

# UFPA

PPGEC

# Universidade Federal do Pará

---



Gabriel Villas Boas de Amorim Lima

## **Influência de inundações no valor de aluguel de imóveis comerciais em Belém, Brasil**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo  
Professor Dr. Renato Martins das Neves

Belém – Pará – Brasil

2021

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



GABRIEL VILLAS BOAS DE AMORIM LIMA

**INFLUÊNCIA DE INUNDAÇÕES NO VALOR DE ALUGUEL DE IMÓVEIS  
COMERCIAIS EM BELÉM, BRASIL**

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. Renato Martins das Neves

Belém – Pará – Brasil

2021

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Gabriel Villas Boas de Amorim Lima

TÍTULO: Influência de inundações no valor de aluguel de imóveis comerciais em Belém, Brasil

GRAU: Mestre ANO: 2021

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)**

---

L732i Lima, Gabriel Villas Boas de Amorim.  
Influência de inundações no valor de aluguel de imóveis comerciais em Belém, Brasil / Gabriel Villas Boas de Amorim Lima. — 2021.  
129 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Renato Martins das Neves  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, Belém, 2021.

1. Mercado imobiliário. 2. Áreas comerciais. 3. Regressão MQO. 4. Aquisições imobiliárias. I. Título.

CDD 624

---



## INFLUÊNCIA DE INUNDAÇÕES NO VALOR DE ALUGUEL DE IMÓVEIS COMERCIAIS EM BELÉM, BRASIL

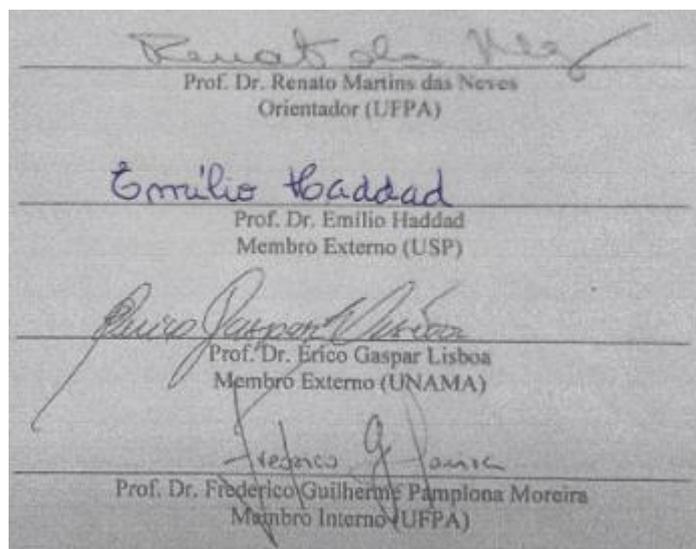
AUTOR:

**GABRIEL VILLAS BOAS DE AMORIM LIMA**

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: 27/09/2021

BANCA EXAMINADORA:



Visto:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço  
Coordenador do PPGEC/ITEC/UFPA

Dedico esta dissertação a todos aqueles que acreditam em minhas conquistas acadêmicas e que torcem pelo meu sucesso.

## AGRADECIMENTOS

Apesar de escrita com somente duas mãos, este trabalho é fruto de inúmeras mentes, corpos e corações que auxiliaram este pesquisador através de todo o suporte emocional e técnico que esse desafio depreendeu. Em primeiro lugar, agradeço a mim mesmo, que nunca desisti de concluir essa importante fase da minha vida, que certamente me trará frutos. Também é pertinente agradecer às energias do universo que, embora por vezes pareceram conspirar contra nossas vontades, nos mostram a médio e longo prazo que nosso caminho pode ser mais do que aquilo que planejamos (e sonhamos).

Agradeço também aos meus pais, Graça Amorim e Paulo Lima, que me proporcionaram uma educação de qualidade, o que subsidiou minha chegada até este momento, um privilégio que infelizmente para muitos não é possível. Agradeço também ao meu companheiro, Adriano Pantoja, que me suportou e consolou em todos os momentos de medo, desespero e euforia que naturalmente fazem parte dessa caminhada. Obrigado por dividir a vida comigo. Te amo.

Agradeço aos meus amigos que, embora possam nem reconhecer meu rosto pessoalmente depois este período pós-pandêmico, entendem meus motivos de ausência e torcem pelo meu sucesso e felicidade. Dentre estes, agradeço aos meus companheiros de pesquisa que me ajudaram a construir o pesquisador que me tornei e me torno a cada dia, como Catarina Granda, Marina Morhy, Felipe Moreira, Diego Crispim, Erika Nabiça, Luiz Azevedo, Ivan Araújo, dentre inúmeros que apoiam e acreditam na ciência que produzo.

Agradeço aos meus amigos de mestrado, como Samires Freitas, Kewin Fonseca, Janelson Brito e Renara Durães, que foram essenciais para que este processo pudesse ser mais leve. Obrigado pelos momentos e pela amizade. Agradeço também a elas, Luma Guimarães, Heullem Uyhara Amorim e Silmara Brito, que até hoje aguentam minha personalidade exótica. Obrigado por fazerem de mim alguém melhor. A eles, meus amigos da vida, Carla Platilha, Bárbara Ferreira, Bárbara Pismel, Érica Leal, Hernani Silva e outros, agradeço pela alegria, ombro e motivação de hoje e sempre.

Agradeço também aos professores José Júlio Ferreira Lima e Luiz Maurício Furtado Maués, que me acompanharam nesta trajetória acadêmica e me inspiraram a seguir na pesquisa. Obrigado pela disponibilidade e ajuda com todas as dúvidas que tive.

Agradeço ao professor André Montenegro, responsável por sugerir o recorte do estudo em propriedades comerciais logo na fase de concepção da pesquisa. Este trabalho existe

devido ao senhor. Obrigado pelas sugestões de melhoria desta dissertação, que foram essenciais para que a problemática fosse melhor entendida.

Agradeço ao professor Emilio Haddad, que aceitou participar da banca. Suas contribuições tornaram este estudo mais coeso e relevante.

Agradeço ao professor Érico Lisboa, pela paciência e prontidão em me ajudar durante inúmeras noites com a conclusão e análise deste estudo. É importante e motivador para um futuro docente, como sou, ver sua dedicação em contribuir para o crescimento dos alunos. Muito obrigado.

Agradeço ao professor Frederico Moreira, por me guiar desde a graduação no mundo da análise econométrica, que hoje não vivo sem. Lhe agradeço também pela parceria e amizade que construímos ao longo dessa jornada e por me inspirar a ser um pesquisador, professor e pessoa melhor. Eterna gratidão por me ensinar aquilo que (nem) a estatística consegue ensinar.

Agradeço ao professor Renato das Neves, que aceitou esse desafio comigo há 19 meses. Obrigado por acreditar em mim quando eu mesmo não acharia que podia dar certo. Obrigado por me mostrar o maravilhoso mundo da educação em engenharia, linha de pesquisa que também pretendo atuar. Obrigado pelos ensinamentos de academia e de vida, por ser meu mentor e amigo. Obrigado.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), nas figuras do senhor Coordenador Professor Marcelo Picanço e da senhora Secretária Executiva Sanny Assis, pelo pronto atendimento a quaisquer dúvidas e demandas que surgiram ao longo deste processo.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que me possibilitou concluir esta etapa. Sem investimento, a ciência não avança. Que novos ares soprem em 2022 e que o Brasil passe a valorizar aqueles que trabalham para produzir ciência e levar educação de qualidade a todos os níveis de ensino.

Agradeço à Coordenadoria de Defesa Civil e à Secretaria Municipal de Saneamento de Belém, pelo solícito atendimento com dados e informações para esta pesquisa. Obrigado por entenderem o valor da ciência para o contexto local.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Pará (UFPA), minha casa há 7 anos, onde guardo parte do meu coração. Só quem a vive sabe a falta que faz não admirar as tardes preguiçosas na beira do Rio Guamá. Obrigado por me fazer mais humano. Obrigado por formar o engenheiro, homem e cidadão que me tornei.

## **ENCHENTE**

“Chama o Alexandre!

Chama!

Olha a chuva que chega!

É a enchente.

Olha o chão que foge com a chuva...

Olha a chuva que encharca a gente.

Põe a chave na fechadura.

Fecha a porta por causa da chuva,

olha a rua como se enche!

Enquanto chove, bota a chaleira

no fogo: olha a chama! olha a chispa!

Olha a chuva nos feixes de lenha!

Vamos tomar chá, pois a chuva

é tanta que nem de galocha

se pode andar na rua cheia!

Chama o Alexandre!

Chama!”

(MEIRELES, Cecília – Enchente)

## RESUMO

LIMA, G. V. B. de A. **Influência de inundações no valor de aluguel de imóveis comerciais em Belém, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 2021.

O valor dos imóveis é diretamente afetado por externalidades, como atributos do entorno, da localização ou da consequência de eventos naturais. Na literatura de propriedades residenciais, explora-se de forma abrangente como as inundações podem influenciar na desvalorização imobiliária. Entretanto, esta constatação ainda é um problema pouco investigado a partir das propriedades comerciais. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi aferir a influência da suscetibilidade a inundações na valoração dos aluguéis de imóveis comerciais em Belém-PA, onde as regiões comerciais mais importantes da cidade estão em áreas frequentemente inundadas. Para isso, empregou-se o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para prever o efeito da inserção de imóveis em zonas de suscetibilidade a inundações no valor do aluguel por metro quadrado de 586 propriedades comerciais. Os resultados indicaram que propriedades localizadas em áreas altamente suscetíveis a inundações tendem a ser desvalorizadas em 9,78% em relação a propriedades localizadas em zonas sem suscetibilidade a inundações. Para cada transição entre zonas de suscetibilidade a inundações (baixa, média e alta), os imóveis comerciais tendem a reduzir seus valores unitários de aluguel em 3,26%. Ademais, indicou-se que a magnitude da influência da suscetibilidade a inundações é reduzida quando moderada pela testada do imóvel, pois os ganhos decorrentes da propriedade ter maior extensão frontal é mais expressiva do que a desvalorização gerada pelos potenciais danos provocados pelas inundações. A análise de sensibilidade do modelo revelou uma capacidade de extrapolação de resultados mais consistentes para a faixa entre 13 e 36 R\$/m<sup>2</sup>. Há contribuição científica latente ao indicar que este estudo é o primeiro a verificar a relação entre inundações e valoração de aluguéis comerciais em um país emergente, enquanto que a contribuição mercadológica consiste no suporte a investidores ao utilizar o modelo como ferramenta de tomada de decisão para aquisições imobiliárias.

**Palavras-chave:** Mercado imobiliário; Áreas comerciais; Regressão MQO; Aquisições imobiliárias.

## ABSTRACT

LIMA, G. V. B. de A. **Flood influence on commercial property rents in Belém, Brazil.** M.Eng. thesis, Graduate Program in Civil Engineering, Federal Univ. of Pará, Belém, Brazil, 2021.

The real estate appraisal might be driven by externalities, such as surrounding, locational, and natural attributes. In residential property studies, flood influence in housing valuation is a well-known subject; however, there is a gap in commercial real estate. Thus, this thesis sought to assess if flood influences commercial property rents in Belém-PA, Northern Brazil, a city where flood-prone areas concentrate the most significant retail activity. To this, OLS regression models predicted the impact of flood-prone-zone locations on the marginal rents in a 586 commercial property database. The results revealed that highly flood-prone zones reduce commercial rents by 9.78% rather than in no flood-prone ones. It decreased 3.26% in rent values between each flood-prone zone (low, medium, and high). When moderated by the property frontage, the impact of flood-prone zone diminished because more prominent facades induced more consumer attraction, thus demand. The sensitive analysis revealed an accuracy in predicting commercial rents ranging from 13 to 36 reais per square meter. The scientific-added value concerns the novelty approach in evaluating flood influence in commercial property rents in emerging country scenarios. Besides, it assists investors by using the econometric model as a decision-maker support tool to acquire commercial real estate.

**Keywords:** Real estate; Commercial areas. OLS regression; Real estate acquisitions.

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1.1</b> Comerciante enfrentando a inundação em Belém-PA .....                        | 18  |
| <b>Figura 1.2</b> Eventos hidrológicos mensais para Belém em 2020.....                         | 24  |
| <b>Figura 2.1</b> Classificação dos imóveis urbanos (ABNT NBR 14653-2/2011) .....              | 27  |
| <b>Figura 2.2.</b> Tipos de inundação .....  | 38  |
| <b>Figura 2.3</b> Hidrograma de bacia rural e depois urbanizada.....                           | 39  |
| <b>Figura 2.4</b> Estágios da canalização de cursos d'água.....                                | 40  |
| <b>Figura 3.1</b> Registros de inundações no chb em 2019 e 2020. ....                          | 46  |
| <b>Figura 3.2</b> Expansão urbana e condições topográficas de Belém .....                      | 47  |
| <b>Figura 3.3</b> Diversidade comercial na nova Belém.....                                     | 49  |
| <b>Figura 3.4</b> Zoneamentos urbano e especial de Belém .....                                 | 50  |
| <b>Figura 3.5</b> Gestão hidrográfica de Belém.....  | 53  |
| <b>Figura 4.1</b> Delineamento da pesquisa.....  | 57  |
| <b>Figura 4.2</b> Rotina de modelagem .....  | 59  |
| <b>Figura 4.3</b> Processo de sobreposição de bases .....                                      | 67  |
| <b>Figura 5.1</b> Espacialização da valorização imobiliária comercial .....                    | 77  |
| <b>Figura 5.2</b> Espacialização dos imóveis por bairro.....                                   | 78  |
| <b>Figura 5.3</b> Distribuição espacial das variáveis locacionais .....                        | 81  |
| <b>Figura 5.4</b> Distribuição espacial das variáveis ambientais.....                          | 83  |
| <b>Figura 5.5</b> Transformação da variável dependente.....                                    | 86  |
| <b>Figura 5.6</b> Pontos influenciantes .....  | 93  |
| <b>Figura 5.7</b> Efeito da moderação <i>INUNDXTEST</i> .....                                  | 95  |
| <b>Figura 5.8</b> Distância de cook para $M_7$ .....   | 98  |
| <b>Figura 5.9</b> Função do erro de estimação econométrica .....                               | 100 |
| <b>Figura 5.10</b> Faixa de predictabilidade do modelo .....                                   | 101 |
| <b>Figura 5.11</b> Imóveis comerciais sub e supervalorizados em Belém.....                     | 102 |
| <b>Figura 6.1</b> Percentuais médios da influência global das inundações em propriedades ..... | 104 |
| <b>Figura 6.2</b> Base de dados que monitora a circulação comercial.....                       | 108 |
| <b>Figura A.1</b> Comportamento da variável <i>TESTADA</i> .....                               | 131 |
| <b>Figura A.2</b> Comportamento das variáveis <i>INFRA</i> e <i>RENDA</i> .....                | 131 |
| <b>Figura A.3</b> Comportamento das variáveis <i>DIST-VP</i> e <i>DIST-ENT</i> .....           | 132 |
| <b>Figura A.4</b> Comportamento das variáveis <i>COTA</i> e <i>TX_DREN</i> .....               | 132 |
| <b>Figura A.5</b> Histograma dos resíduos do modelo final.....                                 | 133 |
| <b>Figura A.6</b> Dispersão dos resíduos do modelo final.....                                  | 133 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 2.1.</b> Métodos de identificação do valor de imóveis urbanos .....    | 28 |
| <b>Quadro 2.2</b> Fases de gestão das águas urbanas .....                        | 36 |
| <b>Quadro 2.3</b> Impactos socioeconômicos de inundações .....                   | 40 |
| <b>Quadro 2.4</b> Impactos das inundações no mercado imobiliário .....           | 43 |
| <b>Quadro 3.1</b> Caracterização do zoneamento urbano continental de belém ..... | 50 |
| <b>Quadro 4.1</b> Características das zonas de inundação.....                    | 64 |
| <b>Quadro 4.2</b> Definição das variáveis dos modelos .....                      | 65 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 3.1</b> Tecnologias construtivas dos canais de Belém.....                   | 52 |
| <b>Tabela 3.2</b> Características das bacias hidrográficas continentais de Belém..... | 54 |
| <b>Tabela 5.1</b> Análise descritiva dos dados imobiliários .....                     | 76 |
| <b>Tabela 5.2</b> Análise descritiva dos dados locacionais.....                       | 79 |
| <b>Tabela 5.3</b> Análise descritiva dos dados ambientais .....                       | 82 |
| <b>Tabela 5.4</b> Matriz de correlação .....  | 84 |
| <b>Tabela 5.5</b> Modelos econométricos preliminares .....                            | 88 |
| <b>Tabela 5.6</b> Variação altimétrica segundo a suscetibilidade a inundação.....     | 92 |
| <b>Tabela 5.7</b> Modelos econométricos moderados.....                                | 94 |
| <b>Tabela 5.8</b> Testada segundo a suscetibilidade a inundação.....                  | 95 |
| <b>Tabela 5.9</b> Modelo econométrico final .....                                     | 97 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>15</b> |
| 1.1      | JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA .....                                   | 16        |
| 1.2      | OBJETIVOS .....  | 19        |
| 1.2.1    | <b>Objetivo Geral</b> .....  | 19        |
| 1.2.2    | <b>Objetivos Específicos</b> .....   | 19        |
| 1.3      | HIPÓTESES DE PESQUISA .....  | 20        |
| 1.4      | FRONTEIRAS DE PESQUISA .....   | 23        |
| 1.5      | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....  | 25        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | <b>26</b> |
| 2.1      | AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA .....  | 26        |
| 2.1.1    | <b>Engenharia de avaliações</b> .....  | 26        |
| 2.1.2    | <b>Avaliação de imóveis urbanos</b> .....                                    | 27        |
| 2.1.3    | <b>Métodos de avaliação de imóveis urbanos</b> .....                         | 28        |
| 2.1.4    | <b>Avaliação de imóveis comerciais</b> .....                                 | 29        |
| 2.1.5    | <b>Localização de imóveis comerciais</b> .....                               | 30        |
| 2.1.6    | <b>Aluguéis comerciais</b> .....   | 31        |
| 2.1.7    | <b>Determinantes no valor de aluguéis comerciais</b> .....                   | 33        |
| 2.2      | GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS .....   | 35        |
| 2.2.1    | <b>Águas e Planejamento Urbano</b> .....                                     | 35        |
| 2.2.2    | <b>Inundações</b> .....  | 38        |
| 2.2.3    | <b>Inundações e impactos socioeconômicos</b> .....                           | 40        |
| 2.2.4    | <b>Inundações e mercado imobiliário</b> .....                                | 43        |
| 2.2.5    | <b>Inundações e propriedades comerciais: negócios por água abaixo?</b> ..... | 44        |
| <b>3</b> | <b>ESTUDO DE CASO</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA</b> .....   | <b>55</b> |
| 4.1      | DEFINIÇÃO DA PESQUISA .....  | 55        |
| 4.2      | DELINEAMENTO DA PESQUISA .....   | 56        |
| 4.2.1    | <b>Fase 1: Referencial Teórico</b> .....                                     | 57        |
| 4.2.2    | <b>Fase 2: Estudo de Caso</b> .....  | 58        |
| 4.2.3    | <b>Fase 3: Modelagens hedônicas</b> .....                                    | 58        |
| 4.2.4    | <b>Fase 4: Contribuições da Pesquisa</b> .....                               | 60        |
| 4.3      | COLETA DE DADOS .....  | 60        |
| 4.3.1    | <b>Dados imobiliários</b> .....  | 60        |
| 4.3.2    | <b>Dados locacionais</b> .....   | 61        |
| 4.3.3    | <b>Dados ambientais</b> .....  | 63        |
| 4.3.4    | <b>Definição do modelo</b> .....   | 65        |
| 4.4      | PROCESSAMENTO DE DADOS .....   | 67        |
| 4.4.1    | <b>Sobreposição de bases</b> .....   | 67        |
| 4.4.2    | <b>Micronumerosidade</b> .....   | 68        |
| 4.4.3    | <b>Pontos discrepantes e influenciantes</b> .....                            | 68        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.5      | ANÁLISE DE DADOS .....   | 69         |
| 4.5.1    | <b>Estatística descritiva</b> .....                            | 69         |
| 4.5.2    | <b>Modelagem econométrica</b> .....                            | 70         |
| 4.5.3    | <b>Sensibilidade dos modelos</b> .....                         | 72         |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS.....</b>   | <b>76</b>  |
| 5.1      | CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....                                 | 76         |
| 5.1.1    | <b>Síntese das variáveis imobiliárias</b> .....                | 76         |
| 5.1.2    | <b>Síntese das variáveis locacionais</b> .....                 | 79         |
| 5.1.3    | <b>Síntese das variáveis ambientais</b> .....                  | 81         |
| 5.1.4    | <b>Síntese integrada das variáveis</b> .....                   | 83         |
| 5.2      | MODELO ECONOMÉTRICO .....                                      | 86         |
| 5.2.1    | <b>Modelos econométricos preliminares</b> .....                | 86         |
| 5.2.2    | <b>Modelos econométricos moderados</b> .....                   | 93         |
| 5.2.3    | <b>Modelo econométrico final</b> .....                         | 97         |
| 5.3      | SENSIBILIDADE DOS MODELOS .....                                | 100        |
| <b>6</b> | <b>DISCUSSÕES.....</b>   | <b>104</b> |
| 6.1      | INUNDAÇÕES E ALUGUÉIS COMERCIAIS EM BELÉM.....                 | 104        |
| 6.2      | O MODELO ECONOMÉTRICO.....                                     | 106        |
| 6.3      | DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS COMERCIAIS EM BELÉM ..... | 110        |
| <b>7</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                              | <b>114</b> |
| 7.1      | LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS .....                           | 115        |
| 7.2      | CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....                                 | 116        |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                       | <b>118</b> |
|          | <b>APÊNDICE A – ANÁLISE GRÁFICA .....</b>                      | <b>131</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Conflitos decorrentes de uma urbanização acelerada e não planejada afetam fortemente a vida nas cidades, tanto em curto quanto a longo prazo (RENIGIER-BIŁOZOR; BIŁOZOR; WISNIEWSKI, 2017). Estes problemas, que podem advir de causas naturais ou antropogênicas, interferem nas dinâmicas de moradia, trabalho, lazer e circulação dos habitantes – reduzindo potencialmente o aproveitamento do espaço urbano (VILLAÇA, 2001; PATHAK *et al.*, 2020). Nesta perspectiva, quando tais conflitos não são prevenidos, mitigados, compensados ou controlados, percebe-se a existência de um efeito negativo direto de suas manifestações sobre diversas políticas setoriais, especialmente as econômicas.

Como resultado, observa-se que as dinâmicas urbanas acabam se moldando às características destes conflitos. A exemplo de tais questões, podem ser citados os casos em regiões com alta poluição atmosférica, onde a obrigatoriedade de instalação de dispositivos dissipadores de poluentes em veículos e o monitoramento simultâneo de emissões aumentam o custo de operação de indústrias e serviços, como é o caso de cidades libanesas e chinesas (MARROUCH; SAYOUR, 2021; ZOU, 2019).

Recentemente, cidades com altas taxas de contaminação durante a pandemia do Covid-19 implantaram sistemas rígidos de restrição à circulação, o que prejudicou as atividades comerciais locais (BRETAS; ALON, 2020; HOESLI; MALLE, 2021; NANDA; XU; ZHANG, 2021). Além disso, inundações, como as ocorridas em cidades chinesas e alemãs em julho de 2021 (REUTERS, 2021), incorrem perdas materiais e humanas. Neste contexto, diversos setores econômicos buscam desenvolver mecanismos que possam prever ou compensar tais efeitos negativos em suas dinâmicas comerciais, como é o caso do mercado imobiliário. Correspondendo a 13% do PIB mundial (RYFAN, 2018) e a 6,3% do PIB brasileiro (FIGUERÊDO, 2017), a indústria da construção torna-se altamente suscetível aos conflitos decorrentes da urbanização, pois seu produto é estático e essencialmente urbano, o que substancia a busca por soluções críveis que evitem a redução do seu valor.

No Brasil, esta preocupação é potencializada ao se constatar que a maioria das cidades apresenta problemas críticos relacionados à mobilidade, degradação ambiental e incidência de eventos hidrogeológicos, como deslizamentos de massas de terra e inundações (NINA; SZLAFSZTEIN, 2018; DIAS; SZLAFSZTEIN, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2021; PAUMGARTTEN; MAUÉS; ROCHA, 2021). Tais problemáticas são percebidas pela indústria da construção através da variação do valor dos imóveis segundo a suscetibilidade de exposição a tais desamenidades, destacado por Rosen (1974) como elemento vital na determinação do valor imobiliário.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

A definição do valor de mercado de um imóvel é um processo complexo que incorpora diversos atributos que influenciam direta e indiretamente em sua magnitude. A subárea da construção civil responsável pela investigação deste valor é a Engenharia de Avaliações, um campo científico essencial na determinação de métricas para o funcionamento do mercado imobiliário (DUARTE *et al.*, 2013). Nesta subárea do saber, há um interesse expressivo em investigar quais atributos impactam o valor de mercado de propriedades imobiliárias, especialmente as residenciais, podendo ser características físicas do próprio imóvel – como a área, o número de cômodos, o estado de conservação, do seu entorno – como facilidades próximas, índices de violência – e de sua localização – como o acesso a transportes, a exposição a desastres naturais, etc. (MOOYA, 2016; GELTNER; NEUFVILLE, 2018)

Por outro lado, pesquisas sobre o valor de propriedades comerciais são mais restritas, especialmente quando se almeja investigar estudos de caso em países emergentes (ABIDOYE; CHAN, 2018). Na literatura especializada de avaliações de bens imóveis, as propriedades comerciais são investigadas pelas suas vocações, sejam elas corporativas ou comerciais/varejistas. A vocação comercial compreende um nicho de pesquisa crescente no cenário internacional, de modo que o interesse no lançamento de edifícios corporativos altera dinâmicas urbanas em cidades como Istambul (BERA; UYAR, 2019), Melbourne (LIANG; REED; CRABB, 2018), Nova York (LENS; MELTZER, 2016) e São Paulo (ALENCAR; LIMA-JR; MONETTI, 2017; COSTA; FUERST; MENDES-DA-SILVA, 2018).

