v. 1, n. 02, p. 33-55, 2014.

SCHLÄPFER, F.; WALTERT, F.; SEGURA, L.; KIENAST, F. Valuation of landscape amenities: A hedonic pricing analysis of housing rents in urban, suburban and periurban Switzerland. **Landscape and Urban Planning**, v. 141, n., p. 24-40, 2015.

SHEN, Q.; XU, S. M.; LIN, J. Effects of bus transit-oriented development (BTOD) on single-family property value in Seattle metropolitan area. **Urban Studies**, v. 55, n. 13, p. 2960-2979, 2018.

SILVA, D. D.; LOPES, E. L.; JUNIOR, S. S. B. Pesquisa quantitativa: elementos, paradigmas e definições. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 5, n. 1, p. 01-18, 2014.

SILVA, R. R.; ANASTÁCIO, S. S. The Hedonic Price Model of real estate applied to the historic cities of Sao Joao del-Rei, Tiradentes and Santa Cruz de Minas - MG. **Boletim Goiano De Geografia**, v. 42, n. 1, p. 22, 2022.

SIMON, M. K.; GOES, J. Ex post facto research. **Retrieved September**, v. 25, n., p. 2013, 2013.

SOHN, W.; KIM, H. W.; KIM, J.-H.; LI, M.-H. The capitalized amenity of green infrastructure in single-family housing values: An application of the spatial hedonic pricing method. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 49, n., p. 126643, 2020.

SU, S. L.; HE, S. J.; SUN, C. X.; ZHANG, H.; HU, L. R.; KANG, M. J. Do landscape amenities impact private housing rental prices? A hierarchical hedonic modeling

approach based on semantic and sentimental analysis of online housing advertisements across five Chinese megacities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 58, n., p., 2021.

SUKAMOLSON, S. Fundamentals of quantitative research. **Language Institute Chulalongkorn University**, v. 1, n. 3, p. 1-20, 2007.

SUNDING, D. L.; SWOBODA, A. M. Hedonic analysis with locally weighted regression: An application to the shadow cost of housing regulation in Southern California. **Regional Science and Urban Economics**, v. 40, n. 6, p. 550-573, 2010.

TAN, T.-H. The impact of neighborhood types on the prices of residential properties. **Sunway Academic Journal**, v. 7, n., p. 77-88, 2010.

TARUI, N.; URBANSKI, S.; LAM, Q. L.; COFFMAN, M.; NEWFIELD, C. Sea level rise risk interactions with coastal property values: a case study of O'ahu, Hawai'i. **Climatic Change**, v. 176, n. 9, p. 130, 2023.

TIAN, Y. E.; CROPLEY, V.; MAIER, A. B.; LAUTENSCHLAGER, N. T.; BREAKSPEAR, M.; ZALESKY, A. Heterogeneous aging across multiple organ systems and prediction of chronic disease and mortality. **Nature Medicine**, v. 29, n. 5, p. 1221-1231, 2023.

TOBLER, W. R. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. **Economic Geography**, v. 46, n. sup1, p. 234-240, 1970.

TOMAL, M. Modelling Housing Rents Using Spatial Autoregressive Geographically Weighted Regression: A Case Study in Cracow, Poland. **Isprs International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6, p., 2020.

TREINTA, F. T.; FARIAS FILHO, J. R.; SANT'ANNA, A. P.; RABELO, L. M. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. **Production**, v. 24, n., p. 508-520, 2014.

TROJANEK, R.; GLUSZAK, M. Short-run impact of the Ukrainian refugee crisis on the housing market in Poland. **Finance Research Letters**, v. 50, n., p. 6, 2022.

TROJANEK, R. HOW DO DIFFERENT NOISE POLLUTION SOURCES AFFECT APARTMENT PRICES? **International Journal of Strategic Property Management**, v. 27, n. 6, p. 351-361, 2023.

VALE, S.; DE MELLO-SAMPAYO, F. Effect of Hierarchical Parish System on Portuguese Housing Rents. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p., 2021.

VIEIRA, M. N. A.; ALVES, C. N.; FERREIRA, V. D. S.; BARBOSA, C. N. L. Modeling of geological-geotechnical properties in soils of Belém do Pará. v., n., p., 2021.

WARD, M.; GLEDITSCH, K. **Spatial Regression Models**. Thousand Oaks, California, 2008.

WAZLAWICK, R. S. Uma reflexão sobre a pesquisa em ciência da computação à luz da classificação das ciências e do método científico. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 6, n., p. 3-10, 2010.

WEN, H.; ZHANG, Y.; ZHANG, L. Do educational facilities affect housing price? An empirical study in Hangzhou, China. **Habitat International**, v. 42, n., p. 155-163, 2014.

WEN, H.; TAO, Y. Polycentric urban structure and housing price in the transitional China: Evidence from Hangzhou. **Habitat International**, v. 46, n., p. 138-146, 2015.

WHITE, H. A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. **Econometrica**, v. 48, n. 4, p. 817-838, 1980.

WILHELMSSON, M. Demand for rent-regulated apartments in the Swedish housing market. **Housing Studies**, v., n., p. 1-25, 2022.

WILLIAMS, G. The effects of Mass Rapid Transit (MRT) systems on land values. **Journal of Valuation**, v. 8, n. 1, p. 7-23, 1990.

WITTOWSKY, D.; HOEKVELD, J.; WELSCH, J.; STEIER, M. Residential housing prices: impact of housing characteristics, accessibility and neighbouring apartments – a case study of Dortmund, Germany. **Urban, Planning and Transport Research**, v. 8, n. 1, p. 44-70, 2020.

YANG, L.; CHU, X.; GOU, Z.; YANG, H.; LU, Y.; HUANG, W. Accessibility and proximity effects of bus rapid transit on housing prices: Heterogeneity across price quantiles and space. **Journal of Transport Geography**, v. 88, n., p. 102850, 2020.

ZANGIROLAMI-RAIMUNDO, J.; ECHEIMBERG, J. D. O.; LEONE, C. Research methodology topics: Cross-sectional studies. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n., p. 356-360, 2018.

ZHANG, L. Flood hazards impact on neighborhood house prices: A spatial quantile regression analysis. **Regional Science and Urban Economics**, v. 60, n., p. 12-19, 2016.

ZHANG, M.; CHEN, J. Unequal school enrollment rights, rent yields gap, and increased inequality: The case of Shanghai. **China Economic Review**, v. 49, n., p. 229-240, 2018.

ZHANG, T. Z.; ZENG, Y. X.; ZHANG, Y. J.; SONG, Y.; LI, H. X. The Heterogenous Demand for Urban Parks between Home Buyers and Renters: Evidence from Beijing. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p., 2020.