Em contrapartida, a vocação varejista possui uma abrangência ainda menor, cujas evidências são restritas a cidades como Belo Horizonte (ALMEIDA *et al.*, 2021), Nova York (MELTZER; GOULD; LI, 2021), Xangai (MURAKAMI; CHANG, 2018) e Vancouver (COHEN; BROWN, 2017). Em estudos que se dedicam à vocação varejista, há uma preocupação com a relação entre os imóveis comerciais e fatores externos que modificam as dinâmicas comerciais onde a propriedade se situa – como tráfego, atração de consumidores, violência e suscetibilidade a desastres naturais (CLARK; PENNINGTON-CROSS, 2016; WANG *et al.*, 2017; CLARK; HOOD; BIRKIN, 2021; FISHER; RUTLEDGE, 2021).

Dentre as desamenidades urbanas<sup>1</sup> mais observadas, estão as inundações. Caracterizadas pelo trasbordamento de águas a partir da elevação do nível de corpos hídricos urbanos ou pela ineficácia dos sistemas de drenagem, as inundações incorrem em prejuízos sociais, econômicos e ambientais relevantes no espaço urbano (TUCCI, 2008). Seus efeitos

---

<sup>1</sup> Efeito externo ao imóvel que resulta na desvalorização da propriedade. Termo usualmente empregado quando examinados atributos de origem natural ou que compreendem elementos da paisagem (MOOYA, 2016)

podem gerar desde obstruções pontuais no tráfego até a evacuação de áreas urbanas, e consequentemente perdas humanas e materiais que equivalem a bilhões de unidades monetárias (SUŠNIK *et al.*, 2014; SVETLANA; RADOVAN; JÁN, 2015; RILO *et al.*, 2017; MOHTAR *et al.*, 2020). Nesse contexto, diversos estudos dedicaram-se a entender como áreas urbanas suscetíveis a inundações podem ter suas respectivas dinâmicas imobiliárias alteradas (BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2015; THANVISITTHPON *et al.*, 2020; KOÇ; NATHO; THIEKEN, 2021).

Desta forma, observa-se que a suscetibilidade a inundação é um fenômeno complexo e urgente de ser investigado em estudos sobre avaliação de imóveis, dado que estes eventos incidem diretamente na determinação de seus valores. Em pesquisas sobre propriedades residenciais, a consideração dos efeitos de inundações é relativamente explorada, com abrangentes evidências sobre seus impactos na valorização imobiliária (ZHAI; FUKUZONO; IKEDA, 2003; EVES, 2004; MCKENZIE; LEVENDIS, 2010; SCHAEFER, 2013; RAJAPAKSA *et al.*, 2016; JUNG; YOON, 2018). Todavia, esta mesma tendência não é observada em pesquisas sobre propriedades comerciais, sendo restritas a um pequeno grupo de pesquisadores (BHATTACHARYA *et al.*, 2013; BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2016; LAMOND *et al.*, 2019).

Deste modo, verificou-se a primeira lacuna na literatura que este estudo busca explorar: a interface entre avaliação de imóveis comerciais e a suscetibilidade a inundação. Outro ponto que merece destaque é o lugar de investigação, de modo que os estudos de caso até então investigados compreendem somente cenários urbanos europeus. Esta condição restringe eventuais extrapolações dos efeitos das inundações nos imóveis comerciais, visto que existem diversidades sociais, culturais, econômicas e naturais substancialmente estabelecidas, especialmente quando se almeja extrapolar para cenários de países emergentes. Deste ponto, delimitou-se que esta investigação compreenderia um estudo de caso em uma realidade emergente e que apresentasse uma relação consistente na interface identificada.

Ao considerar esta estratégia, verificou-se a potencialidade de se estudar tal interface na cidade de Belém do Pará, região norte do Brasil. Localizada em um sítio altamente suscetível a inundações, a maior parte da região comercial da cidade se desenvolveu em uma área ribeirinha, cujos eventos de inundações são recorrentes. Esta condição explicita uma relação direta entre as dinâmicas comerciais estabelecidas e os eventos supracitados, como se pode observar no extrato de uma notícia veiculada na imprensa local em 2019:

**“Maré alta provoca transtornos no Ver-O-Peso pelo segundo dia consecutivo.**

[...]

Pelo segundo dia consecutivo, a maré alta provocou alagamento na área do Ver-o-Peso, no início desta tarde de sexta-feira (22), em Belém. Dessa vez, não houve chuva neste horário, mas o transbordamento da maré, com nível atingindo 3.5m por volta das 13H2A2, foi suficiente para causar novos transtornos para feirantes, comerciantes, ambulantes, condutores e pedestres.

Na avenida Portugal, próximo ao mercado do Ver-o-Peso, o trânsito ficou um pouco lento devido à dificuldade para locomoção na água. ‘Quem puder evitar este trecho nessa época, evite. Costumo frequentar o mercado porque trabalho com venda de açai. Estou acostumado a ver essa agonia entre motoristas na inundação’, contou o comerciante Manoel Júnior.

Nas ruas Quinze de Novembro e Conselheiro João Alfredo, no Comércio, muitas lojas foram invadidas pela água. Alguns vendedores até brincaram com uma linha de anzol e fingiram que estavam pescando com um peixe de verdade nas mãos. Enquanto isso, outros comerciantes estavam com vassoura e rodo nas mãos para tentar escoar a água de dentro e de frente dos estabelecimentos.” (Jornal O Liberal, edição do dia 22 de fev. 2019<sup>2</sup>)

Dessa forma, evidencia-se que existe uma aparente influência direta entre a ocorrência de inundações e a dinâmica comercial da cidade, originando conflitos, prejuízos e restrições à economia da cidade e das propriedades comerciais (Figura 1.1). Estes aspectos indicam a relevância desta pesquisa em múltiplas escalas.

**Figura 1.1** Comerciante enfrentando a inundação em Belém-PA



Fonte: Registro de Claudio Pinheiro e Propriedade do Jornal O Liberal<sup>1</sup>

Na esfera local, este estudo terá expressiva importância enquanto subsídio técnico na definição de políticas públicas que orientam a promoção do desenvolvimento econômico e o planejamento para investidores imobiliários em adquirir propriedades em regiões mais valorizadas. Na esfera nacional, esta pesquisa definirá uma das primeiras evidências acerca do impacto quantitativo monetário de inundações em uma cidade brasileira, especialmente as localizadas na região Amazônica. Internacionalmente, este estudo compreende o primeiro

<sup>2</sup> Fotografia pertence ao Jornal O Liberal (<https://www.oliberal.com/belem/mar%C3%A9-alta-provoca-transtornos-no-ver-o-peso-pelo-segundo-dia-consecutivo-1.76355?page=5>).

registro de investigação quantitativa sobre a interface inundações e aluguéis de imóveis comerciais examinando a realidade de país emergente, cujos resultados servirão como referência para futuras pesquisas em outras realidades equiparáveis.

Para operacionalizar esta investigação, pesquisas de avaliação imobiliária costumam adotar como estratégia metodológica a modelagem econométrica – a utilização de regressões lineares múltiplas. A modelagem econométrica compreende a utilização de inferência estatística de regressão linear que captura a variação de explicação da variável dependente (usualmente o valor da propriedade) em relação à variação de variáveis independentes ou regressoras, relacionadas a atributos imobiliários, locacionais e ambientais, dentre eles, as desamenidades urbanas (LIANG; WILHELMSSON, 2011; NASE; BERRY; ADAIR, 2013). Quando a variável dependente for quantitativa e de aspecto contínuo (como o valor unitário de aluguéis, em R\$/m<sup>2</sup>), convém-se utilizar regressões que recorram aos métodos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO (FIELD, 2017).

## 1.2 OBJETIVOS

Partindo da justificativa e necessidade de investigação supracitadas, indica-se que esse estudo foi motivado a partir das seguintes perguntas de pesquisa: As inundações influenciam no valor unitário de aluguel de imóveis comerciais na cidade de Belém? Se afirmativo, o quanto influenciam? A partir disso, delimitou-se os objetivos geral e específicos desta dissertação.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é verificar se a suscetibilidade a inundação influencia no valor do aluguel de imóveis comerciais na cidade de Belém-PA, Brasil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os três objetivos específicos deste estudo são:

- **O.E.1.:** Verificar se a relação entre três possíveis níveis de suscetibilidade a inundação (baixa, média e alta) e o valor unitário dos aluguéis de imóveis comerciais em Belém é estatisticamente significativa através da construção de modelos econométricos;
- **O.E.2.:** Identificar funções moderadoras que suavizem ou intensifiquem o impacto das inundações sobre o valor unitário do aluguel de imóveis comerciais em Belém;

- **O.E.3.:** Avaliar a possibilidade de extrapolação dos modelos econométricos através de análises de sensibilidade, utilizando observações não consideradas nas modelagens.

### 1.3 HIPÓTESES DE PESQUISA

Em relação às inundações ribeirinhas, decorrentes do transbordamento de canais e dos corpos d'água urbanos, sugere-se que há diferença estatística em relação à natureza do impacto (positivo ou negativo) na valorização imobiliária. De maneira consensual, diversos estudos indicam que a suscetibilidade a inundações influencia negativamente a valorização imobiliária (SCHAEFER, 2013; RAJAPAKSA *et al.*, 2016; JUNG; YOON, 2018; ZULKARNAIN *et al.*, 2020). Todavia, quando fatores associados a características do imóvel, do entorno ou das condições naturais do sítio são considerados na avaliação imobiliária, o efeito das inundações sobre a desvalorização das propriedades pode ser mitigado (BABCOCK; MITCHELL, 1981). Desta forma, pode-se entender que a moderação de aspectos imobiliários, locacionais e ambientais sobre a relação entre a suscetibilidade a inundações e a valorização imobiliária comercial pode mitigar a desvalorização de determinadas propriedades, mesmo que estejam em áreas altamente suscetíveis a inundações.

Neste contexto, a cidade de Belém desenvolveu sua estrutura urbana a partir dos atuais bairros da Campina e Cidade Velha, às margens da baía do Guajará, onde as inundações são naturalmente recorrentes (MOREIRA, 1989). Nessas áreas, que compreendem o Centro Histórico e Comercial de Belém (CHB), Morhy (2018) indicou que houve uma histórica valorização de propriedades comerciais. Assim, como essa região está diretamente suscetível a inundações (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2016; DIAS; SZLAFSZTEIN, 2020), sugere-se que a relação entre a suscetibilidade a inundações e o valor dos aluguéis seja negativa quando fatores econômico-comerciais não são considerados, o que resultou na Hipótese H1:

**H1.** O valor unitário do aluguel de propriedades comerciais é negativamente influenciado pela suscetibilidade a inundações em Belém.

Todavia, quando a suscetibilidade a inundações é moderada por atributos imobiliários, locacionais e ambientais, esta desvalorização pode ser mitigada, posto que, mesmo suscetíveis a tais desamenidades, os comerciantes ainda buscam consolidar suas atividades nas áreas urbanas mais economicamente atrativas da cidade (BHATTACHARYA *et al.*, 2013;

BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2016). Assim, baseado nesta premissa, estruturou-se a Hipótese H2:

**H2.** O impacto negativo da suscetibilidade a inundações sobre o valor unitário do aluguel de propriedades comerciais em Belém é reduzido quando também são considerados atributos imobiliários, locacionais e ambientais.

Neste contexto, um dos atributos do imóvel mais preponderantes no mercado imobiliário comercial é a testada, ou seja, a extensão frontal de sua propriedade. Segundo a literatura aplicada (O'ROARTY *et al.*, 1997; HUI; YIU; YAU, 2007; LENS; NASE; BERRY; ADAIR, 2013; ZHANG *et al.*, 2015; MELTZER, 2016), maiores testadas aumentam a percepção do imóvel em relação à rua, lugar onde transitam os consumidores. Deste modo, quanto maior for a extensão frontal de um comércio, maior tende a ser a atração de consumidores, logo, obter maior faturamento (NASE; BERRY; ADAIR, 2013). Assim sendo, sugere-se que propriedades suscetíveis a inundações tendem a ter sua desvalorização imobiliária mitigada em função de terem maior testada, o que possibilita aos comerciantes obterem possivelmente maior atratividade e rentabilidade, mesmo sujeitos aos seus potenciais efeitos adversos (BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2015).

Como estes atributos são considerados conjuntamente com a variável referente à suscetibilidade a inundações, indica-se que pode haver uma provável moderação das testadas sobre a magnitude negativa das inundações na valorização imobiliária. Nesse contexto, a função moderadora difere-se da inclusão de atributos igualmente explicativos em um modelo econométrico pois propõem-se uma interação numérica entre dois regressores, investigando uma relação simultânea entre duas características diferentes (FIELD, 2017). Assim, concebeu-se a Hipótese H2A:

**H2A.** A relação entre o valor unitário dos aluguéis comerciais em Belém e a suscetibilidade a inundações tem sua magnitude reduzida quando moderada pela extensão frontal das propriedades.

Outrossim, atributos de localização também podem alterar a relação entre valorização de aluguéis e suscetibilidade a inundações. Conforme apontam diversos estudos (COHEN; BROWN, 2017; CARMONA *et al.*, 2018; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019; MCLEOD; CURTIS, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021), as condições socioeconômicas do entorno dos imóveis comerciais podem influenciar sua valorização. Para Matejowsky (2015), a condição econômica de uma área comercial pode representar como ela

responde aos efeitos adversos das inundações, preparando-se melhor para mitigar os danos materiais e financeiros resultantes. Baseado nessa questão, concebeu-se a Hipótese H2B:

**H2B.** A relação entre o valor unitário dos aluguéis comerciais em Belém e a suscetibilidade a inundações tem sua magnitude reduzida quando moderada pela renda *per capita* média do entorno onde se localizam as propriedades.

Além de critérios imobiliários e locacionais, atributos do sítio urbano também podem moderar a relação entre valorização imobiliária comercial e inundações. Nesse sentido, condições hidrológicas, fluviométricas, pedogênicas ou altimétricas podem moderar a forma na qual as inundações impactam o valor dos imóveis (ALIYU *et al.*, 2016; OSTI; NAKASU, 2016). No contexto local, a cidade de Belém tem sua conformação hipsométrica diretamente associada à suscetibilidade a inundações, denominando “áreas de baixada”, caracterizadas como aquelas com cotas altimétricas abaixo de 4m e ocupadas pela camada socioeconômica hipossuficiente (LIMA *et al.*, 2021; PAUMGARTTEN; MAUÉS; ROCHA, 2021). Para Miranda (2020), a condição topográfica é um fator determinante para as inundações em Belém, o que, conseqüentemente, pode moderar a relação entre sua suscetibilidade de ocorrência e a valorização de imóveis comerciais na cidade. A partir destas concepções, se concebeu a Hipótese H2C:

**H2C.** A relação entre o valor unitário dos aluguéis comerciais em Belém e a suscetibilidade a inundações tem sua magnitude reduzida quando moderada pela cota altimétrica da propriedade.

Para testar as Hipóteses H1 a H2C, adotou-se a técnica de modelagem econométrica, especificamente associada à regressão linear múltipla, cuja estimação dos coeficientes regressores foi efetuada pelo MQO. Por esta modelagem, testou-se a relação de dependência do valor unitário de aluguel de imóveis comerciais em relação ao grau de suscetibilidade da zona de inundações onde os mesmos estão situados, sendo esta relação posteriormente moderada por atributos comparáveis da propriedade (características construtivas, geométricas), de seu entorno (índices socioeconômicos) e do seu sítio (topografia, hidrografia). Assim, a Hipótese H1 foi avaliada por meio do exame da natureza do coeficiente de regressão da variável referente à suscetibilidade a inundações, o qual deve ser negativo em todos os modelos estatisticamente significantes para que H1 seja confirmada.

A Hipótese H2 pôde ser verificada por meio da redução na magnitude do coeficiente do regressor da suscetibilidade a inundações quando covariáveis imobiliárias, locacionais e ambientais eram adicionadas à modelagem. Neste sentido, H2 pode ser confirmada se o

coeficiente for reduzido, à medida que o modelo incorpore mais variáveis estatisticamente significantes, implicando na mitigação do efeito das inundações sobre o valor dos aluguéis em função da consideração de mais covariáveis independentes.

Para as Hipóteses H2A a H2C, as variáveis de moderação foram adicionadas à modelagem para verificar a mudança no comportamento do regressor referente à suscetibilidade a inundação. Desse modo, a confirmação da Hipótese H2A está sujeita à redução do coeficiente da suscetibilidade a inundação quando incluída a moderação da testada. Semelhantemente, as Hipóteses H2B e H2C podem ser confirmadas se a adição das moderações referentes à renda *per capita* e à cota altimétrica, respectivamente, implicarem na redução do coeficiente da variável suscetibilidade a inundação. Nota-se que tanto os regressores referentes à inundação quanto os termos moderadores devem ser estatisticamente significantes (p-valor < 0,1) para que os resultados sejam válidos.

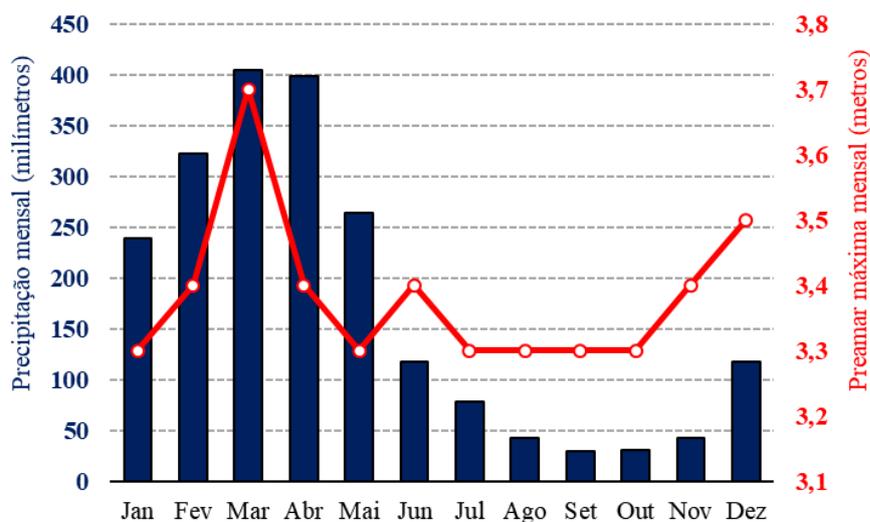
#### 1.4 FRONTEIRAS DE PESQUISA

Esta dissertação possui fronteiras de escopo, recursos humanos e financeiros que delinearão a proposição de procedimentos metodológicos, forma e apresentação dos resultados. Deste modo, o recorte espacial adotado restringe a análise à área urbana continental da cidade de Belém, pois é nela que a maioria das atividades e propriedades comerciais estão estabelecidas. Por outro lado, o recorte temporal compreendeu o primeiro semestre de 2021<sup>3</sup>, utilizado como referência para a extração e previsão de variáveis. Esta delimitação foi estabelecida em virtude da maior ocorrência de eventos pluviométricos e fluviométricos extremos em Belém (Figura 1.2), o que potencializa a ocorrência de inundações.

---

<sup>3</sup> Cabe menção à possível interferência dos efeitos da pandemia da Covid-19 na valorização imobiliária comercial deste recorte temporal, conforme indica a literatura (BRETAS; ALON, 2020; HOESLI; MALLE, 2021; NANDA; XU; ZHANG, 2021). Contudo, o efeito dessa externalidade não foi considerado neste estudo em função da indisponibilidade de variáveis mensuráveis, acessíveis ao pesquisador, que pudessem refletir esta consideração em uma escala intraurbana (como por exemplo, variáveis por distrito, bairro, setor censitário ou unidade de desenvolvimento humano).

**Figura 1.2** Eventos hidrológicos mensais para Belém em 2020



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>) e da Marinha do Brasil (<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>).

Outra delimitação refere-se à condição de se utilizar somente variáveis publicamente disponíveis (*open data source* – ODS). Esta premissa foi introduzida a partir das impressões de Abidoje e Chan (2018) e Lima *et al.* (2021) sobre a dificuldade de se obter informações sobre o mercado imobiliário em países emergentes. Nestes mercados, enfrenta-se barreiras no fornecimento de dados por agências imobiliárias e órgãos públicos, além de inexistirem incentivos à consolidação de um portal de registros de transações imobiliárias. Por isso, o pesquisador optou por utilizar somente variáveis que pudessem ser coletadas sem necessitar de intermediadores. Além disso, a decisão de se utilizar somente dados abertos também se baseia na condição de replicabilidade desta pesquisa, que poderá ser executada sem dificuldades em outros estudos de caso.

Essa condição delineou outra escolha deste estudo: a de utilizar dados de ofertas disponíveis em portais eletrônicos de anúncios imobiliários. Esta decisão se sustenta na impossibilidade de se obter registros de aluguel de maneira direta, de modo que na realidade brasileira não existe um sistema unificado de transações imobiliárias. Para garantir a idoneidade das informações imobiliárias, atentou-se para as prescrições legais de avaliação de imóveis, que determinam a plena identificação do informante do anúncio e do endereço do imóvel.

Em relação à limitação de recursos humanos, destaca-se o emprego de somente um pesquisador na extração manual das propriedades imobiliárias (586 observações). Esta condição refletiu no maior tempo de coleta necessário, realizado entre os meses de março e

maio de 2021. Além disso, cabe citar a dificuldade no aprendizado simultâneo do pesquisador às ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas), necessárias para realizar a construção dos dados vetorizados e operacionalização da base de dados compatibilizada.

Em relação às limitações financeiras, destaca-se que estas delinearão a escolha dos *softwares* empregados nas modelagens, correspondentes aos disponibilizados pela instituição, por conhecidos do pesquisador, pela possibilidade de versões gratuitas, estudantis ou de teste. Em contrapartida, reitera-se o suporte imprescindível do financiamento estudantil para que esta pesquisa pudesse ser desenvolvida em tempo integral.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo compreende esta Introdução, que definiu os interesses, motivos, proposições e limitações desta pesquisa. O segundo capítulo fundamenta o aporte teórico necessário para o entendimento de temáticas associadas ao escopo da pesquisa, como avaliação imobiliária e gestão de águas urbanas. O terceiro capítulo delimita o estudo de caso pela sua gênese, crescimento e consolidação, a partir de uma síntese acerca de seus conflitos pelo território, pelas atividades comerciais e pela proteção contra as mazelas provocadas por inundações.

O quarto capítulo descreve o processo metodológico, a qual delimita os métodos empregados, considerações conceituais e numéricas que integram a composição dos modelos propostos. O quinto capítulo expõe os resultados e testa as hipóteses de pesquisa, cujas considerações serão detalhadas no sexto capítulo, que discutirá suas potencialidades e limitações. O sétimo e último capítulo consolida o escopo da pesquisa ao sintetizar os principais resultados encontrados, verificando o atendimento aos objetivos do estudo, além de especificar as contribuições científicas e práticas que a dissertação implica. No Apêndice, foram incluídas análises gráficas complementares, que subsidiaram parte das decisões metodológicas adotadas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Esse capítulo divide-se em duas seções: Avaliação Imobiliária e Gestão de Águas Urbanas. A primeira seção dedica-se a identificar os fundamentos da engenharia de avaliações, avaliações de imóveis urbanos e métodos de avaliação, além de caracterizar o mercado de imóveis comerciais e seus determinantes de valorização. A segunda seção expõe o impacto de gestão insuficiente de recursos hídricos no espaço urbano, bem como suas consequências para o mercado imobiliário e para as atividades comerciais.

### **2.1 AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA**

#### **2.1.1 Engenharia de avaliações**

A engenharia de avaliações é uma área especializada em determinar o valor de um bem, de seus direitos, frutos e custos de reprodução (MOOYA, 2016). Na construção civil, essa disciplina é importante para incorporadoras, bancos, seguradoras, compradores e vendedores do mercado imobiliário, pois permite que as operações sejam realizadas com base em métodos consistentes de predição do valor de imóveis, reduzindo subjetividades advindas da especulação dos agentes envolvidos (GELTNER; NEUFVILLE, 2018).

Nesse sentido, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE) define o valor de mercado como a quantia mais provável pela qual um bem pode ser transacionado em uma data de referência, sem considerar os custos burocráticos relativos ao comprador (IBAPE, 2011). Essa concepção difere de conceito de preço, que corresponde a uma expressão monetária registrada sobre a transação de um bem (ASSOCIAÇÃO..., 2019). Em um contexto internacional, essas delimitações estão em conformidade com a Norma Internacional de Avaliações<sup>4</sup> n° 105 – métodos e abordagens de avaliação, do Conselho Internacional de Normas de Avaliação (IVSC, 2020).

No Brasil, a avaliação de imóveis é regida pelas normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR 14653 (partes 1 a 7), sendo as duas primeiras relacionadas aos procedimentos gerais e à avaliação de imóveis urbanos, respectivamente (ABNT, 2011, 2019). Segundo a NBR 14653-1 (ABNT, 2019), a engenharia de avaliações refere-se a um conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados, aplicados à avaliação de bens por arquitetos e engenheiros, condição também prevista pelos respectivos conselhos profissionais de engenharia e arquitetura (BRASIL, 1966).

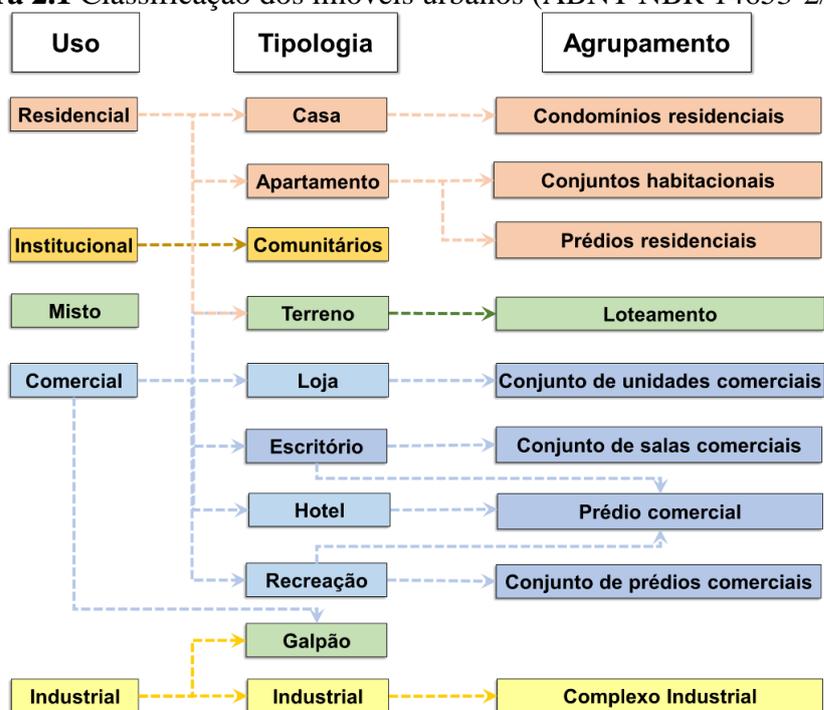
---

<sup>4</sup> International Valuation Standards – IVS 105 (Valuation approaches and methods).

## 2.1.2 Avaliação de imóveis urbanos

Segundo a NBR 14653-2 (ABNT, 2011), os imóveis urbanos podem ser classificados quanto ao uso, à tipologia e ao agrupamento de imóveis (Figura 2.1). Essa delimitação é importante visto que cada segmento imobiliário possui condições próprias de comportamento, demandando métodos e considerações de avaliação diferenciadas (GELTNER; NEUFVILLE, 2018). Por exemplo, em imóveis residenciais, a orientação solar e a visibilidade de apartamentos são fatores decisivos na definição do valor imobiliário (KIETI; OGOLLA, 2021; MARROUCH; SAYOUR, 2021), ao passo que para imóveis comerciais, a largura frontal (testada) e a área útil locável são fatores determinantes na mensuração do valor (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; ZHANG *et al.*, 2015; LENS; MELTZER, 2016).

**Figura 2.1** Classificação dos imóveis urbanos (ABNT NBR 14653-2/2011)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ABNT (2011).

No uso comercial, é comum encontrar ainda uma subdivisão em imóveis corporativos (COSTA; FUERST; MENDES-DA-SILVA, 2018; LIANG; REED; CRABB, 2018; BERA; UYAR, 2019) e varejistas<sup>5</sup> (HUI; YIU; YAU, 2007; ZHANG *et al.*, 2015; KICKERT *et al.*, 2020; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021). Em pesquisas sobre imóveis

<sup>5</sup> Apesar de a literatura internacional subdividir o uso comercial em tipologias corporativas e varejistas, optou-se por empregar os termos “imóvel comercial” e “imóvel de varejo” como sinônimos, em virtude da similaridade de seus significados na língua portuguesa. Além disso, essa consideração implica também em abranger outras atividades comerciais não consideradas pela delimitação internacional, como atividades de atacado ou de prestação de serviços, subtipologias previstas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2019).

corporativos (*office properties*), investiga-se predominantemente formas de valorização ou causas de desvalorização de salas e edifícios empresariais, com destaque para as condições contratuais de locação (COSTA; FUERST; MENDES-DA-SILVA, 2018). Em contrapartida, pesquisas sobre imóveis varejistas (*retail properties*) costumam analisar o efeito espacial das atividades econômicas por segmentos – roupa, alimentícia, movelaria, farmacêutica, etc. (O’ROARTY *et al.*, 1997; DELAGE *et al.*, 2020; KICKERT *et al.*, 2020).

### 2.1.3 Métodos de avaliação de imóveis urbanos

Toda avaliação possui uma abordagem característica, que relaciona o método de investigação com os objetivos associados ao imóvel analisado. Segundo o IVSC (2020), existem três abordagens de avaliação: I) de mercado; II) de renda e; III) de custos. A abordagem de mercado prevê a mensuração do valor do imóvel através da comparação de seus atributos a partir de elementos comparáveis com outros imóveis equivalentes cujo valor é conhecido. Já a abordagem de renda almeja converter o fluxo econômico provável de determinado empreendimento em um valor único equivalente, enquanto a abordagem de custo indica o valor provável de um imóvel através de seus custos de reprodução ou reedição<sup>6</sup>.

Na normatização brasileira, existem quatro métodos de avaliação (Quadro 2.1): I) Método comparativo direto de dados de mercado; II) Método involutivo; III) Método evolutivo, e; IV) Método de capitalização da renda. A escolha do método utilizado depende da natureza do bem, da disponibilidade, quantidade e qualidade dos dados (ABNT, 2019).

**Quadro 2.1.** Métodos de identificação do valor de imóveis urbanos

| <b>Método</b>               | <b>Definição</b>   |
|-----------------------------|--|
| Comparativo direto de dados | Identifica o valor de mercado por tratamento técnico de atributos dos elementos comparáveis do imóvel, constituintes da amostra.   |
| Involutivo                  | Identifica o valor do imóvel alicerçado no seu aproveitamento eficiente, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, mediante hipotético empreendimento compatível com as características do imóvel e do mercado onde está inserido. |
| Evolutivo                   | Identifica o valor do imóvel pelo somatório dos valores de seus componentes, considerando o fator de comercialização.  |
| Capitalização de Renda      | Identifica o valor do imóvel com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando cenários viáveis.  |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da ABNT (2011).

<sup>6</sup> Segundo a NBR 14653-1, a diferença entre os custos de reedição e reprodução é que no segundo não se considera a depreciação do bem, enquanto o primeiro prevê o atual estado de conservação em que o imóvel se encontra (ABNT, 2019).

Segundo a NBR 14653-2, o método comparativo direto de dados é o preferencial para identificar o valor de mercado, pois é dele que se extrai o maior conhecimento das condições de valorização existentes no segmento e local selecionados (ABNT, 2011). Os outros métodos são mais utilizados quando se deseja saber o valor de mercado de um empreendimento futuro (involutivo), ou através da discretização dos componentes de um imóvel (evolutivo), ou de empreendimentos de base imobiliária<sup>7</sup> (capitalização de renda) (MOOYA, 2016).

Segundo o IVSC (2020), o método comparativo de dados utiliza prioritariamente valores transacionados, dado que estes correspondem às quantias já acordadas entre vendedores e compradores. Entretanto, na impossibilidade de obtenção de registros de transações, é possível que se utilize dados referentes ao valor de oferta, informados por agências imobiliárias. Contudo, Yang, Chau e Chen (2021) alertam que esses valores podem sofrer supervalorização em detrimento da expectativa inicial do vendedor e da capacidade de barganha do comprador durante a negociação da transação. Para isso, o IBAPE (2011) indica reduzir em 10% o valor de oferta para utilizá-lo em avaliações imobiliárias.

Conforme ressalta a ABNT (2011), as fontes dos dados devem ser tão diversificadas quanto possível, identificando a origem de cada observação através de informações básicas do anunciante (nome, telefone) e do imóvel (endereço completo). Essa indicação acompanha a necessidade de a amostra possuir recortes mercadológicos, geográficos e temporais bem definidos, de modo que as relações de equivalência possam ser subsidiadas. No recorte mercadológico, Geltner e Neufville (2018) enfatizam que as classificações de uso, tipologia e agrupamento devam ser preservadas quando as observações forem coletadas, tornando a amostra mais homogênea possível. Ademais, a delimitação espaço-temporal também deve ser a mesma, de modo a evitar oscilações provocadas por efeitos geográficos locais ou por fatores inflacionários, respectivamente.

#### **2.1.4 Avaliação de imóveis comerciais**

Os estudos sobre imóveis comerciais costumam estimar o valor de aluguel em *shopping centers* (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019) ou no comércio de rua<sup>8</sup> (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; KICKERT *et al.*, 2020). Enquanto em *shopping centers* há maior concentração de atividades e negócios internacionalizados, no comércio de rua existe

---

<sup>7</sup> Empreendimentos de base imobiliária (EBI) são imóveis cujo usuário final não possui propriedade, permanecendo sob controle do investidor inicial ou de outro especializado em operá-lo, como hotéis, shoppings, etc. (TREVISAN, 2017).

<sup>8</sup> Comércio de rua (*shopping streets, retail streets*) corresponde às atividades comerciais legalizadas que não se encontram em centros de comércio, como shoppings e galerias (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019). Essa delimitação não abrange o comércio informal de rua, como ambulantes e camelôs (MORHY, 2018).

uma maior fragmentação de atividades e aderência<sup>9</sup> à dinâmica intraurbana existente (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019).

Desse modo, a forma de organização das atividades comerciais norteará os critérios escolhidos para estimar o valor de mercado (RENIGIER-BIŁOZOR; BIŁOZOR; WISNIEWSKI, 2017). Isso indica, sobretudo, uma necessidade de compatibilizar os empreendimentos comerciais às possibilidades de exploração previstas pelos instrumentos de controle do uso e ocupação do solo, como o plano diretor e o zoneamento urbano (WANG *et al.*, 2017; MURAKAMI; CHANG, 2018; BERA; UYAR, 2019;).

No caso de *shopping centers*, apesar de haver uma ocorrência pontual e mais dispersa dos empreendimentos, estes provocam uma atração mais expressiva de tráfego urbano e de atividades comerciais no entorno, que desejam capturar parte da atratividade de consumidores (GUIMARÃES, 2019). Já no comércio de rua, o desenvolvimento de áreas comerciais estimula a atração de empreendimentos residenciais para as áreas urbanas adjacentes, o que implica no aumento da demanda por uma maior cobertura de atendimento de transportes públicos (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019). Com uma maior circulação de pessoas (residentes e transeuntes), esses bolsões comerciais<sup>10</sup> tendem a retroalimentar suas operações econômicas (YOON, 2018).

### **2.1.5 Localização de imóveis comerciais**

O fenômeno de bolsões comerciais tem relação com a teoria de nucleação comercial descrita por Garner (1966). Segundo o autor, as atividades comerciais tendem a ser implantadas em áreas onde atividades com produtos e serviços concorrentes ou complementares já estão operando, tendo em vista que são nessas localidades que os consumidores tendem a circular. Para isso, Kickert *et al.* (2020) indicam três componentes básicos da localização de um imóvel comercial: aglomeração, centralidade e acessibilidade.

Na perspectiva da aglomeração, as atividades comerciais tendem a se concentrar em função da teoria do consumidor racional, ao supor que o público almeja percorrer menores distâncias para ter acesso a uma maior quantidade de produtos e serviços (REILLY, 1929, 1931; CHRISTALLER; BRUSCH, 1966; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019; KICKERT *et al.*, 2020;). Desse modo, a aglomeração pode resultar em benefícios sob a perspectiva dos comerciantes, através da complementaridade de oferta de produtos e serviços,

---

<sup>9</sup> O conceito de aderência intraurbana pode estar associado ao menor impacto no tráfego existente e a maior adaptabilidade de vocação às necessidades do entorno (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019).

<sup>10</sup> Termo traduzido a partir da expressão “*retail clusters*” (YOON, 2018).

ou da comparação direta entre concorrentes (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; KICKERT *et al.*, 2020). Essa questão é importante para o comércio de rua, pois costuma mitigar a hipótese de falência de pequenos negócios (KICKERT; VOM HOFE, 2018; SEVTSUK, 2020).

Na perspectiva de centralidade, a morfologia urbana adquire relevância ao indicar relações robustas entre as conformações territoriais e os efeitos obtidos pela aglomeração comercial (SEVTSUK, 2014). Nesse sentido, Garner (1966) teoriza o conceito de gravitação comercial, que correspondem a núcleos comerciais com graus assimétricos de influência coexistindo e disputando o consumo e a atratividade de clientes. Sobre isso, Yoon (2018) identificou em Seul duas categorias de bolsões comerciais (locais e municipais). Nos bolsões locais, há uma crescente atração de consumo em função do efeito de aglomeração, implicando no desenvolvimento socioeconômico do bairro e de suas adjacências. Esse crescimento ocorre até que seu domínio de influência interfira em outro bolsão comercial, resultando em uma competição excessiva que reduz ambas as capacidades de oferta em curto prazo.

Por outro lado, nos bolsões municipais há uma influência indireta sobre bolsões locais, de modo que sua dinâmica comercial articule atividades específicas em diversas áreas intraurbanas (YOON, 2018; KICKERT *et al.*, 2020). Nesse contexto, as áreas onde se localizam os bolsões comerciais são usualmente destinadas também para implantação de atividades institucionais e turísticas, revelando-se regiões urbanas estratégicas, como observado em Amsterdã (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019) Chicago (CLARK; PENNINGTON-CROSS, 2016), Detroit (KICKERT; VOM HOFE, 2018), Hong Kong (YANG; CHAU; CHEN, 2021), Seul (JUNG; KO; WOODSIDE, 2021) e Xangai (LIANG; WILHELMSSON, 2011).

Na visão de Litz e Rajaguru (2008), é a acessibilidade, ou seja, o grau de facilidade em acessar as lojas, que determina uma boa localização para imóveis comerciais, sobretudo as de pequeno porte. Para Yoon (2018), a acessibilidade está ligada também à facilidade de deslocamento para outros bolsões comerciais e para áreas urbanas caracterizadas pela distribuição de fluxos de pessoas e mercadorias.

### **2.1.6 Aluguéis comerciais**

Conforme indicam Crosby, Keogh e Rees (1992), transações de aluguel são mais usuais quando se analisa segmentos comerciais, em virtude dos riscos associados à adaptabilidade de vocação comercial proposta às condições do imóvel, do entorno, da localização, do faturamento previsto e dos termos de renovação do contrato. Na visão dos autores, os valores de aluguel ofertados consideram, no mínimo, as condições contratuais

estabelecidas na transação anterior. Dessa forma, a transação de aluguéis corresponde a um processo em que locadores procuram locatários aptos a pagar pelas condições internas e externas do imóvel e locatários procuram um imóvel correspondente as suas expectativas de operação e possibilidades financeiras (CHAU; WONG, 2016).

Contudo, um dos problemas em verificar diferenças comparáveis em atributos contratuais está na assimetria de informações entre locadores e locatários, de modo que os proprietários tendem a omitir condições contratuais de locação até que a negociação evolua além do domínio público de oferta (YANG; CHAU; CHEN, 2021). Essa dificuldade de acesso às informações contratuais é mais expressiva em países emergentes, onde inexistem bancos de dados oficiais que reúnam informações consistentes sobre transações imobiliárias realizadas (ABIDOYE; CHAN, 2018). Dessa forma, cabe à investigação mercadológica duas possibilidades: I) estruturar um banco de dados próprio a partir do contato com agentes imobiliários locais que contenham informações contratuais da transação corrente, ou; II) incorporar os efeitos contratuais no valor dos aluguéis estimados, considerando que o valor ofertado já inclui possíveis luvas, taxas e condições extras de renovação (CROSBY; KEOGH; REES, 1992).

Na perspectiva de Abidoye e Chan (2018), a constituição histórica de transações imobiliárias se torna desafiadora quando inexistem bancos de dados unificados, resultando no que Chau e Wong (2016) definiram como sendo a um jogo de informações omitidas entre agências imobiliárias. Além disso, a desconfiança em fornecer informações contratuais ou de transações realizadas também implica um desafio a ser discutido (CHAU; CHAU, 2003). Conforme sugerem Cozmei e Onofrei (2012), isso pode ter relação com o repasse de taxas e encargos do imóvel aos locatários de forma implícita no valor do aluguel, considerando as incertezas e riscos inerentes da possível operação a ser implantada.

Na Romênia (COZMEI; ONOFREI, 2012), essa complementaridade pode ser tão expressiva em função da localização do imóvel que pode até triplicar o valor do aluguel líquido, ou seja, o pagamento de todas as despesas de operação exceto a taxa de gerenciamento, que pode ser cobrada a parte (CLARK; PENNINGTON-CROSS, 2016). Para Bottom (2009), essa taxa de gerenciamento é atribuída quando o imóvel comporta múltiplas operações, utilizada para recuperar o custo com serviços dos espaços comuns, devendo ser informada aos potenciais locatários no momento da oferta ou logo quando se inicia a negociação.

### 2.1.7 Determinantes no valor de aluguéis comerciais

O mercado imobiliário transaciona bens heterogêneos, isto é, com condições econômicas que os tornam únicos em função da interação de seus atributos estruturais, marginais e locacionais<sup>11</sup> (DUNSE; JONES, 1998; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021). Os atributos estruturais referem-se aos aspectos inerentes do ambiente construído e do lote, ou seja, de suas características arquitetônicas, construtivas e geométricas no momento da avaliação, enquanto os atributos marginais tangem aos aspectos do entorno do imóvel, usualmente as condições demográficas, socioeconômicas e infraestruturais da vizinhança<sup>12</sup> (DUARTE *et al.*, 2013; LENS; MELTZER, 2016; YOON, 2018). O terceiro e último atributo é o locacional, que relaciona o imóvel às condições de acessibilidade e mobilidade no espaço intraurbano (LIANG; REED; CRABB, 2018; KICKERT *et al.*, 2020).

Nesse contexto, Lancaster (1966) indicou que as características próprias dos bens os diferenciam economicamente, afirmando que as preferências do consumidor ocorrem em função dos atributos constituintes do bem e não diretamente sobre o mesmo. Essa indicação embasou a teoria dos preços hedônicos (ROSEN, 1974), que atribui a critérios comparáveis de natureza não-econômica determinada influência na definição do valor de um bem. Esses efeitos, obtidos através de modelos inferenciais, indicam que fatores implícitos – como amenidades urbanas – podem impactar economicamente a valorização imobiliária, tanto de forma positiva quanto negativa (BOOKSHIRE *et al.*, 1982; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021).

Dentre os atributos estruturais que mais costumam apresentar relação significativa com a valorização de imóveis comerciais, estão a área útil locável e a testada (O'ROARTY *et al.*, 1997; HUI; YIU; YAU, 2007; ZHANG *et al.*, 2015; LENS; MELTZER, 2016; NASE; BERRY; ADAIR, 2013;). A área locável costuma possuir uma relação diretamente proporcional com o valor dos aluguéis, apesar desta relação sofrer variações quando moderadas pela localização (ZHANG *et al.*, 2015). Ademais, a testada apresenta majoritariamente uma relação positiva com o valor dos aluguéis comerciais, visto que há possibilidades de chamar mais atenção dos consumidores e obter maior faturamento (NASE;

---

<sup>11</sup> *structural, surrounding, and locational attributes.*

<sup>12</sup> Embora as condições marginais também possam descrever potencialidades locacionais, há uma distinção conceitual entre elas: atributos locacionais são mensurados em escala interbairros, estimam distâncias e condições diretamente espaciais, enquanto atributos marginais incorporam características socioeconômicas, culturais, históricas e naturais do entorno.

BERRY; ADAIR, 2013). Além disso, outros atributos específicos da edificação costumam possuir relações diretas com a valorização comercial, como:

- Número de cômodos e banheiros (BERA; UYAR, 2019);
- Condições construtivas suficientes que permitam uma operação imediata (ORR; DUNSE; MARTIN, 2003; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019);
- Número de pavimentos locáveis (O'ROARTY *et al.*, 1997; ZHANG *et al.*, 2015; HUFFMAN; LONGHOFER, 2016; LENS; MELTZER, 2016;);
- Condições contratuais diversas como tempo de locação (ex., modalidade do tipo “*built-to-suit*”, taxas extras condominiais, etc. (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; BERA; UYAR, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021)
- Possibilidade de flexibilização do espaço locável (ORR; DUNSE; MARTIN, 2003);
- Idades aparente e real do imóvel (ORR; DUNSE; MARTIN, 2003; HUFFMAN; LONGHOFER, 2016; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019);
- Possibilidade de o imóvel já vir mobiliado (BERA; UYAR, 2019);

Além disso, condições específicas do lote também costumam demonstrar uma relação positiva com o valor dos aluguéis:

- Acesso direto à rua (O'ROARTY *et al.*, 1997; HUI; YIU; YAU, 2007; HUFFMAN; LONGHOFER, 2016; KICKERT; VOM HOFE, 2018; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021);
- Múltiplas entradas ou situado em esquinas (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; HUFFMAN; LONGHOFER, 2016; LENS; MELTZER, 2016).

Na perspectiva de atributos marginais, variáveis de natureza socioeconômica, como índices de renda e emprego (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021); aspectos étnicos, etários ou de gênero (SUBICA *et al.*, 2018; COMBER *et al.*, 2020;); ou ainda condições infraestruturais (COHEN; BROWN, 2017; CARMONA *et al.*, 2018; MCLEOD; CURTIS, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021) podem estar associados à variação do valor de imóveis comerciais. Por outro lado, na condição de atributos locacionais, distâncias para centros comerciais, áreas turísticas ou de distribuição de pessoas e mercadorias são comumente entendidas como potenciais variáveis

que agregam valor (LIANG; WILHELMSSON, 2011; KICKERT; VOM HOFE, 2018; MURAKAMI; CHANG, 2018; YOON, 2018; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021).

Recentemente, um enfoque sob eventos epidemiológicos começou a ser discutido em estudos sobre avaliação imobiliária comercial, sobretudo a partir da pandemia do Covid-19. No estudo de Hoesli e Malle (2021), identificou-se que o setor comercial foi o mais atingido pelos efeitos de restrição à circulação e distanciamento social, impactando diretamente nas operações. Sobre isso, a pesquisa de Nanda, Xu e Zhang (2021) confirmou tais efeitos colaterais, sobretudo em comércios que não possuíam outros canais de atendimento, como *e-commerce* e *delivery*. Na perspectiva imobiliária, a redução do faturamento obrigou locatários a devolverem seus pontos comerciais, o que impulsionou a vacância no segmento e, sobretudo, no Brasil (BRETAS; ALON, 2020; KICKERT *et al.*, 2020; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021; YANG; CHAU; CHEN, 2021).

## 2.2 GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

### 2.2.1 Águas e Planejamento Urbano

A urbanização não planejada de áreas naturais implica em conflitos socioambientais latentes na cidade, sobretudo quando associados às águas urbanas (PEIXOTO; STUDART; CAMPOS, 2016). Segundo Tucci (2008), as águas urbanas envolvem todas as formas de manifestação da água no ambiente urbano – seja através do abastecimento para consumo, nas redes de drenagem pluvial, fluvial e de esgotamento sanitário, ou ainda no transporte de sedimentos e resíduos. Para Ponte (2015), a gestão de águas urbanas corresponde a um conjunto de atividades que envolvem o aproveitamento da água no território, objetivando atingir condições satisfatórias de saúde pública, conservação ambiental e aproveitamento socioeconômico e sociocultural.

Na visão de Tucci (2008), a gestão de águas urbanas possui quatro fases (Quadro 2.2). A primeira fase (pré-higienista) é marcada pela ausência de intervenções sanitárias<sup>13</sup>, enquanto a segunda (higienista) começa a apresentar os primeiros sistemas rudimentares de coleta de efluentes e abastecimento público. A fase higienista compreende um período de rápida urbanização, embora as soluções sanitárias existentes apresentassem níveis hipossuficientes de desempenho e atendimento. Nesta fase, houve um esforço em

---

<sup>13</sup> Apesar de Tucci (2008) estabelecer marcos temporais para cada fase, pondera-se que o desenvolvimento de tecnologias de saneamento não obedece a uma linearidade histórica. Isso porque há indícios de que civilizações como a romana, egípcia e inca apresentaram técnicas de coleta e distribuição de águas servidas, pluviais e de abastecimento mais próximas dos sistemas atualmente empregados do que sociedades do medievo europeu, o que compromete uma perspectiva progressiva da gestão de águas (BURIAN; EDWARDS, 2002).

desenvolver tecnologias associadas ao tratamento de efluentes e à canalização de rios urbanos, o que possibilitaria teoricamente ganhos efetivos de qualidade ambiental (LÖWE *et al.*, 2020).

**Quadro 2.2** Fases de gestão das águas urbanas

| <b>Fase</b>    | <b>Características</b>  | <b>Consequências</b>  |
|----------------|---|---|
| Pré-higienista | Efluentes em fossas, sem coleta ou tratamento; água coletada na fonte mais próxima (rio ou poço). | Doenças e Epidemias, alta mortalidade e inundações.                                 |
| Higienista     | Canalização do escoamento.  | Redução de doenças, mas rios contaminados, impacto nas fontes de água e inundações. |
| Corretiva      | Tratamento de esgoto doméstico e industrial, conservação das margens do escoamento.               | Recuperação de rios, dissipação de fontes poluidoras, obras hidráulicas.            |
| Sustentável    | Tratamento do escoamento pluvial, desenvolvimento urbano que preserva sistemas naturais.          | Conservação ambiental, redução de inundações e melhora da qualidade da vida.        |

Fonte: Adaptado de Tucci (2008).

Todavia, constatou-se que a implantação de excessivas canalizações de cursos naturais resultava no aumento da ocorrência de inundações e alagamentos. Desta forma, surge a terceira fase (corretiva), indicando a necessidade de conservar as faixas marginais dos cursos d'água (BRESSANE *et al.*, 2016). Embora houvesse consistência nas indicações da fase corretiva, os índices de poluição hídrica e as condições de escoamento pluvial ainda potencializam o aumento da incidência de inundações. A partir disso, surge a quarta fase (sustentável), que indica a necessidade de compatibilizar o uso e ocupação do solo com as condições hidrográficas locais, priorizando intervenções baseadas no aumento da permeabilidade do solo (PIZELLA, 2015; PEIXOTO; STUDART; CAMPOS, 2016).

Apesar de delimitar temporalmente as fases de gestão de águas, Tucci (2008) ressalta que cidades de países em desenvolvimento ainda se encontram em vários desses momentos. Na visão do autor, a maioria das cidades brasileiras se encontram no período higienista em virtude da ausência de tratamento de esgoto, insuficiência no controle de inundações e na destinação de resíduos sólidos. Para Grangeiro, Ribeiro e Miranda (2020), a evolução nas condições de gestão de águas urbanas depende da articulação entre os agentes envolvidos no processo – Estado, empresas e população – e nos diversos instrumentos que versam sobre as dinâmicas territoriais e hidrográficas.

Dessa forma, é imprescindível definir a estratégia adequada para a gestão eficiente das águas urbanas. Conforme indica a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL,

1997), a bacia hidrográfica é a unidade territorial utilizada na implementação de políticas de gestão hidrográfica. A análise por bacias é importante pois permite identificar conflitos entre ações antrópicas e naturais, compatibilizando suas atividades e refletindo na quantidade e qualidade da malha hídrica presente (PIZELLA, 2015). Na percepção de Grangeiro, Ribeiro e Miranda (2020), essas articulações devem ser incorporadas a legislações como o Plano Diretor e a Política de Zoneamento – conforme determina o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

Nessa perspectiva, Tucci (2006) ressalta a importância de os municípios elaborarem seus Planos Diretores de Drenagem Urbana, instrumentos que podem nortear o gerenciamento adequado dos recursos das bacias hidrográficas urbanas. Para viabilizar a elaboração e operacionalização deste instrumento, diversos autores elencam o uso da taxa de drenagem – tarifa fiscal municipal que incide sobre as propriedades e considera características geométricas e socioeconômicas dos imóveis (TUCCI, 2002; GOMES; BAPTISTA; NASCIMENTO, 2008;).

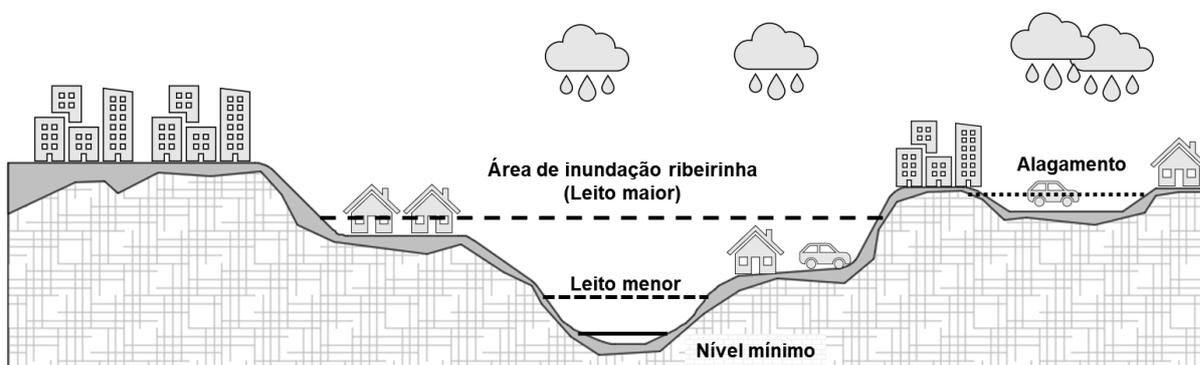
Na visão de Lisboa *et al.* (2014), a cobrança de uma taxa de drenagem indica que a impermeabilização de uma bacia é um catalisador para a arrecadação de dividendos e pode viabilizar ações de melhoria nos sistemas públicos. Porém, os autores ponderam que a taxa deve ser empregada com cautela, dado que a arrecadação de uma bacia pode não cobrir suas respectivas despesas em curto (1 ano) e médio (10 anos) prazo sem comprometer princípios de sustentabilidade da drenagem urbana com expressivas taxas de artificialização do solo (acima de 80% da área das bacias), dependendo de aditivos orçamentários municipais ou do *superávit* outras bacias.

Essas indicações contribuem com a aplicação do paradigma da cidade esponja (VAN-ROOIJEN; TURAL; BIGGS, 2005). Segundo Mei *et al.* (2018), o paradigma da cidade esponja está associado a um conjunto de intervenções no espaço urbano que permite aumentar a permeabilidade e o escoamento de águas urbanas, reduzindo os efeitos de inundações, alagamentos, erosões e lançamentos de efluentes em rios urbanos. Para isso, diversas estratégias podem ser adotadas, como células de biorretenção, pavimentos permeáveis, aumento de vegetação em áreas lindeiras e alterações nas legislações de uso e ocupação do solo (MEI *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2018). Na pesquisa de Wang *et al.* (2021), identificou-se que as medidas para viabilizar a cidade esponja dependem diretamente do conhecimento de seus benefícios por parte do governo, empresas e população.

## 2.2.2 Inundações

Segundo Tucci (2008), o escoamento pluvial pode ocasionar inundações nas áreas urbanas a partir de dois processos – ocupação de áreas ribeirinhas ou urbanização (Figura 2.2) – que podem ocorrer de forma isolada ou combinados. A inundação de áreas ribeirinhas ocorre quando há transbordamento do leito maior dos canais e rios urbanos devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. Em contrapartida, a inundação por urbanização (também conhecida como alagamento) pode ocorrer em função do aumento da impermeabilização do solo, da canalização, da obstrução do escoamento e da insuficiência de desempenho dos sistemas de drenagem (TUCCI, 1999).

Figura 2.2. Tipos de inundação



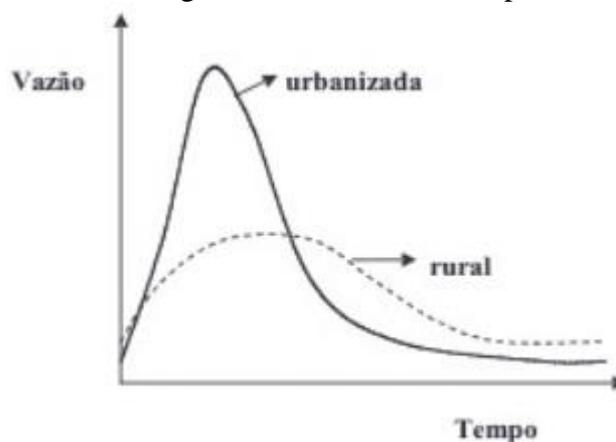
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Tucci (2008).

A partir da Figura 2.2, percebe-se que os corpos hídricos possuem três referenciais fluviométricos: nível mínimo, leito menor e maior. O nível mínimo é a condição de perenidade do curso d'água, enquanto o leito menor é a altura fluviométrica onde a água escoar a maior parte do tempo (TUCCI, 2008). As inundações em áreas ribeirinhas ocorrem quando o nível da lâmina d'água atinge o leito maior, área onde geralmente estão situadas moradias de baixa-renda e comércios locais (TUCCI, 1999; PEREIRA, 2019).

Na visão de Tucci (2008), as inundações ribeirinhas ocorrem em virtude da não restrição de ocupação das áreas de risco através da política urbana municipal. O autor destaca que essa reformulação não é de interesse do poder público visto que situações de inundação permitem que se decreta calamidade pública, o que resulta no recebimento de recurso a fundo perdido. Além disso, a modificação na legislação urbanística poderia interferir diretamente nos interesses de setores econômicos que possuem alianças com autoridades locais, o que torna os processos de uso e ocupação mais complexos (PEREIRA, 2019). Para Tucci (1999), as autoridades tendem a preferir realizar intervenções estruturais (obras de infraestrutura) em vez de reformular as políticas urbanas, pois estas implicam restrições à população e podem gerar adversidades políticas.

Em relação aos alagamentos, Tucci (2008) indica que o aumento da impermeabilização do solo e das condições de implantação do sistema de drenagem urbana resultam no acúmulo de águas pluviais em locais urbanizados. À medida que a cidade se urbaniza, há um aumento das vazões máximas em virtude da maior capacidade de escoamento através de condutos e canais impermeabilizados (Figura 2.3). Além disso, o acúmulo de material sólido assoreado no sistema de drenagem, bem como ligações clandestinas de lançamento de efluentes na rede pluvial, contribuem para a formação de pontos de acúmulo de águas. A implantação inadequada da infraestrutura também é destacada por Tucci (1999), ao indicar projetos de drenagem com diâmetros decrescentes à jusante e incompatibilidades do escoamento com obras de arte.

**Figura 2.3** Hidrograma de bacia rural e depois urbanizada



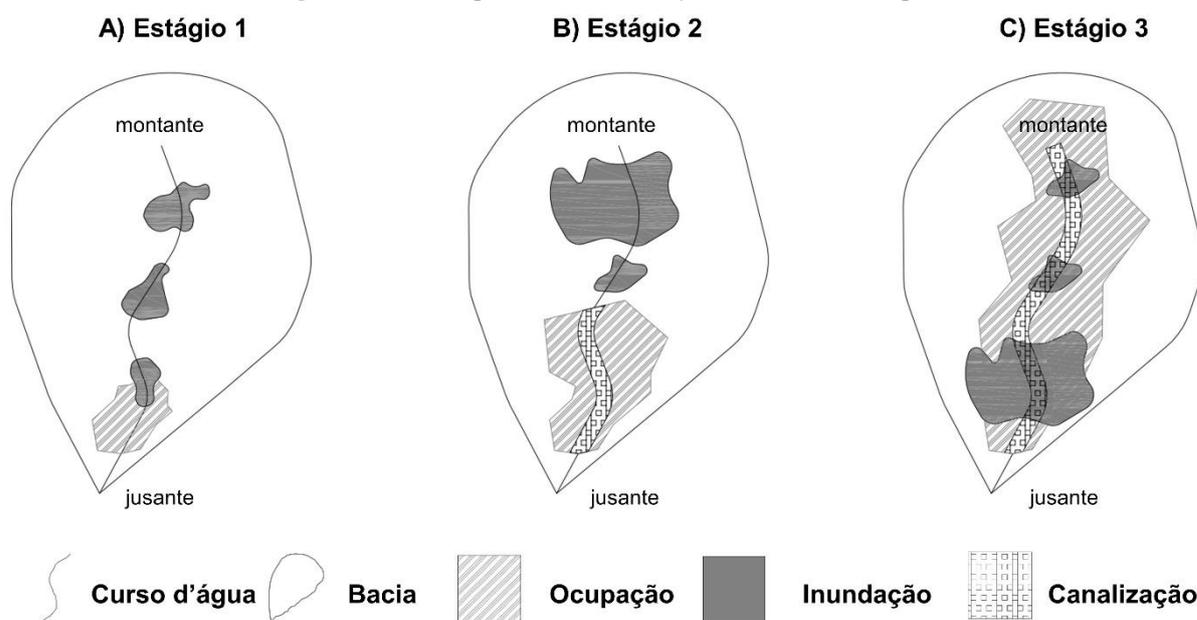
Fonte: Tucci (2008).

Nesse contexto, Tucci (1999) indica que a gênese da inundação por urbanização nasce na fase de projeto, sob duas perspectivas equivocadas: a de escoamento imediato e a desespacialização do problema. Desse modo, o primeiro equívoco supõe que a melhor drenagem é aquela que retira a água excedente o mais rápido possível do seu local de origem, não permitindo criar condições de infiltração no solo. O segundo equívoco indica que a bacia hidrográfica é usualmente desconsiderada no sistema de controle, transferindo os impactos do projeto de drenagem para outro ponto fora da bacia através de condutos e canalizações.

Dessa forma, os sistemas de microdrenagem são projetados para aumentar a vazão e esgotar todo o volume captado à jusante, aumentando em seis vezes a vazão a cada novo loteamento implantado na área de influência (TUCCI, 1999). Na macrodrenagem, a tendência de controle ocorre por meio da canalização dos trechos críticos em três estágios (Figura 2.4). No estágio 1 (Figura 2.4-a), Tucci (2008) indica que a urbanização a jusante na bacia provoca inundações devido ao estrangulamento marginal do curso d'água, fazendo com que o trecho

urbanizado do corpo hídrico seja canalizado conforme a ocupação lindeira (estágio 2). A consequência do estágio 2 corresponde ao aumento da vazão nas demais áreas a montante, ainda não adensadas (Figura 2.4-b). À medida que o restante da bacia é urbanizado, há uma pressão pública para que o restante do curso d'água seja canalizado (estágio 3), retomando às inundações a jusante, entretanto, agora de modo mais latente, dado que não há mais condição de impermeabilidade para aliviar a vazão excedente (Figura 2.4-c).

**Figura 2.4** Estágios da canalização de cursos d'água



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Tucci (1999).

### 2.2.3 Inundações e impactos socioeconômicos

Além de implicar na degradação ambiental e no risco à vida humana, as inundações ainda manifestam efeitos de ordem econômica. A partir da análise de diversos estudos (Quadro 2.3), nota-se um registro sistêmico dos prejuízos econômicos de inundações, com perdas materiais bilionárias ao longo da história e de simulações de prováveis eventos (PAUL, 1997; WARD *et al.*, 2011; ZIEGLER, 2012; SUŠNIK *et al.*, 2014; TANG *et al.*, 2015; NINA; SZLAFSZTEIN, 2018;).

**Quadro 2.3** Impactos socioeconômicos de inundações

| <b>Estudo</b>           | <b>Local</b>               | <b>Objetivo</b>   | <b>Principais resultados</b>   |
|-------------------------|----------------------------|---|--|
| Choi, Kang e Kim (2021) | Gangdong-gu, Coreia do Sul | Desenvolver um modelo de mitigação dos efeitos de inundação na península coreana através de intervenções tecnológicas pontuais. | A implantação de medidas estruturais, como reservatórios e áreas de amortecimento, junto à redefinição dos instrumentos urbanos, pode reduzir em até 97% a área urbana diretamente inundada. |

|                                 |                               |  |   |
|---------------------------------|-------------------------------|--|---|
| Czajkowski <i>et al.</i> (2018) | Sul da Flórida, EUA           | Relacionar o seguro contra inundações e o nível de elevação do mar entre 1996 e 2010.  | Para cada metro que o nível do mar sobe através das tubulações, o valor do seguro contra inundações aumenta 60%.  |
| Mohtar <i>et al.</i> (2020)     | Kuala Lumpur, Malásia         | Desenvolver um modelo que analisa a vulnerabilidade urbana às inundações abruptas <sup>14</sup> e seus impactos socioeconômicos. | Áreas comerciais antigas estão mais sujeitas a inundações, concentrando 39% de todos os registros entre 2011 e 2016. Inundações com profundidade igual ou superior a 0,3m já apresentam prejuízos ao comércio e ao trânsito. Áreas que concentram grandes infraestruturas de transporte também tendem a inundar com maior facilidade. |
| Nina e Szlafsztein (2018)       | Amazônia, Brasil              | Analisar a correlação entre o desempenho econômico de municípios amazônicos e a ocorrência de inundações graduais e bruscas.     | Municípios com maior território, maior PIB <i>per capita</i> , renda média e menor índice de pobreza humana apresentam menor desempenho econômico quando atingidos por inundações.  |
| Obiefuna <i>et al.</i> (2021)   | Lagos, Nigéria                | Analisar a dinâmica de inundação e de ocupação da Península Lekki, explorada por segmentos imobiliários de classe média-alta.    | A ocupação e impermeabilização do solo cresceu 3600% entre 1984 e 2014 em uma área com 37% do território altamente suscetível a inundações costeiras, implicando em eminente risco imobiliário.   |
| Paul (1997)                     | Bangladesh                    | Analisar como as inundações impactam cidades em Bangladesh.  | Inundações já implicaram no prejuízo de 2 bilhões de dólares em 172 mil residências destruídas e em 20 bilhões de dólares em infraestrutura.  |
| Rilo <i>et al.</i> (2017)       | Lisboa, Portugal              | Analisar o histórico de inundações do estuário de Tagus e verificar seus principais impactos.                                    | As inundações ocorrem grande parte devido a alterações pluviométricas, mau desempenho do sistema de drenagem e variação fluviométrica. Os impactos mais expressivos foram associados ao trânsito, à infraestrutura e à degradação ambiental.  |
| Sarmah <i>et al.</i> (2020)     | Guwahatu, Índia               | Identificar se áreas urbanas suscetíveis a inundações também são socioeconomicamente vulneráveis.                                | Áreas suscetíveis a inundações são compatíveis com áreas socioeconomicamente vulneráveis em 61.3%.  |
| Shrubsole e Scherer (1996)      | Brantford e Cambridge, Canadá | Examinar a percepção de vendedores e compradores quanto à dinâmica imobiliária e à ocorrência de inundações.                     | Vendedores acreditam que a suscetibilidade a inundação reduz o valor dos imóveis. Entretanto, os consumidores preferem adquirir imóveis em áreas centrais mesmo que estas estejam mais sujeitas à inundação.  |

<sup>14</sup> *Flash floods.*

|                                     |                          |   |  |
|-------------------------------------|--------------------------|---|--|
| Susnik <i>et al.</i> (2014)         | Eindhoven, Países Baixos | Verificar o impacto econômico da otimização de sistemas estruturais de águas pluviais.  | A combinação de medidas estruturais intensivas e extensivas implica na economia anual de 130.500 euros em prejuízos advindos de inundações.  |
| Svetlana, Radovan e Ján (2015)      | Bratislava, Eslováquia   | Analisar os impactos econômicos de inundações na Eslováquia.  | Inundações na área do Rio Danúbio tiveram uma redução de 98% nos prejuízos entre 2002 e 2013. Medidas de controle e prevenção foram indicadas como principais fatores na redução dos impactos.   |
| Tang, Chan e Griffiths (2015)       | Ningbo, China            | Verificar o histórico de impactos socioeconômicos de inundações nas áreas urbanas.  | As inundações em decorrência de tempestades tropicais geraram em 2013 um prejuízo econômico de 33 bilhões de dólares, afetando 2,5 milhões de habitantes e inundando 70% da malha urbana. A ocupação em áreas ribeirinhas e o mau planejamento territorial foram atribuídos como agravantes. |
| Thanvisitthpon <i>et al.</i> (2020) | Phetchaburi, Tailândia   | Analisar a relação entre as condições socioeconômicas de moradores de áreas sujeitas à inundação e a sua capacidade de adaptação a esses eventos. | O capital social e a renda dos moradores é diretamente proporcional à capacidade de se adaptar às inundações.  |
| Ward <i>et al.</i> (2011)           | Jakarta, Indonésia       | Verificar o prejuízo econômico advindo de inundações costeiras.   | O custo estimado em prejuízos por inundações com tempo de retorno de 100 anos é de 4 bilhões de euros.   |
| Ziegler (2012)                      | Bangkok, Tailândia       | Exemplificar os prejuízos econômicos de inundações em áreas urbanas.  | O custo estimado da inundação do Rio Chao Phraya é de 45,7 bilhões de dólares.   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, é possível identificar a tendência de urbanização e concentração econômica sobre áreas suscetíveis a inundações, o que torna a problemática mais sensível (SHRUBSOLE; SCHERER, 1996; TANG *et al.*, 2015; RILO *et al.*, 2017; CZAJKOWSKI *et al.*, 2018; MOHTAR *et al.*, 2020; OBIEFUNA *et al.*, 2021; SARMAH *et al.*, 2020; THANVISITTHPON *et al.*, 2020). Essa conjuntura evidencia uma fragilidade latente no desenvolvimento urbano, dado que as cidades estão continuamente sujeitas a desastres naturais. Contudo, uma série de estratégias de mitigação desses efeitos são descritas, modeladas e implementadas pelo mundo, enfatizando a eficácia no controle desse fenômeno (SUŠNIK *et al.*, 2014; SVETLANA; RADOVAN; JÁN, 2015; CHOI; KANG; KIM, 2021).

## 2.2.4 Inundações e mercado imobiliário

Além dos impactos diretos na economia e nas condições de habitabilidade do meio urbano, as inundações apresentam também destaque no mercado imobiliário (LAMOND; PROVERBS; ANTWI, 2004). Segundo Sasaki e Yamamoto (2018), a principal forma de se avaliar a relação entre as inundações e o valor dos imóveis está na localização destes em áreas suscetíveis a esses eventos. Conforme ressalta Zulkarnain *et al.* (2020), essa relação é usualmente negativa, ou seja, o valor dos imóveis tende a ser menor em áreas com maior suscetibilidade a inundações. Outros fatores também podem representar o efeito das inundações em modelos hedônicos, como as características da inundações (profundidade, frequência, duração) ou dos próprios prejuízos estimados sobre as edificações (ALIYU *et al.*, 2016; OSTI; NAKASU, 2016). Na visão de Zulkarnain *et al.* (2020), essa relação é percebida de forma sistêmica, conforme indica o Quadro 2.4.

**Quadro 2.4** Impactos das inundações no mercado imobiliário

| <b>País</b>   | <b>Estudo</b>                  | <b>Impactos</b>  |
|---------------|--------------------------------|--|
| Austrália     | Rajapaksa <i>et al.</i> (2016) | Na cidade de Brisbane, o valor médio de propriedades reduziu 6% em áreas de baixa renda e 7% em áreas de alta renda devido a inundações.   |
| Canadá        | Schaefer (2013)                | Propriedades localizadas em áreas suscetíveis a inundações tem seu valor reduzido entre 15% e 20%.   |
| Coreia do Sul | Jung e Yoon (2018)             | Propriedades localizadas em até 100m de áreas inundáveis tem 11% de redução no valor imobiliário; enquanto para áreas entre 100 e 200m esta desvalorização é de 7,4%, ao passo que em imóveis afastados entre 200 e 300m observou-se uma redução de 6,3%. Inundações mensais reduzem em até 57,6% o valor dos imóveis, enquanto eventos trimestrais e semestrais reduzem em 49,2% e 45,9% os valores, respectivamente. |
| EUA           | McKenzie e Levendis (2010)     | O valor dos imóveis é 4,6% menor em áreas suscetíveis a inundações.  |
| Japão         | Zhai, Fukuzono e Ikeda (2003)  | O valor dos imóveis em áreas sujeitas a inundações tendeu a ser 8.888,3 ienes por metro quadrado mais barato do que em áreas não inundáveis no ano de 2002.  |
| Reino Unido   | Eves (2004)                    | O valor de imóveis localizados em áreas suscetíveis a inundações pode ser entre 5% e 40% menor do que em áreas não inundáveis a depender da região do país.  |

Fonte: Adaptado de Zulkarnain *et al.* (2020).

Dessa forma, há um consenso de que as inundações tendem a impactar de forma negativa na valorização imobiliária, variando sua magnitude em funções dos atributos estruturais, marginais e locacionais do modelo hedônico (ZULKARNAIN *et al.*, 2020). Entretanto, esta relação pode eventualmente apresentar correlações positivas, como no caso de

Babcock e Mitchell (1981), onde imóveis em áreas altamente suscetíveis a inundações apresentaram uma valorização de até 20 a 30% sobre as demais áreas da cidade. Isso pode ocorrer não diretamente em detrimento das inundações, mas da localização do imóvel que possui atributos suficientes para que o efeito da inundação não chegue a ser negativo (ZULKARNAIN *et al.*, 2020). No estudo de Babcock e Mitchell (1981), essas áreas valorizadas e alagáveis encontravam-se próximas ao rio, o que induz a associar o atributo de distância com o corpo d'água um fator mais influente do que a possibilidade de inundação, fazendo com que essa relação se apresente positiva.

### **2.2.5 Inundações e propriedades comerciais: negócios por água abaixo?**

Os estudos que abordam explicitamente a interface entre inundações e propriedades comerciais são escassos (BHATTACHARYA *et al.*, 2013; BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2016; LAMOND *et al.*, 2019). A pesquisa de Bhattacharya *et al.* (2013) objetivou entender a relação entre o risco de inundação e a vulnerabilidade do valor de imóveis comerciais no Reino Unido. Os autores identificaram que a condição de exposição a inundações incorre potenciais prejuízos físico-financeiros aos comerciantes através da deterioração das construções e das mercadorias. Além disso, há também um prejuízo na circulação de consumidores no local, visto que esses eventos hidrológicos prejudicam o deslocamento de pessoas pela cidade.

Dessa forma, Lamond *et al.* (2019) indicam a necessidade de se analisar essa relação em cada localidade de modo a estabelecer uma proteção econômica para locadores e locatários através de seguros contra eventos climáticos. Todavia, a falta de uma constituição histórica em transações de imóveis comerciais e potenciais investidores dificulta a mensuração da seguridade a ser estabelecida. Além disso, relatou-se também certa dificuldade em se estabelecer e validar dados referentes aos riscos de inundação, que observam diferentes consequências a depender da localidade e de suas características de ocorrência (duração, profundidade, extensão, recorte histórico, etc.).

Em outro estudo, Bhattacharya-Mis e Lamond (2016) indicaram que a perda de utilidade dos imóveis, enquanto função de gerar lucro, é a principal consequência da ocorrência de inundações em imóveis comerciais. Os autores analisaram o comportamento de comerciantes que experienciaram inundações e outros que ainda não tiveram esse contato, identificando que aqueles que já passaram por essa situação tendem a ter uma visão mais estratégica da localização e da renda do público-alvo de seus negócios, avaliando se vale a pena arriscar sofrerem com inundações.

Um comportamento similar foi identificado por Matejowsky (2015), ao sugerir que a ocorrência contínua de inundações tendem a impactar cada vez menos os comerciantes de áreas suscetíveis a esses eventos. Segundo o autor, isso ocorre em virtude do efeito de resiliência dos comerciantes, sobretudo os de comércios menores, que se sobrepõe à suscetibilidade constante de perdas materiais e econômicas. Na visão de Bhattacharya-Mis e Lamond (2015), a experiência em avaliar os potenciais prejuízos, o seguro contra desastres ou mesmo a própria necessidade de obter renda, são fatores que potencializam a resiliência dos comerciantes e tornam as dinâmicas comerciais possíveis em áreas suscetíveis a inundações.

Por outro lado, em um estudo realizados nos Estados Unidos (HUFFMAN; LONGHOFER, 2016), estar ou não em uma área suscetível a inundação não impactou o valor de 1.644 propriedades comerciais. Os autores indicaram que isso pode estar associado às políticas de uso e ocupação do solo e ao alto custo com prejuízos físico-financeiros, que desincentivam a ocupação dessas áreas por propriedades comerciais.

Em outra perspectiva, um estudo realizado no Japão (ZHAI; FUKUZONO; IKEDA, 2003) indicou que os processos de inundação reduzem o valor dos imóveis comerciais, cuja variação é mais significativa do que nos usos residenciais ou industriais. Contudo, a variação no valor imobiliário em áreas suscetíveis a inundação é menor que em áreas não suscetíveis, visto que regiões urbanas inundáveis apresentam condições mais homogêneas de infraestrutura e serviços, reduzindo a variação entre valores de diferentes tipologias.

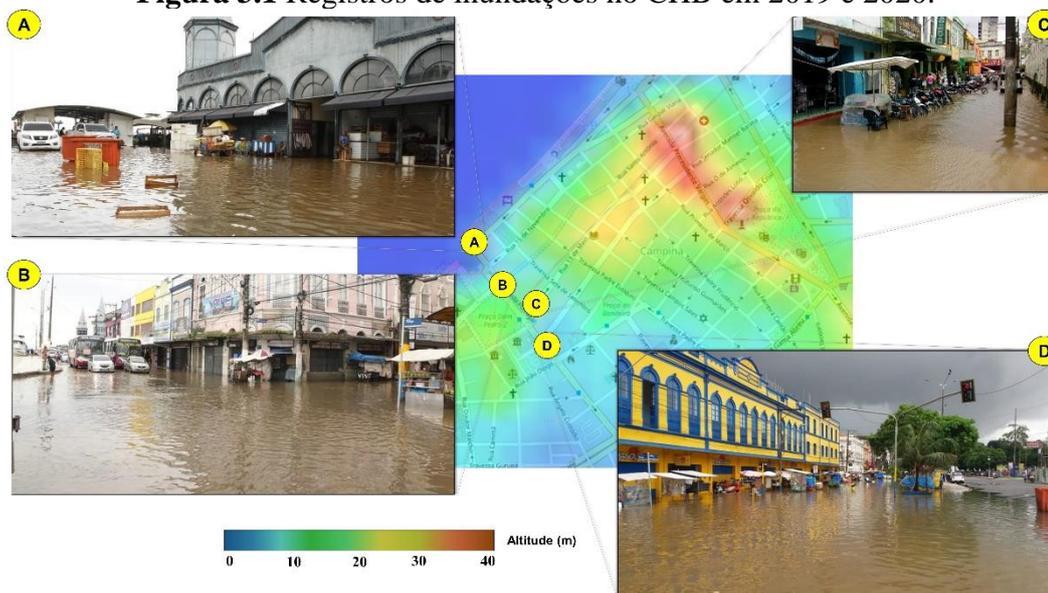
Assim, é consensual que a ocorrência ou a suscetibilidade a inundação incorra na desvalorização de imóveis comerciais. Esse fato pode ser negativo tanto para os locadores, que perdem lucratividade com os aluguéis transacionados, quanto para os locatários, que podem ter sua clientela potencialmente reduzida e suas mercadorias danificadas. Todavia, conforme indicam Bhattacharya-Mis e Lamond (2016), a resiliência comercial pode apresentar conformações mais complexas na interface inundação/valorização imobiliária, merecendo uma análise histórico-espacial mais aprofundada de cada localidade. Sobre isso, esta pesquisa concentrou sua análise na cidade de Belém-PA, que possui uma relação imobiliária e comercial peculiar com seu território e com os eventos hidrológicos resultantes.

### 3 ESTUDO DE CASO

A cidade de Belém foi fundada em 1616 pelos portugueses como estratégia de proteção da foz do Rio Amazonas e entreposto comercial da exploração colonial (CARDOSO *et al.*, 2015; DUARTE *et al.*, 2013). A ocupação ocorreu no vértice da baía do Guajará com o Rio Guamá ao redor do Forte do Castelo, região onde se situam os bairros da Cidade Velha e Campina (PENTEADO, 1968). Neste cenário, a ocorrência de atividades comerciais se concentrou na Rua dos Mercadores em função da proximidade com o cais portuário, consolidando na Campina o Centro Histórico e Comercial de Belém (CHB), cuja centralidade econômica é o mercado do Ver-o-Peso (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2016; MORAES, 2017; MORHY; LIMA, 2019).

Contudo, em função do relevo plano e próximo ao nível do mar, o CHB torna-se suscetível à variação fluviométrica, incorrendo em recorrentes inundações na área (CORRÊA, 1987; DIAS; SZLAFSZTEIN, 2020). Com a prospecção econômica advinda da comercialização de especiarias amazônicas, o governo local investiu em intervenções físicas no território durante o século XVIII, dentre elas a expansão da malha viária e o início da prática de macrodrenagem em áreas de várzea próximas à Campina (ABREU, 2016; SARGES, 1998). Apesar dessas intervenções, observa-se ainda a recorrente exposição do CHB a inundações ribeirinhas, registradas habitualmente pela mídia local (Figura 3.1).

**Figura 3.1** Registros de inundações no CHB em 2019 e 2020.

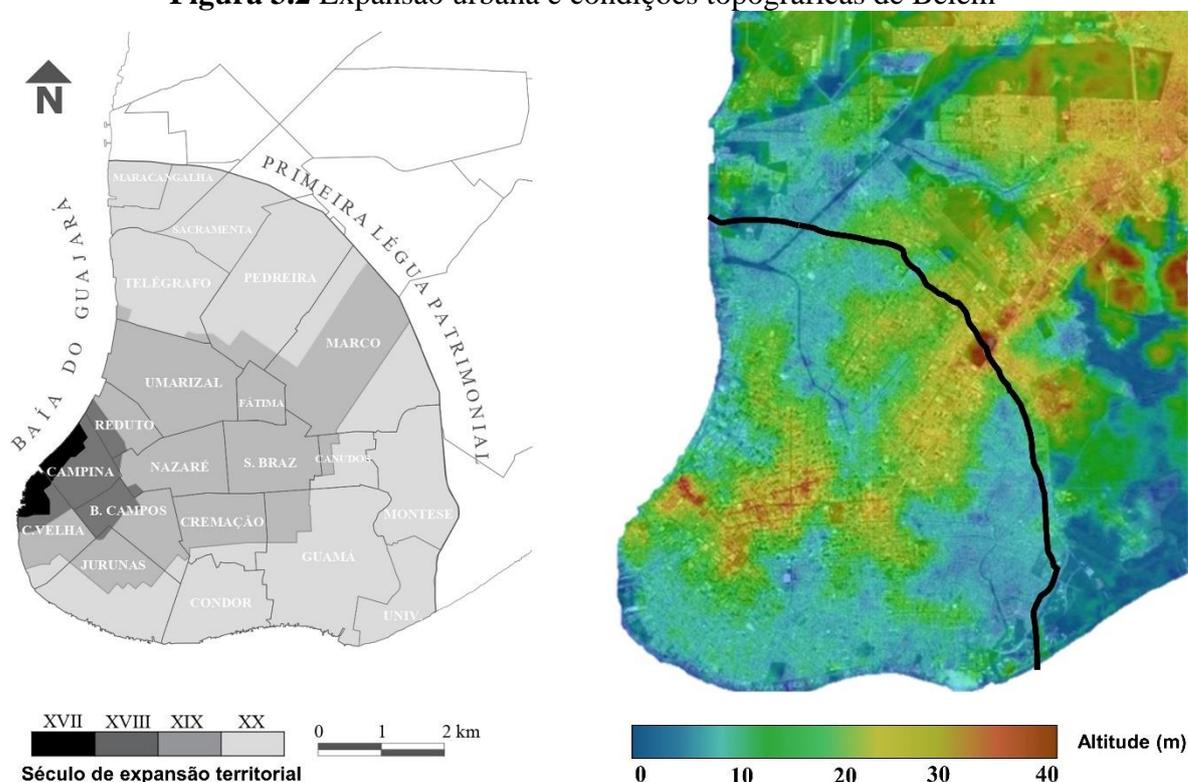


Fonte: Jornal O Liberal e Portal G1 Pará<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Foto A pertence ao Jornal O Liberal (<https://www.oliberal.com/belem/mare-alta-coloca-ver-o-peso-no-fundo-1.94592>),

Desse modo, nota-se que Belém sempre experimentou uma relação sensível entre o desenvolvimento econômico e a suscetibilidade a inundações, que prejudicam o fortalecimento de dinâmicas comerciais. Essa dialética foi enfatizada a partir do século XIX, quando a extração de látex potencializou a economia local e aumentou o contingente populacional, imprimindo na administração municipal a idealização da expansão da malha urbana (CARDOSO; VENTURA NETO, 2013). Todavia, ao constatar que a ocupação formal das áreas de várzea dependeria de vultuosos investimentos em infraestrutura, orientou-se o planejamento da expansão urbana em direção às porções interiores do território (Figura 3.2), áreas com cota altimétrica mais alta e menos suscetíveis a inundações ribeirinhas (SARGES, 1998; PONTE, 2015).

**Figura 3.2** Expansão urbana e condições topográficas de Belém



Fonte: Expansão urbana adaptada de Lima *et al.* (2021). Revelo extraído da base Topographic-Map ([www.pt-br.topographic-map.com/maps/pnpl/Belém/](http://www.pt-br.topographic-map.com/maps/pnpl/Belém/))

Foto B pertence ao Jornal O Liberal (<https://www.oliberal.com/belem/mare-alta-coloca-ver-o-peso-no-fundo-1.94592>);

Foto C pertence ao Jornal O Liberal (<https://www.oliberal.com/belem/mar%C3%A9-alta-e-chuva-deixam-v%C3%A1rios-pontos-alagados-em-bel%C3%A9m-1.74743>), e

Foto D pertence ao Portal G1 Pará (<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/03/12/alagamentos-em-belem-nao-sao-causados-so-pela-forte-chuva-e-mare-alta-diz-especialista-entenda.ghtml>);

Em consequência disso, verifica-se que o desenvolvimento urbano da Primeira Léguas Patrimonial de Belém<sup>16</sup> a ocupação de áreas enclausuradas, renegando o aspecto ribeirinho de cidade amazônica, como evidenciado no período colonial (CARDOSO; VENTURA NETO, 2013; ABREU, 2016). Para Trindade Junior (1998), Belém se desenvolveu de “costas para o rio”<sup>17</sup>, resultando em um aspecto morfológico denominado “cidade confinada”.

Visto que a expansão formal da cidade era orientada às terras altas e mais secas, as áreas de várzea (denominadas baixadas) eram ocupadas de maneira irregular pelas classes socioeconômicas mais vulneráveis, sem o auxílio do poder público para provisão de infraestrutura, comércio e serviços (RODRIGUES; LUZ; SARAIVA, 2014; MIRANDA, 2020). Em decorrência disso, essa parcela da população tornou-se diretamente afetada por inundações ribeirinhas, implicando em prejuízos humanos e materiais recorrentes ao longo do histórico da cidade (MIRANDA, 2020). Essa concepção é corroborada por Paumgarten, Maués e Rocha (2021), que identificaram a existência de uma relação direta entre a vulnerabilidade social e o aumento do risco de inundações em Belém. Ademais, Trindade Junior (1998) destaca que, embora os conflitos socioambientais implicassem na desvalorização imobiliária das baixadas, estas eram espacialmente próximas dos centros e subcentros<sup>18</sup> comerciais da cidade, gerando o termo “periferia próxima”. Nesse sentido, as curtas distâncias a polos econômicos garantia empregos e serviços à população pobre (MIRANDA, 2020).

Com o crescimento econômico e populacional de Belém, a cidade buscou se desenvolver para territórios localizados além da primeira léguas patrimonial, conhecidos pela denominação “periferia distante” (CARDOSO; LIMA, 2015). Nesse contexto, a expansão territorial da periferia distante foi marcada pela implantação de áreas institucionais durante a década de 1940 no entorno da primeira léguas patrimonial, inviabilizando o crescimento contínuo das vocações comerciais de áreas centrais (ABREU, 2016).

Desse modo, tal condição de enclave das áreas centrais suscitou em uma ocupação imobiliária diferenciada na periferia distante, conhecida nos circuitos imobiliários como “Nova Belém” (VENTURA NETO, 2012; MENDES, 2020). Nesse contexto, uma das características da Nova Belém consiste no estabelecimento de uma rede de atividades

---

<sup>16</sup> 4.110 hectares de terras doadas pela Coroa portuguesa ao Conselho Municipal, conhecida hoje como Centro Metropolitano de Belém (MIRANDA, 2020).

<sup>17</sup> Apesar do desenvolvimento urbano historicamente hidrofóbico, os circuitos imobiliários locais empreenderam nas áreas de orla um potencial de valorização fundiária a partir da década de 1990, redefinindo a dinâmica imobiliária a partir dos *waterfronts*, ou espaços revitalizados que recondicionam o uso das áreas ribeirinhas, como a Estação das Docas e o Complexo Ver-o-Rio (PONTE, 2015; VENTURA NETO, 2012).

<sup>18</sup> Emprega-se o termo subcentro para designar regiões na cidade com características de “aglomerações diversificadas e equilibradas de comércio e serviços, que não o centro principal” (VILLAÇA, 2001).

econômicas com relativa independência funcional do CHB (ABREU, 2016; SOUZA, 2016). Para Souza (2016), o lançamento de empreendimentos de base imobiliária nessa região oportuniza a dinamização das atividades econômicas complementares, tornando a região economicamente competitiva. Essa concepção pode ser confirmada através da diversidade de vocações terciárias implantadas ao longo da Rodovia Augusto Montenegro e no Entroncamento (Figura 3.3).

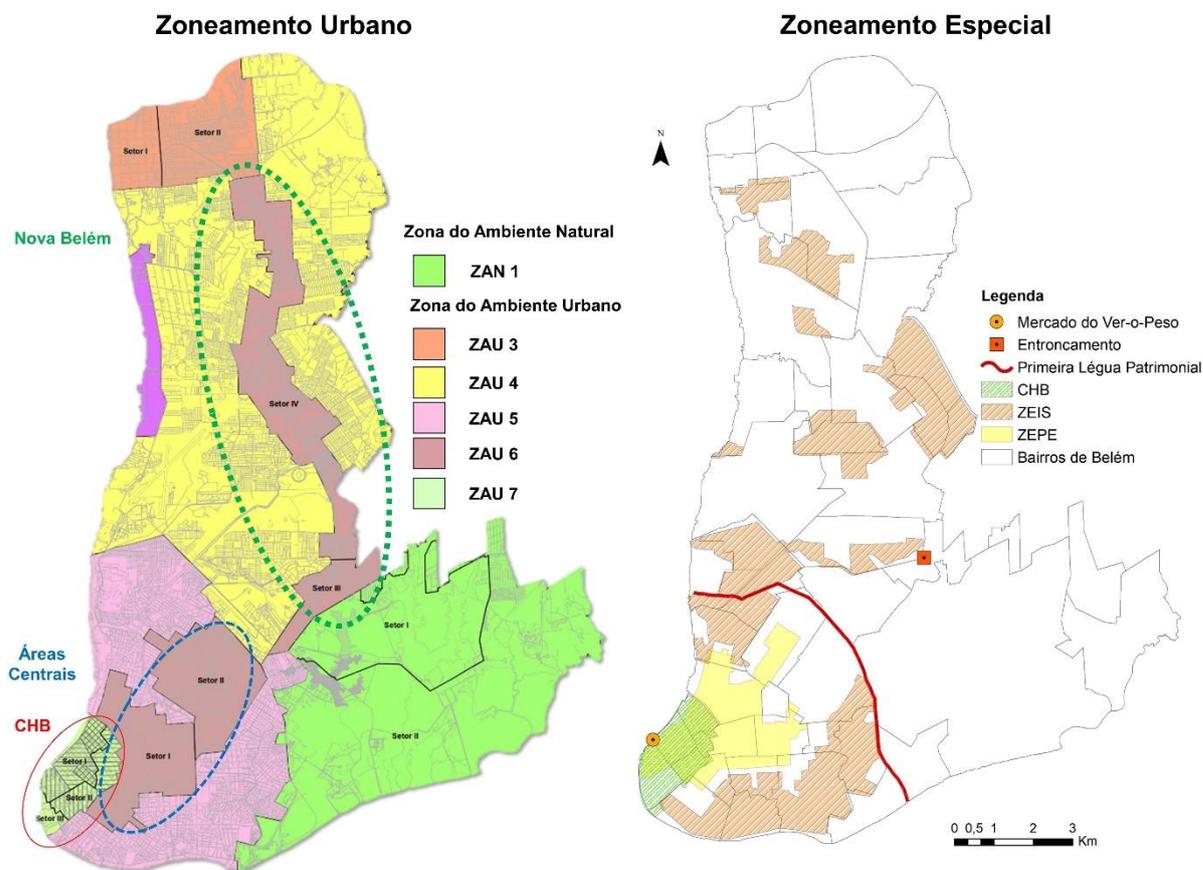
**Figura 3.3** Diversidade comercial na Nova Belém



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do levantamento de Souza (2016) e imagens do Google Streetview (2019) © (<https://www.google.com.br/maps>)

Nesse contexto, a legislação urbanística municipal e o crescimento econômico são correlacionados através dos zoneamentos urbano e especial (Figura 3.4). Deste modo, definem-se as Zonas de Ambiente Natural (ZAN), de Ambiente Urbano (ZAU), Especiais de Interesse Social (ZEIS) e Especiais de Promoção Econômica (ZEPE) em função do Plano Diretor vigente – PD-2008 (BELÉM, 2008). No instrumento referente ao zoneamento urbano, observa-se a centralização e estímulo de atividades comerciais e de serviços na ZAU 6, conforme indica o Quadro 3.1. Ademais, a ZAU 6 é dividida em cinco setores que abrangem as áreas centrais da cidade (Setor I), áreas recentemente valorizadas (Setor II) e a região da Nova Belém (Setores III, IV e V) – indicando o possível interesse público em descentralizar o comércio do CHB.

**Figura 3.4** Zoneamentos urbano e especial de Belém



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Belém (2008).

**Quadro 3.1** Caracterização do zoneamento urbano continental de Belém

| Zona  | Setor     | Uso Predominante | Infraestrutura <sup>19</sup> |         |          | Estimula habitação |          | Atividades de comércio e serviços |          |
|-------|-----------|------------------|------------------------------|---------|----------|--------------------|----------|-----------------------------------|----------|
|       |           |                  | Consolidada                  | Parcial | Precária | Horizontal         | Vertical | Possui                            | Estimula |
| ZAU 3 | Setor I   | Misto            | —                            | X       | —        | X                  | —        | X                                 | X        |
|       | Setor II  | Residencial      | —                            | —       | X        | X                  | —        | —                                 | X        |
| ZAU 4 | —         | Residencial      | —                            | X       | —        | X                  | —        | —                                 | X        |
| ZAU 5 | —         | Residencial      | —                            | —       | X        | X                  | —        | X                                 | X        |
| ZAU 6 | Setor I   | Misto            | X                            | —       | —        | —                  | X        | X                                 | X        |
|       | Setor II  | Residencial      | X                            | —       | —        | —                  | X        | X                                 | X        |
|       | Setor III | Misto            | —                            | X       | —        | —                  | X        | X                                 | X        |
|       | Setor IV  | Residencial      | —                            | X       | —        | —                  | X        | X                                 | X        |
|       | Setor V   | Residencial      | X                            | —       | —        | —                  | X        | X                                 | X        |
| ZAU 7 | Setor I   | Comercial        | X                            | —       | —        | X                  | —        | X                                 | —        |
|       | Setor II  | Misto            | —                            | X       | —        | —                  | —        | —                                 | **       |
|       | Setor III | Misto            | —                            | —       | X        | *                  | *        | —                                 | —        |

\* Desestimula o uso habitacional.

\*\* Desestimula a implantação de empreendimentos geradores de tráfego.

Nota: ZAU 1 e 2 não incluídas (áreas urbanas insulares).

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Belém (2008).

<sup>19</sup> O PD-2008 não especifica quais critérios foram adotados para qualificar a infraestrutura da cidade em consolidada, parcialmente consolidada (ou em consolidação) e precária. Pela data de elaboração (2008), supõe-se o mesmo possa ter se baseado nos dados do Censo 2000 e nos critérios estabelecidos no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

Em relação ao zoneamento especial, o PD-2008 define áreas específicas para promoção de regularização fundiária e direito à moradia (ZEIS) ou de atividades econômicas (ZEPE). As ZEIS apresentam uma ocupação majoritariamente residencial, baixos índices de desenvolvimento humano e insuficiência na provisão de infraestrutura (BELÉM, 2008), fatores que potencializam os prejuízos advindos de inundações. Já a ZEPE delimita áreas de maior estímulo à implantação de comércios e serviços, cuja localização deve ser preferencialmente ao longo dos eixos viários estruturantes da mobilidade da cidade (BELÉM, 2008), revelando o interesse público em desenvolver potenciais subcentralidades comerciais.

Todavia, embora haja esforços contínuos em se estimular a exploração comercial em territórios específicos das áreas centrais e periféricas, o poder público demonstra não conseguir compatibilizar as dinâmicas econômicas com a suscetibilidade intrínseca dos territórios a inundações. Um exemplo disso foi identificado por Dias e Szlafsztein (2020) ao evidenciar que 87,20% das linhas de transporte público por ônibus passam por áreas suscetíveis a inundações. Os autores ainda indicaram que tais linhas orientam a mobilidade em direção ao centro (Mercado do Ver-o-Peso) e subcentros econômicos da cidade, revelando um gargalo na exploração comercial em função da ocorrência de inundações cada vez mais frequentes.

Nesse contexto, uma explicação plausível para os expressivos efeitos das inundações nas atividades comerciais de Belém pode ser associada à forma de planejamento dos sistemas de saneamento. Durante a Intendência de Antônio Lemos (1897–1911), as intervenções físico-territoriais foram largamente baseadas no higienismo social e sanitário da Escola Haussmaniana<sup>20</sup> (SARGES, 1998). Dentre uma de suas principais características, destaca-se a canalização e retificação de cursos d'água para escoar mais rapidamente para jusante o volume de água pluvial. Contudo, essa estratégia projetual aumenta a vazão nas áreas a jusante, potencializando a ocorrência de inundações, consequência discutida somente durante a fase sustentável de gestão das águas urbanas (TUCCI, 2008).

Segundo a Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN (2020a), a maioria dos canais urbanos de Belém apresenta tecnologias que impossibilitam a infiltração das águas (Tabela 3.1). Conforme Tucci (2002), a escolha desse método de canalização utilizando sistemas impermeáveis restringe a capacidade de resposta do sistema à necessidade de eficácia dos equipamentos de micro e macrodrenagem.

---

<sup>20</sup> O Barão de Hausmann foi responsável pelo plano de reordenamento territorial de Paris. Seus ideais urbanísticos baseavam-se na abertura de eixos viários ortogonais, embelezamento estético e sanitário de áreas centrais urbanas (SARGES, 1998).

**Tabela 3.1** Tecnologias construtivas dos canais de Belém

| Característica construtiva             | % dos canais |
|--|--------------|
| Laterais de concreto e fundo natural   | 31,5         |
| Laterais e fundos naturais             | 22,7         |
| Seção em galeria e seção aberta        | 18,7         |
| Laterais e fundo de concreto           | 10,2         |
| Seção natural com trechos canalizados  | 6,9          |
| Laterais em madeira                    | 5,9          |
| Misto (trechos naturais e canalizados) | 4,1          |
| Total                                  | 100,0        |

Fonte: Adaptado da SESAN (2020a).

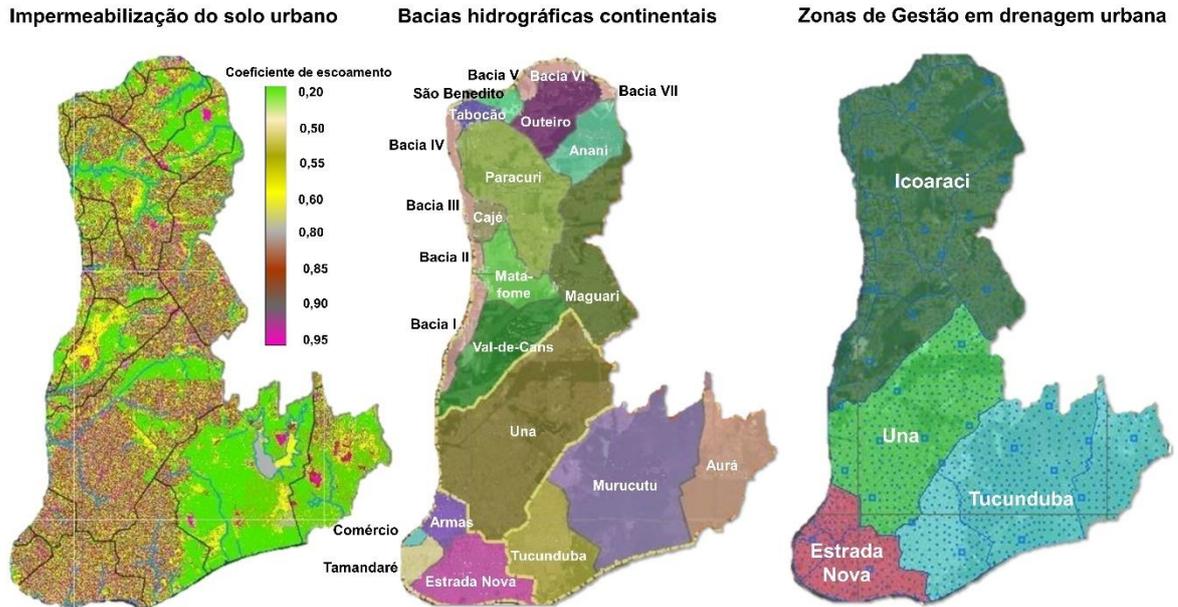
Além disso, verifica-se que somente 45% da área urbana possui sistema consolidado de drenagem (SESAN, 2020), o que resulta em eventos mais críticos e duradouros em áreas onde a provisão infraestrutural é insuficiente. Por outro lado, a existência do sistema de drenagem não sinaliza uma baixa ou a não ocorrência de inundações e alagamentos. Sobre isso, a SESAN (2020a) indica que os alagamentos existentes nas regiões centrais ocorrem em função da falta de manutenção dos equipamentos e do subdimensionamento do sistema.

Nesse contexto, Tucci (2002) indica que os sistemas de drenagem não estão operando da forma concebida em virtude das prováveis causas: acúmulo de resíduos sólidos lançados inadequadamente na rede pública, acúmulo de sedimentos transportados, ausência de manutenções preventivas nas peças e canalizações existentes, ou ainda na falha do dimensionamento proposto em função do aumento da impermeabilidade das áreas urbanas. Essas limitações potencializam a influência fluviométrica na ocorrência de inundações em Belém, podendo resultar em eventos mesmo em áreas afastadas da várzea, como é o caso das áreas centrais da cidade (SANTOS; ROCHA, 2013).

Na visão de Miranda (2020), o aumento da impermeabilidade das bacias hidrográficas centrais de Belém (Figura 3.5) contribui para a redução da capacidade de infiltração<sup>21</sup> e aumento do escoamento da rede de drenagem, o que suscitabiliza a ocorrência de inundações em áreas economicamente estratégicas. No âmbito municipal, a porção continental de Belém possui 24 bacias hidrográficas instituídas pela Lei municipal n.º 11.455/2007, divididas em 04 Zonas de Gestão em drenagem urbana (ZG), que tornam a gestão administrativa das bacias mais eficiente (SESAN, 2020b).

<sup>21</sup> A infiltração é avaliada através do coeficiente de escoamento superficial (ou coeficiente de *run off*). Essa grandeza mensura a razão entre o volume de água precipitado e o volume de água captado pelos sistemas de drenagem. Logo, quanto maior o coeficiente de escoamento, mais água deve ser escoada pela drenagem em vez de ser infiltrada no solo (TUCCI, 2006).

**Figura 3.5** Gestão hidrográfica de Belém



Fonte: Adaptado de Cruz (2018) e SESAN (2020b)

Nesse cenário, diversos estudos investigaram os padrões morfológicos e de ocupação dessas bacias – resultando na Tabela 3.2 (BELÉM, 2011; SADECK; SOUZA; SILVA, 2012; GUIMARÃES, 2013; SANTOS; ROCHA, 2013; SANTOS, 2017; CRUZ, 2018; SESAN, 2020b, 2020a). Desta síntese, nota-se que a ZG da Estrada Nova apresenta as condições mais críticas para a ocorrência de inundações, como a baixa permeabilidade do solo e alta declividade média. Nessa zona, a prefeitura municipal de Belém desenvolve um programa de macrodrenagem que objetiva mitigar os efeitos adversos das inundações, potencializados pela ausência de infraestrutura e condições hipossuficientes dos moradores (SESAN, 2020b).

**Tabela 3.2** Características das bacias hidrográficas continentais de Belém

| Zona de Gestão | Bacia        | Localização                  | Área (ha) | Declividade média (%) | Permeabilidade (%) | Densidade (hab./ha) |
|----------------|--------------|------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| Una            | Una          | Baixada da Baía do Guajará   | 3.470,5   | 1,80                  | 18,66              | 140,10              |
| Estrada Nova   | Armas/Reduto | Área Central                 | 280,7     | 1,10                  | 2,08               | 78,25               |
|                | Comércio     | Área Central                 | 37,0      | 1,76                  | 5,79               | 154,59              |
|                | Tamandaré    | Área Central                 | 210,4     | 1,32                  | 3,40               | 130,90              |
|                | Estrada Nova | Baixada do Rio Guamá         | 966,3     | 0,70                  | 3,27               | 296,38              |
| Tucunduba      | Tucunduba    | Baixada do Rio Guamá         | 1.109,4   | 0,66                  | 22,59              | 269,33              |
|                | Murucutum    | Região da BR-316             | 3.040,2   | 0,50                  | 51,74              | 27,56               |
|                | Aurá         | Região da BR-316             | 1.300,7   | 0,33                  | 76,31              | 13,41               |
| Icoaraci       | Cajé         | Região da Augusto Montenegro | 179,5     | 0,61                  | 38,29              | 148,58              |
|                | Mata-fome    | Região da Augusto Montenegro | 579,7     | 2,90                  | 24,69              | 62,11               |
|                | Paracuri     | Região da Augusto Montenegro | 1.627,8   | 2,30                  | 24,33              | 73,88               |
|                | Val-de-Cans  | Região da Augusto Montenegro | 1.111,1   | 0,62                  | 42,80              | 68,78               |
|                | Maguari      | Região do Rio Maguari        | 1.513,6   | 0,32                  | 36,46              | 64,22               |
|                | Outeiro      | Região do Rio Maguari        | 713,9     | 0,65                  | 47,54              | 43,37               |
|                | Anani        | Região do Rio Maguari        | 622,2     | 0,45                  | 66,71              | 28,04               |
|                | Bacia I      | Região da Artur Bernardes    | 247,6     | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia II     | Região da Artur Bernardes    | 46,0      | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia III    | Região da Artur Bernardes    | 52,7      | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia IV     | Região de Icoaraci           | 89,8      | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia V      | Região de Icoaraci           | 70,0      | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia VI     | Região de Icoaraci           | 117,2     | —                     | —                  | —                   |
|                | Bacia VII    | Região de Icoaraci           | 38,7      | —                     | —                  | —                   |
|                | São Benedito | Região de Icoaraci           | 154,1     | —                     | —                  | —                   |
|                | Tabocão      | Região de Icoaraci           | 140,7     | —                     | —                  | —                   |

Nota: as bacias I a VII, São Benedito e Tabocão foram incorporadas por Santos (2017) nas bacias adjacentes, inviabilizando a obtenção de dados morfológicos e de uso e ocupação do solo.

Fonte: Adaptado de Santos (2017) e da SESAN (2020b).

Merece destaque os resultados de Lisboa *et al.* (2014) sobre a possível implantação de uma taxa de drenagem em Belém. Os autores observaram potenciais de autonomia financeira de bacias urbanas da cidade de Belém, a curto e médio prazo. Isso implicaria a adoção da referida taxa na ZG da Estrada Nova, de modo que se poderia cobrir os custos com projetos e obras de drenagem urbana na área, o que auxiliaria no processo de mitigação das inundações.

Com base nestas perspectivas, é possível verificar que os impactos de inundações são sistêmicos no território de Belém. Entretanto, apresentam maior representatividade de perdas econômicas e sanitárias em áreas de baixada, sobretudo na periferia próxima. Desta forma, indaga-se como esta dinâmica altera o mercado imobiliário comercial?

## **4 METODOLOGIA**

Este capítulo é composto por cinco seções, as quais descrevem todos os procedimentos utilizados nesta pesquisa, de modo que seja possível replicá-la em outras localidades, salvaguardando as particularidades territoriais, econômicas e naturais do lócus de estudo. Desta forma, a primeira seção, que se refere à definição da pesquisa, corresponde à caracterização metodológica do estudo. A segunda descreve o delineamento da pesquisa, enfatizando suas fases constituintes. A terceira seção, que se refere à coleta de dados, descreve quais dados foram coletados, a origem e a forma de extração dos mesmos. O Processamento de dados está descrito na quarta seção, que corresponde aos critérios de ajustes das variáveis e construção da base de dados. A quinta e última seção aborda o desenvolvimento dos modelos de análise.

### **4.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa pode ser entendida como um processo simultâneo de fabricação do conhecimento e de aprendizagem científica, cuja finalidade é resolver problemas e solucionar dúvidas mediante à utilização de procedimentos científicos (PRODANOV; FREITAS, 2013). Para Gil (2002), o desenvolvimento da pesquisa depende da definição do problema cuja solução deve ser encontrada, para então construir um modelo que o represente, buscar o artifício deste modelo e validar a solução encontrada. A partir disso, geram-se condições de intervir no problema real e alcançar o objetivo inicialmente proposto.

Diante da extensa variedade de metodologias de pesquisa disponíveis, é necessário identificar a natureza, a abordagem, os objetivos e o recorte deste estudo. Baseado nisso, indica-se que o presente estudo possui o seguinte enquadramento metodológico:

- Possui uma natureza aplicada, dado que gera um produto (modelos hedônicos) a ser aplicado em um problema real;
- Possui uma abordagem quantitativa, visto que emprega modelos econométricos para testar as hipóteses de pesquisa;
- Possui um objetivo exploratório, pois busca compreender e testar relações ainda não investigadas no estudo de caso em questão;
- Possui um recorte transversal, dado que os dados compreendem uma delimitação temporal específica;

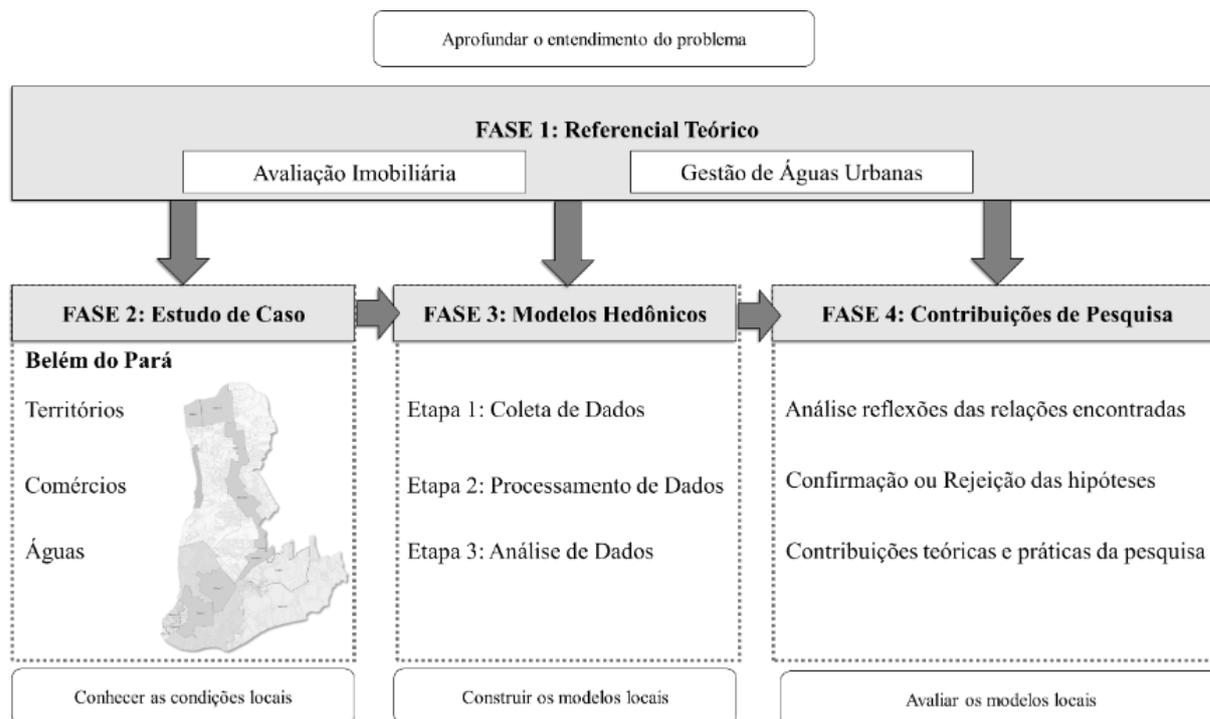
Além disso, é necessário indicar os procedimentos de pesquisa utilizados. Nesse estudo, a escolha dos procedimentos metodológicos ocorreu da seguinte forma:

- O método bibliográfico foi utilizado para reunir estudos que abordassem a interface entre avaliação imobiliária e suscetibilidade a inundação e alagamentos;
- O método documental foi empregado para examinar documentos sobre a gestão territorial do estudo de caso;
- O método de levantamento foi utilizado para identificar diferentes categorias de dados para constituir o banco de dados da pesquisa, como, por exemplo, imóveis comerciais disponíveis para locação, zonas de inundação, características socioeconômicas, locais, etc.;
- O método de modelagem foi utilizado para se estimar o valor unitário dos aluguéis em função das variáveis independentes, incluindo as relacionadas a inundações. Para isso, foram desenvolvidos múltiplos modelos econométricos;
- O método de simulação foi empregado para verificar a assertividade dos modelos e desta forma examinar sua capacidade de generalização no contexto especificado.

#### 4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida em quatro fases: I) Revisão Teórica; II) Estudo de Caso; III) Modelagens Hedônicas e; IV) Contribuições da Pesquisa. Na primeira fase, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida durante todo o trabalho. Na segunda fase, buscou-se caracterizar o estudo de caso e suas especificidades históricas, territoriais, socioeconômicas e ambientais que podem influenciar nos resultados. A terceira fase compreendeu a construção, operação e validação dos modelos hedônicos, enquanto a quarta fase compreendeu a análise destes modelos. Essas etapas são melhor visualizadas através da Figura 4.1.

**Figura 4.1** Delineamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.1 Fase 1: Referencial Teórico

A Fase 1 objetivou realizar uma revisão bibliográfica abrangendo estudos (inter)nacionais que versassem sobre dois eixos temáticos: avaliação imobiliária e gestão de águas urbanas. Nessa fase, buscou-se de forma exploratória na literatura evidências sobre a relação entre inundações e valorização imobiliária de propriedades comerciais, de modo que se identificou uma lacuna de conhecimento no que tange a essas evidências na região Amazônica. Após essa constatação, formulou-se o problema de pesquisa já identificado no primeiro capítulo deste trabalho.

Uma vez definida a problemática a ser investigada, conduziu-se uma busca nas principais plataformas de indexação científica: Science Direct, Scopus, Taylor & Francis, Springer, Wiley Library, Emerald, Scielo, Periódicos Capes e Google Acadêmico. Para abranger estudos da chamada literatura cinza<sup>22</sup>, realizou-se buscas no Portal de Teses e Dissertações da CAPES e nos respectivos repositórios institucionais. As buscas foram conduzidas entre fevereiro e junho de 2021, pois novos tópicos foram sendo incorporados à pesquisa através da técnica de bola de neve (RIDLEY, 2008).

<sup>22</sup> Literatura cinza consiste em toda informação produzida por todos os níveis de governo, acadêmicos, negócios e indústria em formatos eletrônicos e impressos não controlados pela publicação comercial (GIL, 2002).

Para realizar as buscas do eixo de avaliação imobiliária, empregou-se termos<sup>23</sup> como “*commercial property*” “*retail property*”, “*non-residential property*”, “*real estate valuation*”, “*real estate appraisal*”, “*commercial rents*” e “*retail rents*”. Para o eixo de gestão de águas urbanas, empregou-se termos como “*urban water*”, “*urban water management*”, “*urban water planning*”, “*flood*”, “*flooding*”, “*riparian flood*” e “*urban flood*”. Eventualmente, combinações de termos pertencentes a ambos eixos foram utilizados para identificar estudos próximos à abordagem desta pesquisa.

Os resultados dessa pesquisa bibliográfica indicaram que inundações são comumente avaliadas no mercado imobiliário residencial (SCHAEFER, 2013; ALIYU *et al.*, 2016; JUNG; YOON, 2018; RAJAPAKSA *et al.*, 2016). Por outro lado, a investigação desse fenômeno no valor de imóveis comerciais é uma abordagem ainda escassa na literatura de avaliação de imóveis, sendo restrita a um número pontual de pesquisadores (BHATTACHARYA *et al.*, 2013; BHATTACHARYA-MIS; LAMOND, 2015, 2016; LAMOND *et al.*, 2019). Dessa forma, foi constatada a existência dessa lacuna de pesquisa no Brasil e na região Amazônica, o que corrobora com a relevância deste estudo.

#### **4.2.2 Fase 2: Estudo de Caso**

A Fase do Estudo de Caso foi conduzida através do método de pesquisa documental, de modo que foram consultados arquivos de literatura cinza como livros, teses, dissertações e relatórios da Prefeitura Municipal de Belém e seus órgãos de administração direta. Nesta fase, buscou-se consolidar informações contidas em relatórios, mapas e dados sobre a formação territorial, comercial e hidrográfica da cidade, o que tornou possível construir as hipóteses de pesquisa e selecionar as variáveis do modelo segundo as especificidades locais.

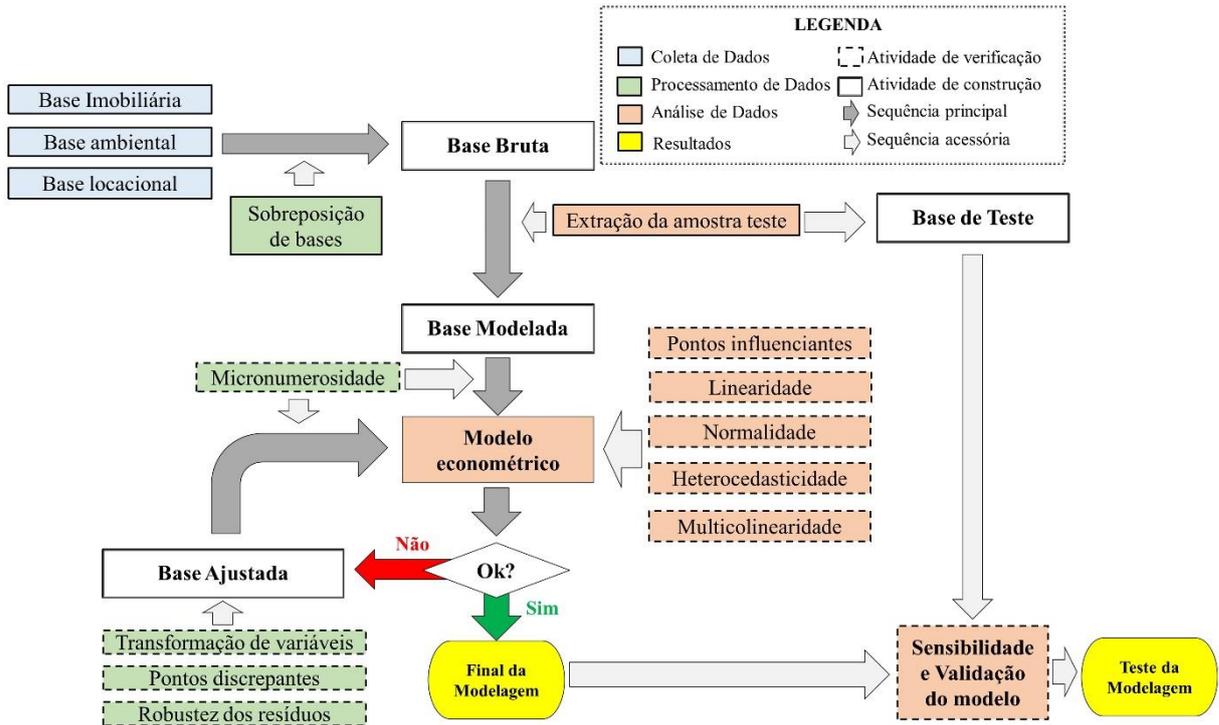
#### **4.2.3 Fase 3: Modelagens hedônicas**

A Fase 3 compreendeu a construção das modelagens econométricas, compreendendo as etapas de coleta, processamento e análise de dados – que serão discriminadas nas seções seguintes. Para facilitar o entendimento dessas etapas, a Figura 4.2 ilustra a rotina de modelagem adotada.

---

<sup>23</sup> Variações de singular e plural dos termos também foram consideradas nas buscas. Os termos foram empregados em inglês em todas as bases em virtude da maior abrangência, com exceção do Google Acadêmico, Periódico CAPES e portal de Teses e Dissertações da CAPES.

**Figura 4.2** Rotina de modelagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

A etapa de coleta abrangeu dados de diferentes fontes, resultando em bases próprias para cada natureza de informação imobiliária (propriedades comerciais), ambiental (zonas de inundação) e locacional (características socioeconômicas e espaciais). Após o cruzamento destas variáveis através da técnica de sobreposição de bases (*overlay*), obteve-se uma base com todas os dados necessários para construir os modelos hedônicos, denominada Base Bruta. Desta base, extraiu-se uma amostra de teste para realizar a etapa de sensibilidade e validação dos modelos. A subtração dessa Base de Teste da Base Bruta resultou na Base Modelada, submetida à verificação de micronumerosidade estabelecida pela NBR 14653-2 (ABNT, 2011) Após passar pelos procedimentos de verificação de linearização das informações e de valores discrepantes (que serão discriminados a seguir), resultou-se na Base Ajustada.

Uma vez atendida a condição de micronumerosidade, foi desenvolvido o modelo econométrico através de uma regressão do tipo Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Este modelo de regressão foi escolhido em função da natureza contínua e decimal da variável dependente (valor unitário do aluguel). Desse modo, a distribuição dos resíduos da regressão foi submetida à verificação das condições de pontos influenciantes, normalidade, heterocedasticidade e multicolinearidade, os quais serão detalhadamente explicadas na seção de análise de dados. Caso alguma das condições supracitadas não tivessem sido atendidas, os resíduos da primeira regressão seriam submetidos à verificação de pontos discrepantes e as

variáveis seriam examinadas para identificar possíveis transformações necessárias. Ademais, seria verificada a robustez dos resíduos através de técnicas econométricas específicas.

Após todas as condições cumprirem os critérios normativos da NBR 14653-2, os coeficientes de estimação do modelo foram submetidos à predição de valores unitários de aluguel das observações constituintes da Base de Teste. Os valores preditos foram comparados com os valores observados para verificar a sensibilidade de predição do modelo através de critérios de acurácia, que serão discriminados no final deste capítulo.

#### **4.2.4 Fase 4: Contribuições da Pesquisa**

A Fase 4 compreendeu a interpretação dos resultados das modelagens. Para isso, foram comparados padrões espaciais do estudo de caso em relação à literatura, situando a problemática em discussões de escala local e global. Por fim, foram abordadas as contribuições teóricas e práticas do estudo e as eventuais ramificações de investigação a serem adotadas.

### **4.3 COLETA DE DADOS**

Esta etapa compreendeu a origem e forma de obtenção dos dados, descrição das variáveis encontradas e criação de variáveis derivadas. Além disso, reportaram-se os critérios normativos da NBR 14653-2 (2011) quanto à qualidade da amostra selecionada.

#### **4.3.1 Dados imobiliários**

Os dados imobiliários compreendem 586 propriedades comerciais ofertadas sob a transação de aluguel em Belém-PA entre março e maio de 2021. Os dados foram obtidos de anúncios de 15 agências imobiliárias e 2 proprietários, disponíveis em oito dos portais de divulgação de ofertas imobiliárias mais utilizados por corretores e consumidores do mercado<sup>24</sup>. A identificação completa e contato dos anunciantes foi registrada conforme prescreve a NBR 14653-2 (2011).

Desta forma, puderam ser extraídas diretamente dos anúncios as seguintes variáveis referentes às propriedades: valor mensal ofertado do aluguel (*VALOR*), área locável (*ÁREA*),

---

<sup>24</sup> Nesta pesquisa, foram consultados os seguintes portais: Brasil Brokers ([brasilbrokers.com.br](http://brasilbrokers.com.br)) – 02 imóveis, Campanha ([campainha.com.br](http://campainha.com.br)) – 03 imóveis, Chaves na Mão ([chavesnamao.com.br](http://chavesnamao.com.br)) – 40 imóveis, Imóvel Web ([imovelweb.com.br](http://imovelweb.com.br)) – 13 imóveis, MGF Imóveis ([mgfmoveis.com.br](http://mgfmoveis.com.br)) – 400 imóveis, OLX ([olx.com.br](http://olx.com.br)) – 11 imóveis, Viva Real ([vivareal.com.br](http://vivareal.com.br)) – 28 imóveis, e Zap Imóveis ([zapimoveis.com.br](http://zapimoveis.com.br)) – 89 imóveis. A discrepância do número de observações coletadas entre portais se deve à sobreposição de imóveis anunciados em várias plataformas, o que restringiu a coleta a ponderar somente uma vez cada imóvel para o primeiro portal que aparecesse.

número de cômodos (*COMODO*), banheiros (*BANHEIRO*) e pavimentos (*PAV*) locáveis, além da possibilidade de o locador pagar uma taxa de administração condominial a parte (*COND*) ou do imóvel já vir mobiliado (*MOBILIA*). A divisão entre as variáveis VALOR e ÁREA resultou na variável derivada do valor unitário (*VALOR\_UN*), sendo esta a analisada como variável dependente neste estudo por apresentar menores distorções em relação à variabilidade de propriedades existentes.

A partir da descrição do imóvel, elaborou-se a variável derivada *GRUPO*, referente à condição de aluguel total ou parcial da propriedade, considerando a existência de pontos comerciais. Além disso, a condição de uso<sup>25</sup> do imóvel foi avaliada através da variável *REFORMA*, que identificou através das fotografias dos ambientes locáveis a existência de patologias construtivas que prejudicassem ou inviabilizassem sua utilização imediata.

Em relação às dimensões geométricas das propriedades, utilizou-se variáveis relacionadas à extensão frontal dos terrenos (*TESTADA*) e da possibilidade de o imóvel estar localizado em uma esquina (*ESQUINA*). Visto que essas variáveis nem sempre estavam disponíveis nos anúncios, foi necessário identificar suas informações incompletas através de programas de posicionamento geográfico como Google Street View®, Google Earth® e visitas *in loco*, confirmando tanto as medidas geométricas informadas quanto os endereços completos das propriedades disponibilizados pelos anunciantes.

#### **4.3.2 Dados locais**

Os dados locais compreendem variáveis relacionadas à localização do imóvel, de distâncias até polos geradores de tráfego e de condições administrativas do território. Assim, os dados locais podem ser divididos em três subcategorias: censitários; de aproximação; e de jurisdição. Os dados censitários correspondem a variáveis obtidas pelos censos demográficos, enquanto os dados de aproximação referem-se às variáveis que mensuram a distância dos imóveis até os polos geradores de tráfego. Os dados de jurisdição se referem às variáveis responsáveis pelo controle, uso e gestão do território.

As duas variáveis locais censitárias utilizadas neste estudo foram Infraestrutura (*INFRA*) e Renda *per capita* (*RENDA*), que utilizaram dados referentes aos censos demográficos de 2000 e 2010 do IBGE. Nesse sentido, a unidade espacial utilizada pelo IBGE é a Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH). Conforme indicam Lima *et al.* (2021), a

---

<sup>25</sup> A impossibilidade de se realizar vistorias *in loco* nas 586 observações restringiu a capacidade qualitativa da percepção construtiva dos ambientes. Dessa forma, em vez de empregar uma escala de depreciação semelhante à utilizada no método evolutivo, optou-se por avaliar tal condição através de uma variável binária, o que reduz possíveis perspectivas enviesadas de um arbitramento subjetivo.

UDH compreende um recorte espacial de regiões com características socioeconômicas similares, independentes das delimitações administrativas usuais, como bairros e distritos. Desse modo, uma UDH pode estar situada inteiramente em um único bairro ou abranger parcelas de bairros distintos, a partir de suas características socioeconômicas. Para estimar os valores de *INFRA* e *RENDA*<sup>26</sup> para o ano de 2021, utilizou-se a projeção geométrica descrita nas Equações 4.1 e 4.2, respectivamente:

$$N_{2021} = N_{2010} \times e^{\left(\frac{\ln N_{2010} \ln N_{2000}}{2010-2000}\right) \times (2021-2010)} \quad (4.1)$$

$$N_{2021} = i_{(2021-2000)} \left[ N_{2010} \times e^{\left(\frac{\ln N_{2010} \ln N_{2000}}{2010-2000}\right) \times (2021-2010)} \right] \quad (4.2)$$

Em que  $N_{2021}$  é a variável estimada para o ano de 2021,  $i$  é a inflação observada no respectivo recorte temporal, enquanto  $N_{2000}$  e  $N_{2010}$  são os valores observados para essa variável nos respectivos censos demográficos de 2000 e 2010. Para calcular a variável *INFRA*, utilizou-se a Equação 4.3, proposta pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015):

$$INFRA = 1 - [0,3 LIXO) + (0,3 SANEAMENTO) + (0,4 MOBILIDADE)] \quad (4.3)$$

Em que *LIXO* é o percentual da população que vive em domicílios urbanos sem o serviço de coleta de lixo; *SANEAMENTO* é o percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados; *MOBILIDADE* é o percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza que gastam mais de uma hora até o trabalho. Logo, esta variável avalia as condições de sanitárias e de mobilidade de determinada área urbana.

Em relação às variáveis locacionais de aproximação, este estudo adotou duas variáveis que mensuram a menor distância das propriedades até dois polos comerciais geradores de tráfego em Belém<sup>27</sup>: mercado do Ver-o-Peso (*DIST-VP*) e Entroncamento (*DIST-ENT*). Esses polos configuram os maiores destinos de deslocamento de pessoas e mercadorias na Região Metropolitana de Belém (RMB), sendo um vinculado ao deslocamento em direção ao centro

<sup>26</sup> Para a variável *RENDA*, mensurada em termos monetários, ajustes em relação à inflação entre os períodos dos censos (2000, 2010) e de projeção (2021) foram aplicados para corrigir os efeitos de projeção.

<sup>27</sup> Belém possui outros polos geradores de tráfego, como mercados municipais e shopping centers. Contudo, verificou-se que a distribuição destes é concentrada nas áreas centrais da cidade, sobrepondo os efeitos de suas distâncias em relação a suas influências sobre as propriedades em uma escala interbairros. Desse modo, indica-se a utilização de mais polos de referência em estudos com menor recorte espacial, de modo a identificar especificidades estatisticamente significantes em uma escala de vizinhança.

da cidade (*DIST-VP*) e outro em direção à principal saída e área de expansão desta (*DIST-ENT*) (CARDOSO; LIMA, 2015). As distâncias de cada observação para os polos em questão foram calculadas através do programa ArcMap 10.5, que mensurou a distância euclidiana entre as observações imobiliárias e cada referência separadamente.

Em relação às variáveis locacionais de jurisdição, este estudo utilizou três variáveis dicotômicas. A variável *CHB* avaliou se a propriedade está situada no Centro Histórico e Comercial de Belém; enquanto as variáveis *ZEIS* e *ZEPE* verificaram se as propriedades estariam nas delimitações dos zoneamentos especiais social e econômico, respectivamente. Essas variáveis foram escolhidas para avaliar se as políticas de setorização do poder público possuem influência na valorização imobiliária comercial.

#### **4.3.3 Dados ambientais**

Os dados ambientais compreendem características topográficas, de inundações, de escoamento superficial em Belém-PA. Neste contexto, criou-se uma variável contínua referente à cota altimétrica média (*COTA*) de cada propriedade a partir de curvas de nível vetorizadas no programa ArcMap 10.5 através do comando “contour”. As curvas foram extraídas de um modelo de elevação digital (*Digital Elevation Model – DEM*) obtido do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) para o território da cidade de Belém ([https://earthexplorer.usgs.gov/download/options/srtm\\_v3/SRTM1S02W049V3/](https://earthexplorer.usgs.gov/download/options/srtm_v3/SRTM1S02W049V3/)).

Processadas como polígonos, as curvas foram compatibilizadas com as propriedades georreferenciadas através do comando “join”, identificando a cota altimétrica de cada observação. Para propriedades localizadas na divisa entre curvas de nível, o software realizou uma média aritmética simples entre as curvas destacadas para definir a altitude da observação.

Os dados referentes à inundação foram coletados da Carta digital de riscos naturais, elaborada pelo Centro de Pesquisas em Recursos Minerais (CPRM), que fornece a vetorização das zonas de suscetibilidade a inundação em diversas cidades do Brasil (<https://geoportal.cprm.gov.br/desastres/>). As zonas apontadas na carta indicam áreas de predominância quanto ao processo analisado.

Nesse contexto, a classificação relativa (alta, média, baixa) aponta áreas onde a propensão ao processo é maior ou menor em comparação a outras. Nestas zonas, pode haver áreas com classes distintas, mas sua identificação não é possível devido à escala da carta (1:25.000). Nos terrenos, a transição entre as classes tende a se apresentar de modo mais gradual. Desse modo, suscetibilidade baixa não implica que os processos não poderão ser

gerados em seu domínio, pois atividades humanas modificam sua dinâmica. Assim, os processos de urbanização podem alterar localmente a classe indicada (CPRM, 2015).

Desse modo, criou-se uma variável categórica denominada Suscetibilidade a Inundação (*INUND*), que varia entre 0 e 3, de modo que propriedades com valor 0 indicam não estarem em nenhuma zona de inundação prevista pelo CPRM, enquanto propriedades com *INUND* igual a 1, 2 ou 3 indicam que estão em zonas de baixa, média e alta suscetibilidade a inundação, respectivamente. O Quadro 4.1 apresenta características de cada zona de suscetibilidade a inundação.

**Quadro 4.1** Características das zonas de inundação

| Zona de suscetibilidade a inundação | Distância para corpos d'água | Declividade (%) | Solo | Processos naturalmente prováveis |            |              |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|------|----------------------------------|------------|--------------|
|                                     |                              |                 |      | Inundação                        | Alagamento | Assoreamento |
| Baixa                               | > 200m                       | Entre 2 e %5    | B    | —                                | X          | X            |
| Média                               | Entre 100 e 200m             | Entre 2 e %5    | A/B  | X                                | X          | X            |
| Alta                                | < 100m                       | < 2%            | A    | X                                | X          | X            |

Legenda: (A) = hidromórfico; (B) = não hidromórfico.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do CPRM (2015).

A terceira variável ambiental consistiu na taxa de drenagem (*TX\_DREN*), cobrada anualmente em valores monetários, proposta por Lisboa *et al.* (2014), mensurada através da Equação 4.4. Essa variável foi empregada com a finalidade de verificar como possíveis tributações sobre as características de impermeabilização das propriedades poderiam afetar suas dinâmicas de valorização imobiliária.

$$TX\_DREN = -10,62 + 1,59 (TESTADA) + 0,07 (ÁREA) - 0,10 (SM) \quad (4.4)$$

De modo que *TESTADA* é a extensão frontal da propriedade obtida dos registros imobiliários, *ÁREA* é a área útil locável e *SM* é o rendimento médio da UDH onde se localiza a propriedade, contabilizado em número salários mínimos. Já a quarta e última variável ambiental consistiu na verificação se as observações estão situadas na Zona de Gestão da Bacia da Estrada Nova (ZG-EST) através de uma categorização binária. Essa variável foi empregada para avaliar se as inundações possuem mais na área da cidade onde a impermeabilização do solo é mais crítica.

#### 4.3.4 Definição do modelo

Após identificar todas as variáveis, foi necessário caracterizar suas funções na modelagem econométrica, conforme apresenta o Quadro 4.2. Nesse contexto, indica-se que as modelagens compreenderam 20 regressores (VI) explicando a variável dependente (VD): *VALOR\_UN*.

**Quadro 4.2** Definição das variáveis dos modelos

| Base                   | Variável                    | Sigla    | Espacialidade  | Descrição da variável  | Sinal Esperado |
|------------------------|-----------------------------|----------|--|--|----------------|
| Variáveis Imobiliárias | Valor unitário do aluguel   | VALOR_UN | Ponto  | Razão entre o valor do aluguel e a área locável (em RS/m <sup>2</sup> ).             |                |
|                        | Cômodos                     | COMODO   | Ponto  | Número de cômodos locáveis   | +              |
|                        | Banheiros                   | BANHEIRO | Ponto  | Número de sanitários locáveis  | +              |
|                        | Pavimentos                  | PAV      | Ponto  | Número de pavimentos locáveis  | +              |
|                        | Mobiliado                   | MOBILIA  | Ponto  | = 1 se vier mobiliado; = 0 caso contrário  | +              |
|                        | Condomínio                  | COND     | Ponto  | = 1 se paga taxa condominial a parte; = 0 caso contrário                             | -              |
|                        | Agrupamento                 | GRUPO    | Ponto  | = 1 se prédio todo; = 0 se somente um ponto.   | +              |
|                        | Conservação                 | REFORMA  | Ponto  | = 1 se necessitar de reforma; = 0 caso contrário                                     | -              |
|                        | Esquina                     | ESQUINA  | Ponto  | = 1 se estiver na esquina; = 0 caso contrário.                                       | +              |
| Variáveis Locacionais  | Testada                     | TESTADA  | Ponto  | Comprimento frontal do imóvel  | +              |
|                        | Infraestrutura              | INFRA    | Área   | Atendimento de Infraestrutura (%)  | +              |
|                        | Renda <i>per capita</i>     | RENDA    | Área   | Renda média por habitante da UDH   | +              |
|                        | Dist. Ver-o-Peso            | DIST-VP  | Linha  | Distância até o Mercado do Ver-o-Peso  | -              |
|                        | Dist. Entroncamento         | DIST-ENT | Linha  | Distância até o Entroncamento  | -              |
|                        | Centro Histórico            | CHB      | Área   | = 1 se estiver na CHB; = 0 caso contrário  | +              |
|                        | Zona de Interesse Social    | ZEIS     | Área   | = 1 se estiver na ZEIS; = 0 caso contrário   | -              |
| Variáveis Ambientais   | Zona de Promoção Econômica  | ZEPE     | Área   | = 1 se estiver na ZEPE; = 0 caso contrário   | +              |
|                        | Suscetibilidade a Inundação | INUND    | Área   | = 1 se estiver na zona baixa; = 2 na zona média; =3 na zona alta; = 0 caso contrário | -              |
|                        | Cota Topográfica            | COTA     | Área   | Elevação em relação ao nível do mar (em metros)                                      | +              |
|                        | Taxa de Drenagem            | TX_DREN  | Ponto  | Taxa fiscal aplicada sobre a impermeabilização da propriedade                        | -              |
| ZG Estrada Nova        | ZG-EST                      | Área     | = 1 se estiver na ZG da Estrada Nova; = 0 caso contrário | -  |                |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à espacialidade das variáveis, isto é, sua forma de manifestação no ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), indica-se uma diversidade de vetorizações de informação em pontos (11 variáveis), linhas (2) e áreas (8). A conversão para uma base única (de pontos) será discriminada na próxima seção (Processamento de Dados → Sobreposição de Bases).

Desse modo, espera-se que as seguintes características das propriedades impliquem na valorização dos aluguéis comerciais: mais cômodos, banheiros e pavimentos locais, que o imóvel já venha mobiliado, que a propriedade seja locada inteiramente, que possua grande extensão frontal e que se localize em esquinas. Por outro lado, sugere-se que o estado de conservação insatisfatório do imóvel desvalorize seu aluguel assim como a necessidade de pagar taxas extras.

Concernente às características do entorno e da localização da propriedade, sugere-se que os seguintes fatores influenciem positivamente o valor dos aluguéis: estar em uma vizinhança com bom atendimento de infraestrutura e de maior renda, estar localizado próximo a dos polos comerciais da cidade, estar situado no Centro Histórico e Comercial da cidade ou ainda estar dentro de uma Zona de Promoção Econômica. Em contrapartida, espera-se que imóveis localizados em zonas de interesse social tendem a apresentar menor valorização do que imóveis localizados em outras áreas da cidade.

No que tange as variáveis ambientais, indica-se que quanto maior for a suscetibilidade a inundação a qual a propriedade estiver sujeita, menor tenderá a ser sua valorização imobiliária. De modo análogo, imóveis que se localizem em baixas cotas altimétricas, que precisem pagar maiores taxas de drenagem ou que estejam localizados na Zona de Gestão da Estrada Nova tendem a ser menos valorizados.

Apesar de a relação entre valorização imobiliária e inundações ser geralmente negativa (RAJAPAKSA *et al.*, 2016; JUNG; YOON, 2018), sugere-se que efeitos de moderação de outros regressores podem influenciar essa relação, potencializando ou mitigando os efeitos monetários das inundações sobre a desvalorização dos aluguéis. Sobre isso, sugere-se que a relação entre *VALOR\_UN* e *INUND*, quando moderada por *TESTADA*, mitiga os efeitos negativos das inundações, dado que imóveis com maiores extensões frontais, apesar de estarem mais sujeitos a perdas materiais, possuem mais condições de atrair clientes (NASE; BERRY; ADAIR, 2013; HUFFMAN; LONGHOFER, 2016).

Analogamente, propriedades localizadas em áreas com maior renda podem mitigar os efeitos das inundações sobre a valorização imobiliária comercial, dado que o entorno fornece condições econômicas de se obter uma recuperação mais rápida (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021). Assim, sugere-se a variável *RENDA* também possa moderar a relação entre *VALOR\_UN* e *INUND*. Ademais, propriedades em áreas mais altas tendem a mitigar os efeitos adversos das inundações sobre os aluguéis comerciais (COHEN; BROWN, 2017; CARMONA *et al.*, 2018; MCLEOD;

CURTIS, 2019; MURAKAMI; VILLANI; TALAMINI, 2021), sugerindo que possa haver uma moderação da variável *COTA* sobre a relação entre *VALOR\_UN* e *INUND*.

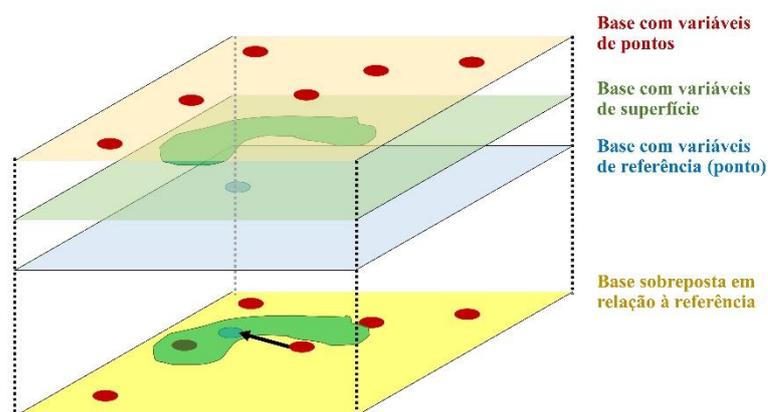
#### 4.4 PROCESSAMENTO DE DADOS

##### 4.4.1 Sobreposição de bases

Após a coleta das variáveis, foi necessário consolidar todas as informações em uma única base de dados. Para isso, utilizou-se a técnica de sobreposição de mapas (ou *overlay*), que consiste em compatibilizar informações espaciais de diferentes fontes em relação ao mesmo ponto de referência através de ferramentas SIG. Neste estudo, o ponto de referência para a consolidação de informações de diferentes origens foi a unidade comercial ofertada. Dessa forma, as demais informações foram compatibilizadas em relação aos imóveis coletados. Isso significa que todas as variáveis locais e ambientais foram atribuídas para cada imóvel, computadas para dentro da base imobiliária original.

A operacionalização desta técnica ocorreu no software ArcMap 10.5®. Cada base independente foi rasterizada no formato *shapefile* (.shp) e então mesclada com a base imobiliária através dos comandos “join” (para variáveis de superfície) e “localizar mais próximo” (para variáveis de linha). Esse procedimento de sobreposição de bases originou a primeira base desta pesquisa (Base Tratada 1). A Figura 4.3 exemplifica o processo de overlay executado pelo software.

**Figura 4.3** Processo de sobreposição de bases



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.2 Micronumerosidade

A verificação da micronumerosidade corresponde à condição de que variáveis dicotômicas ou categóricas possuam quantidade suficiente da mesma característica para que o modelo possa prever seu comportamento. Isso significa que as variáveis qualitativas devem apresentar um número mínimo de possibilidades em função do tamanho da amostra. Segundo a NBR 14653-2 (2011), a micronumerosidade é verificada pela Equação 4.5:

$$n \geq 3(k + 1) \rightarrow \text{para } n > 100, n_i \geq 10 \quad (4.5)$$

Em que  $n$  é o número de dados efetivamente utilizados;  $k$  é o número de variáveis independentes e  $n_i$  é a quantidade de observações com a mesma característica de uma variável qualitativa. Para verificar o número de imóveis necessário da amostra, adotou-se o critério da NBR 14653-2 (2011) para o grau III de fundamentação, descrito na Equação 4.6:

$$n = 6(k + 1) \quad (4.6)$$

Dessa forma, considerando que o modelo proposto é constituído por 20 regressores ( $k$ ); o número mínimo de observações deve ser de 126 propriedades. Dessa forma, indica-se que esta amostra mínima corresponde a 21,5% da amostra utilizada neste estudo ( $n = 586$ ).

#### 4.4.3 Pontos discrepantes e influenciantes

Os resíduos da regressão devem ser analisados para verificar a existência de valores discrepantes e influenciantes, que podem comprometer a capacidade preditiva dos estimadores. Para a Associação Internacional de Avaliadores – IAAO (2013), valores discrepantes (*outliers*) são aqueles cujo escore padrão (ou Z escore) encontram-se fora do intervalo  $[-3, +3]$ , comprometendo a distribuição dos resíduos da regressão. A exclusão ou inclusão dessas observações pode ocasionalmente implicar mudanças significativas no comportamento do modelo inferencial, sendo então denominados pontos influenciantes (CLEFF, 2019).

Desse modo, todo ponto influenciante é também um valor discrepante, mas seu inverso não é verdadeiro, pois a condição de ser um “outlier” preconiza a mudança na capacidade de predição do modelo (FIELD, 2017). Para identificar pontos influenciantes, adotou-se o critério da distância de Cook prevista pela NBR 14653-2 (2011), ao determinar que valores menores que 1,00 indicam não haver pontos influenciantes no modelo.

Ademais, atentou-se também para as indicações de Cook e Weisberg (1999), que ressaltam na importância de verificar se observações com distâncias de Cook maiores que 0,5 implicam pontos influentes ou se tal conformação é resultante de um modelo inadequado, devendo assim ser ajustado. Conforme indica Zilli (2020), valores discrepantes e influenciadores devem ser retirados uma vez detectados, repetindo a computação do modelo.

#### 4.5 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi conduzida em três etapas sequenciais: I) Estatística descritiva; II) Modelagem econométrica e; III) Sensibilidade do modelo. A primeira etapa objetivou explorar a amostra para identificar padrões numéricos e espaciais preliminares. Quanto à segunda etapa, esta objetivou testar a influência da variável ambiental *INUND* no valor unitário do aluguel assim como suas respectivas moderações, através de modelos econométricos embasados na NBR 14653-2 (ABNT, 2011). A terceira e última etapa objetivou avaliar a precisão dos modelos em prever o valor unitário de aluguel de imóveis não utilizados na construção das modelagens.

##### 4.5.1 Estatística descritiva

A análise descritiva compreendeu a exploração inicial da amostra, identificando o comportamento das variáveis. Para caracterizar a amostra, utilizou-se medidas de posição (média aritmética, mediana, moda, máximos e mínimos) e de dispersão (desvio padrão) para as variáveis contínuas. Para examinar as variáveis categóricas e binárias, utilizou-se a distribuição de frequências.

Complementarmente, empregaram-se ferramentas SIG para ilustrar os fenômenos identificados, através de mapas temáticos sobre a distribuição espacial das variáveis do modelo econométrico. Para identificar o comportamento de padrões espaciais, foram utilizados mapas de densidade de Kernel, que correspondem a um método estatístico de estimação de curvas de densidade (ZILLI, 2020). Nos mapas plotados, métodos de interpolação foram aplicados para identificar a intensidade de determinado fenômeno, revelando áreas homogêneas em relação ao comportamento de determinada variável.

#### 4.5.2 Modelagem econométrica

A regressão é uma técnica multivariada que modela a influência de uma ou mais variáveis, denominadas independentes ou regressores, na variação do comportamento de outra, denominada variável dependente/resposta (VD). Considerando que a técnica de regressão é definida em função da natureza da variável dependente, empregou-se a regressão do tipo Mínimos Quadrados Ordinários<sup>28</sup> (MQO) em função de *VALOR\_UN* ser uma variável contínua. A regressão MQO pode ser calculada através da Equação 4.7:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + \dots + B_nX_n + \varepsilon \quad (4.7)$$

Em que  $Y$  é a variável dependente,  $B_0$  é a constante da regressão,  $B_n$  e  $X_n$  correspondem ao coeficiente de regressão e o valor da  $n$ ésima variável independente, respectivamente; e  $\varepsilon$  é o erro estocástico. Além disso, pôde-se calcular o coeficiente  $\beta$  dos regressores, isto é, a razão entre o coeficiente do regressor e seu erro médio. O coeficiente  $\beta$  permite estabelecer comparações entre regressores, equalizando suas influências na variação sobre a variável dependente.

Neste estudo, foi considerado um intervalo de confiança de 95% para os regressores. Para avaliar o ajustamento do modelo, considerou o teste F da ANOVA a 99% de significância. Ademais, utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) para verificar o poder de explicação do modelo<sup>29</sup>. Para examinar o quanto do  $R^2$  ajustado é explicado por cada regressor, isto é, o tamanho do efeito, utilizou-se o estimador ômega –  $\omega^2$  (GRISSOM; KIM, 2012). Esta etapa de construção do modelo econométrico foi realizada nos programas IBM SPSS Statistics 26® e Stata 15®.

Além de examinar os resultados dos modelos, foi necessário validá-los através dos pressupostos citados pela NBR 14653-2 (ABNT, 2011): micronumerosidade, linearidade dos coeficientes dos regressores, normalidade, heterocedasticidade e multicolinearidade<sup>30</sup>. A micronumerosidade corresponde à necessidade de variáveis qualitativas terem um número mínimo (neste caso,  $n = 10$ ) de observações para cada possibilidade de resposta.

---

<sup>28</sup> Também conhecido como regressão *Ordinary Least Squares* (OLS), esse método ajusta os valores previstos à reta que apresentar as menores distâncias quadráticas entre os valores observados e a reta.

<sup>29</sup> Apesar de a NBR 14653-2 (ABNT, 2011) indicar o  $R^2$  ajustado como medida apropriada de verificação do poder explicativo da regressão, altos valores de  $R^2$  não implicam necessariamente em um modelo satisfatório. Isso ocorre porque seu valor aumenta à medida que se adicionam mais variáveis à modelagem. Dessa forma, é importante que se conduza uma análise gráfica dos resíduos da regressão, verificando visualmente o ajustamento dos dados.

<sup>30</sup> A NBR 14653-2 (ABNT, 2011) indica também o parâmetro de autocorrelação; contudo, o mesmo deve ser aferido quando utilizadas séries temporais ou técnicas de dependência espacial (ZILLI, 2020).

Por outro lado, a linearidade corresponde ao pressuposto de que a relação entre a variável dependente e os regressores é linear. Isso significa que os parâmetros da regressão devem ser obrigatoriamente lineares para manter a estrutura matemática do modelo, embora as variáveis possam adotar outra natureza analítica. Para avaliar a linearidade, empregou-se uma análise gráfica entre os resíduos quadráticos padronizados e os valores dos regressores. Caso essa premissa não seja atendida, ou a dispersão dos regressores não se ajustem em função de uma estimação linear, a solução indicada é transformar as variáveis.

O parâmetro normalidade indica que a regressão deve apresentar uma distribuição preferencialmente<sup>31</sup> normal dos seus resíduos. Para verificá-lo, empregou-se o teste de Shapiro-Wilk, cuja hipótese nula determina que a população possui uma distribuição normal. Portanto, um valor de p menor que 0,05 indica a rejeição da hipótese nula, ou seja, que os resíduos não possuem uma distribuição normal (CLEFF, 2019). Complementarmente, verificou-se a normalidade também pela análise gráfica do histograma dos resíduos.

O parâmetro heterocedasticidade indica que a variância dos resíduos da regressão não é constante. Dado que a variância dos resíduos da regressão difere para cada observação, isto é, tornam-se heterocedásticos, os estimadores da regressão deixam de ser eficientes, não possuindo a variância necessária para explicar o comportamento da variável dependente. Para identificar a presença de heterocedasticidade no modelo, empregou-se o teste de Breusch-Pagan, cuja hipótese nula indica a ausência de variância nos resíduos. Portanto, um valor de p menor que 0,05 indica que o modelo é homocedástico (FIELD, 2017). Ademais, utilizou-se conjuntamente o gráfico dos resíduos padronizados com os valores ajustados, que devem apresentar uma dispersão gráfica aleatória.

O parâmetro multicolinearidade indica uma sobreposição de efeitos de regressores na explicação da variável dependente, ou seja, há redundância na escolha de variáveis independentes. Quando ocorre multicolinearidade, os estimadores tornam-se enviesados, pois a contribuição de cada regressor na explicação da variável dependente fica comprometida. Para avaliar a presença de multicolinearidade, empregou-se o teste de Fator de Inflação da Variância (*Variance Inflation Factor* – VIF), que examina a interação entre os regressores durante o processo de estimação da variável dependente. Para este estudo, considerou-se que valores de VIF até 10,00 indicam que a ausência de multicolinearidade (CLEFF, 2019).

A interpretação dos coeficientes dos modelos log-linear seguiu a estratégia adotada por Halvorsen e Palmquist (1980) e Nase, Berry e Adair (2013). Para variáveis lineares

---

<sup>31</sup> Alguns autores ponderam que a condição de normalidade não é um pressuposto de validação do modelo econométrico, mas sim de verificação do seu desempenho (CLEFF, 2019; GONZÁLEZ, 2002; ZILLI, 2020).

contínuas e categóricas, os estimadores foram interpretados como a mudança percentual direta ( $g$ ) sobre a unidade de valor, enquanto para variáveis binárias utilizou-se a Equação 4.8:

$$g = 100 * (10^{\beta} - 1) \quad (4.8)$$

Em que  $\beta$  é o coeficiente não padronizado de estimadores binários. Esta análise permitiu compreender quantitativamente como cada atributo influencia no valor unitário dos imóveis comerciais. Deste modo, a modelagem econométrica ocorreu em etapas, designando um modelo de regressão para cada inclusão de grupo de regressores (imobiliárias, locacionais, ambientais e moderações). A análise da diferença entre os ajustes dos parâmetros de regressão e o atendimento aos pressupostos determinou a escolha do modelo econométrico final.

#### 4.5.3 Sensibilidade dos modelos

A última etapa de análise correspondeu à verificação de sensibilidade do modelo econométrico final. Nesta etapa, preocupou-se em examinar a consistência do modelo em prever valores estimados que fossem próximos aos valores observados. Para isso, extraiu-se uma base de teste que não foi considerada na construção dos modelos, submetida posteriormente aos seus equacionamentos para simular a capacidade de predição destes. O número de imóveis necessários para a base de teste foi calculado em função da proporção de Pareto, ou seja, 20% do número total de propriedades (118 observações) foram selecionados.

Para definir como os imóveis seriam selecionados, empregou-se uma amostragem estratificada que segmentou as 586 em 4 representativos, um para cada possibilidade da variável suscetibilidade a inundação (*INUND*). Esse critério foi adotado para permitir que a análise de sensibilidade pudesse examinar a mesma proporção de imóveis localizados em todas as zonas de inundação observadas na amostra total.

Dentre as 586 propriedades, 370 não estão localizadas em áreas suscetíveis a inundação (63,14% da amostra total). Coincidentemente, o número de imóveis localizados em zonas de baixa, média e alta suscetibilidade a inundação é equivalente: 71 na zona de baixa (12,11% do total), 72 na zona de média (12,28%) e 73 em zonas de alta suscetibilidade (12,46%). Isso indicou que deveriam ser selecionadas para a base de teste 74 imóveis que não estivessem em nenhuma zona de suscetibilidade, 14 imóveis situados em zonas de baixa, 15 em áreas de média e de alta suscetibilidade a inundação.

Uma vez definida a proporção de extração, utilizou-se o critério de subamostragem sistemática para selecionar quais imóveis de cada zona seriam os selecionados. Para cada

zona de suscetibilidade, os imóveis foram ordenados de forma crescente em função de seus valores unitários de aluguel (*VALOR\_UN*). Após isso, foi definida a proporção de extração para cada grupo de zona de suscetibilidade, indicando para o grupo sem zona de suscetibilidade, um imóvel deveria ser extraído para a base teste a cada cinco observações presentes na lista, repetindo a operação até que o número necessário de propriedades fosse atingido. O mesmo critério foi aplicado para os imóveis localizados em cada uma das três zonas de inundação.

Para conduzir a análise de sensibilidade, empregou-se o método de intervalo de assertividade. Esse critério utiliza medidas de acurácia para estabelecer comparações entre os valores observados da variável dependente e os valores preditos pelos modelos, examinando o quão próximos estão os resultados da modelagem com a realidade. Para isso, utilizou-se o coeficiente de dispersão (COD), expresso pela Equação 4.9:

$$\text{COD} = \frac{\text{média} \left| \left( \frac{Y_{\text{observado}}}{Y_{\text{predito}}} \right) - \text{mediana} \left( \frac{Y_{\text{observado}}}{Y_{\text{predito}}} \right) \right|}{\text{mediana} \left( \frac{Y_{\text{observado}}}{Y_{\text{predito}}} \right)} \times 100 \quad (4.9)$$

Em que  $Y_{\text{observado}}$  são os valores reais da amostra de teste,  $Y_{\text{predito}}$  são os valores calculados pelos modelos quando aplicadas as observações da base de teste e  $n$  é quantidade da amostra desta base (118 imóveis). Nesse contexto, o COD corresponde à medida de variabilidade da amostra utilizada para verificação de acurácia em estudos de avaliação de imóveis pela Associação Internacional de Avaliadores – IAAO. Para avaliar o COD, adotou-se o critério da IAAO (2013), que recomenda o COD máximo de 15 para propriedades comerciais em áreas heterogêneas.

Dessa forma, empregou-se o COD para definir os valores superior e inferior do intervalo de assertividade, onde serão examinados os erros individuais das observações ( $E_n$ ), correspondendo à diferença entre o valor observado ( $Y_{\text{observado}}$ ) e o valor predito ( $Y_{\text{predito}}$ ), conforme indica a Equação 4.10:

$$E_n = Y_{\text{observado}} - Y_{\text{predito}} \quad (4.10)$$

Nesse contexto, ao destacar que Abidoeye e Chan (2018) explicitam a fragilidade dos dados imobiliários disponíveis em realidades de países emergentes, considera-se que o modelo, caso atenda ao coeficiente de dispersão máximo estabelecido pela IAAO (2013), implicará na determinação de uma faixa de confiabilidade de valores de aluguel a serem

estimados pelo modelo econométrico resultante ( $\pm$  COD). Desse modo, é possível que indicar que observações com erros positivos (real > predito) e maiores que o limite superior (+ COD) indicam que possivelmente o mercado está supervalorando os valores de aluguel comercial. Por outro lado, observações com erros negativos (real < predito) e inferiores ao limite inferior (- COD) apontam que o mercado está subvalorizando os valores de aluguel.

Após, pôde-se enquadrar a predição das amostras segundo os critérios de fundamentação e precisão, previstos nas normas ABNT NBR 14653-1 (2019) e ABNT NBR 14653-2 (2011). O grau de fundamentação especifica o aprofundamento do trabalho avaliatório, confiabilidade, qualidade e quantidade dos dados disponíveis, enquanto a precisão mensura a acurácia do modelo. Por depender da conjuntura do mercado e dos dados existentes, o grau de precisão não pode ser definido a priori, ao contrário do grau de fundamentação.

Nesse contexto, a fundamentação e a precisão da avaliação podem ser enquadradas em três graus, de modo que o Grau I corresponde ao nível mínimo de especificação e III, o máximo. Baseado na ABNT NBR 14653-2 (2011), o grau de fundamentação III preconiza o atendimento à equação 4.6, que indica o número mínimo de dados em função do número de variáveis independentes utilizadas no modelo, não apresentar extrapolação, nível de significância estatística máximo igual a 10% para o teste bicaudal de cada regressor e igual a 1% para o teste F da ANOVA. Ademais, deve-se identificar as variáveis para todas as observações utilizadas. Quando o nível de significância estatística do teste bicaudal de cada regressor for de até 20% (0,1 para cada cauda), a avaliação será enquadrada como grau II de fundamentação.

Em relação ao grau de precisão, a ABNT NBR 14653-2 (2011) indica que a amplitude entre os intervalos de confiança da estimativa de tendência central deve ser de até 30% para ser enquadrado no Grau III; até de 40% para ser indicado no Grau II e até 50% para ser enquadrado no Grau I. Desse modo, calculou-se primeiramente a média aritmética simples dos valores preditos da Base teste para o modelo econométrico final ( $Y_{med}$ ). Em seguida, calculou-se o intervalo de confiança (I.C.) para  $Y_{med}$  segundo a Equação 4.11:

$$I.C. = Y_{med} \pm t_{student(80\%)} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{modelo}} (Y_{observado_n} - Y_{predito_n})^2}{N_{modelo} - K_{modelo} - 1}} \quad (4.11)$$

Em que (+) é utilizado para determinar o limite superior ( $L_{sup}$ ); (-) para determinar o limite inferior ( $L_{inf}$ );  $t_{student(80\%)}$  é o valor do teste T para 80% (=1,282);  $N_{modelo}$ ,  $Y_{observado}$  e

$Y_{predito}$  correspondem, respectivamente, ao número de observações, aos valores de oferta e estimados das observações utilizadas na construção do modelo econométrico, enquanto  $K_{modelo}$  foi o número de variáveis efetivamente utilizadas na construção da regressão. Assim, pôde-se determinar a amplitude média ( $A_p$ ) do modelo com base na estimação das propriedades da base de teste, através da Equação 4.12.

$$A_p = \frac{L_{sup} - L_{inf}}{Y_{med}} \quad (4.12)$$

## 5 RESULTADOS

Este capítulo é constituído por três seções: (I) Caracterização da amostra; (II) Modelo Econométrico e; (III) Sensibilidade dos Modelos. Seu objetivo é descrever em detalhes o comportamento dos modelos e das variáveis. Além disso, são explicitados se os modelos atenderam aos pressupostos normativos e estatísticos.

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Nesta seção, é apresentada uma síntese descritiva de todas as variáveis empregadas nas modelagens, através das suas medidas de posição e dispersão. A análise por conduzida através da natureza das variáveis (imobiliárias, locacionais e ambientais) e, posteriormente, de forma integrada – através de uma matriz de correlação. Paralelamente, técnicas SIG como mapas de densidade de Kernel evidenciam a percepção espacial dos valores unitários dos aluguéis comerciais.

#### 5.1.1 Síntese das variáveis imobiliárias

A descrição das variáveis imobiliárias é apresentada na Tabela 5.1. O valor unitário dos aluguéis comerciais praticados em Belém varia entre 3 e 173 reais por metro quadrado, indicando uma expressiva variabilidade amostral. Contudo, ao verificar que o desvio padrão (18,90) é inferior à média (29,24), verifica-se que tal amplitude possa ocorrer em função de valores extremos, tanto na subvalorização quanto na supervalorização das propriedades. Dessa forma, por meio dos intervalos de confiança (I.C.), entende-se que a locação de propriedades comerciais praticada em Belém tende a variar entre 27,71 e 30,77 reais por metro quadrado de área útil locável.

**Tabela 5.1** Análise descritiva dos dados imobiliários

| Variável | Unidade            | Mín. | Mediana | Máx.   | Média | I.C. inferior | I.C. superior | D.P.  | Freq. (0) | Freq. (1) |
|----------|--------------------|------|---------|--------|-------|---------------|---------------|-------|-----------|-----------|
| VALOR_UN | R\$/m <sup>2</sup> | 3,00 | 24,67   | 173,00 | 29,24 | 27,71         | 30,78         | 18,90 | —         | —         |
| COMODO   | —                  | 1,00 | 3,00    | 28,00  | 5,08  | 4,70          | 5,47          | 4,74  | —         | —         |
| BANHEIRO | —                  | 0,00 | 2,00    | 20,00  | 2,27  | 2,09          | 2,46          | 2,27  | —         | —         |
| PAV      | —                  | 1,00 | 2,00    | 7,00   | 1,64  | 1,58          | 1,70          | 0,77  | —         | —         |
| MOBILIA  | —                  | 0,00 | 0,00    | 1,00   | 0,08  | 0,06          | 0,10          | 0,27  | 91,80     | 8,20      |
| COND     | —                  | 0,00 | 0,00    | 1,00   | 0,08  | 0,06          | 0,10          | 0,27  | 91,80     | 8,20      |
| GRUPO    | —                  | 0,00 | 1,00    | 1,00   | 0,69  | 0,65          | 0,73          | 0,46  | 31,10     | 68,90     |
| COND     | —                  | 0,00 | 0,00    | 1,00   | 0,08  | 0,06          | 0,10          | 0,27  | 91,80     | 8,20      |
| REFORMA  | —                  | 0,00 | 0,00    | 1,00   | 0,39  | 0,35          | 0,43          | 0,49  | 61,40     | 38,60     |
| ESQUINA  | —                  | 0,00 | 0,00    | 1,00   | 0,27  | 0,23          | 0,30          | 0,44  | 73,20     | 26,80     |
| TESTADA  | m                  | 2,00 | 9,00    | 470,00 | 14,52 | 12,52         | 16,52         | 24,68 | —         | —         |

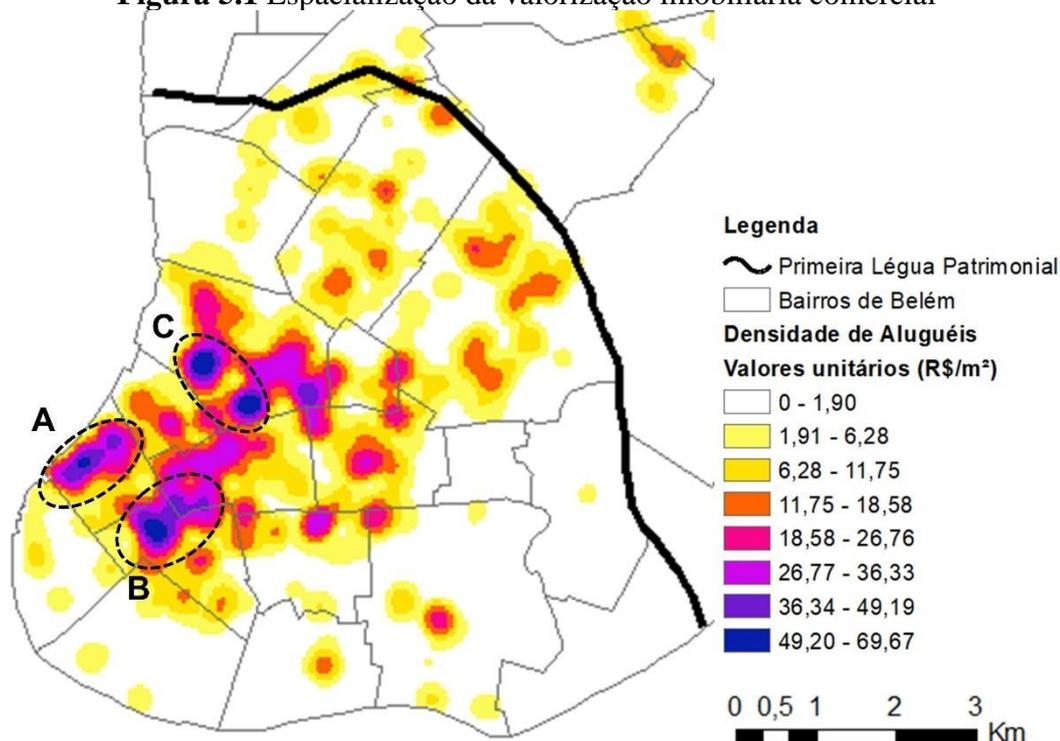
Nota: Frequência em termos percentuais. I.C. = Intervalo de confiança. D.P. = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às características arquitetônicas dos imóveis, indica-se que a maioria da amostra tem entre 4 a 6 cômodos locáveis e entre 2 e 3 sanitários, distribuídos em 2 pavimentos. As propriedades são locadas majoritariamente sem mobília (91,8%) e sem a necessidade de custear taxas condominiais (91,8%). Contudo, somente 31,10% dos imóveis são locados inteiramente, indicando uma tendência dos locadores em desmembrar as propriedades para múltiplas finalidades (uso misto) ou para a múltipla exploração de locação. Indica-se também que a variável *TESTADA* possui um desvio padrão superior às medidas de tendência central, o que enfatiza a característica dispersa deste atributo.

Espacialmente, observa-se que a valorização de imóveis comerciais é concentrada<sup>32</sup> no entorno das áreas comerciais da Campina (Figura 5.1-A), Batista Campos (Figura 5.1-B) e Umarizal (Figura 5.1-C). Não por coincidência, Lima *et al.* (2021) destacaram que os bairros de Batista Campos e Umarizal concentram os lançamentos residenciais multipavimentos de alto poder aquisitivo, o que confirma uma tentativa do circuito de aluguéis comerciais em acompanhar essa supervalorização imobiliária (D'ELIA; GRAND; LEÓN, 2020).

**Figura 5.1** Espacialização da valorização imobiliária comercial



Fonte: Elaborado pelo autor.

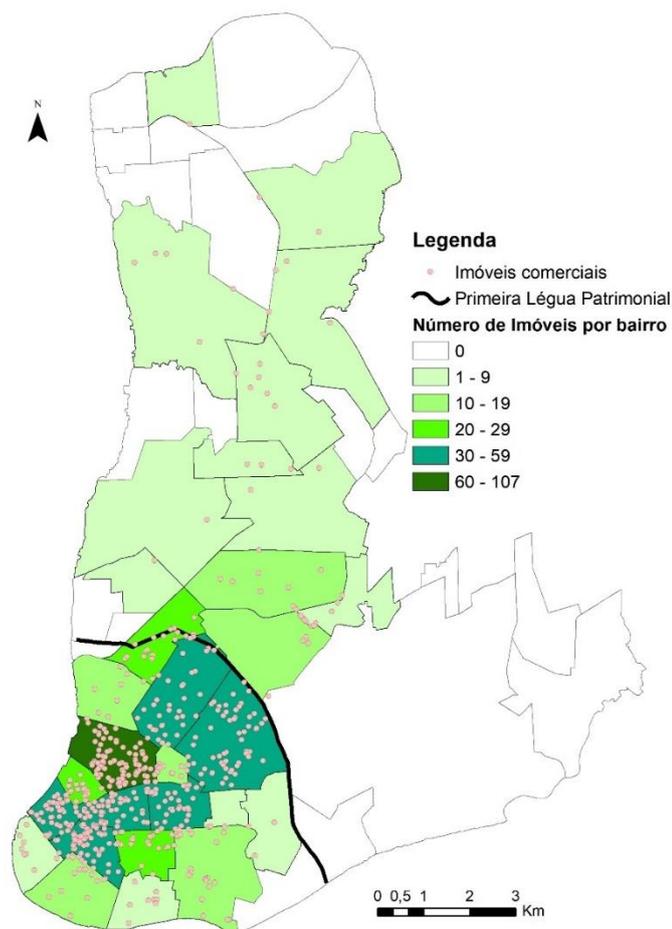
Outrossim, cabe salientar que a faixa de valores identificada através do intervalo de confiança (27,71-30,78 R\$/m<sup>2</sup>) é espacialmente restrita a partes dos bairros do Umarizal, Batista Campos, Nazaré e Campina. Isso pode ocorrer em função dos efeitos descritos por

<sup>32</sup> Concentração obtida pelo mapa de densidade de Kernel para a variável *VALOR\_UN*, método planar.

Yoon (2018), ao evidenciar que bolsões comerciais com condições competitivas buscam inconscientemente sobrepor sua influência sobre seus concorrentes equivalentes. Deste modo, Garner (1966) discute que um efeito desse fenômeno é a supervalorização imobiliária, induzida por uma possível rentabilidade garantida por fatores de localização.

Sobre isso, visualiza-se em Belém a existência dos três efeitos da localização comercial propostos por Garner (1966): aglomeração, centralidade e acessibilidade, sendo as duas primeiras constatadas através da Figura 5.2. A aglomeração pode ser identificada pela concentração de aluguéis ofertados em bairros como Umarizal (107 propriedades), Marco (57), Nazaré (51), Campina (49) e Batista Campos (48 imóveis). Nessa perspectiva, frisa-se predominância de propriedades ofertadas na primeira légua patrimonial, ao verificar que somente 51 propriedades (ou 8,7% da amostra total) se localizam na Nova Belém.

**Figura 5.2** Espacialização dos imóveis por bairro



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, a centralidade pode ser observada em função da reduzida ocorrência de aluguéis no entorno das áreas centrais, condição compatível com o que Cardoso e Lima (2015) se referem como centralidade deslocada<sup>33</sup>. Por outro lado, o efeito da acessibilidade pode ser evidenciado ao relacionar a Figura 5.2 com o estudo de Dias e Szlafsztain (2020), constatando que tais regiões são as mais servidas de transporte público e eixos de escoamento viário da cidade, apresentando as melhores condições de deslocamento intraurbano.

### 5.1.2 Síntese das variáveis locais

A descrição das variáveis locais encontra-se na Tabela 5.2. Atributos censitários demonstram que os imóveis comerciais se localizam onde há maior atendimento de infraestrutura (média de 82%) e condições socioeconômicas atrativas (entre R\$ 3.300 e 3.700 por habitante). Quanto à influência dos polos geradores de tráfego, indica-se uma maior variabilidade em relação à distância das propriedades até o mercado do Ver-o-Peso (Desvio Padrão de 2,4) do que em relação ao Entroncamento (Desvio Padrão de 1,7). Essa condição, somada com o fato de as propriedades estarem, em média, mais distantes do Entroncamento (6km) do que do mercado do Ver-o-Peso (3km), revela que há uma tendência dos imóveis se localizarem, no geral, mais distantes do Entroncamento. Quanto ao mercado do Ver-o-Peso, indica-se uma tendência de os imóveis estarem localizados tanto próximos quanto mais afastados, ainda que situados nas áreas centrais da cidade.

**Tabela 5.2** Análise descritiva dos dados locais

| Variável | Unidade | Mín.   | Mediana  | Máx.      | Média    | I.C. inferior | I.C. superior | DP       | Freq. (0) | Freq. (1) |
|----------|---------|--------|----------|-----------|----------|---------------|---------------|----------|-----------|-----------|
| INFRA    | %       | 0,46   | 0,86     | 0,99      | 0,82     | 0,82          | 0,83          | 0,10     | —         | —         |
| RENDA    | R\$     | 436,46 | 2.641,90 | 6.697,14  | 3.510,25 | 3.348,81      | 3.671,70      | 1.989,87 | —         | —         |
| DIST-VP  | m       | 45,00  | 2.610,00 | 15.493,00 | 3.163,00 | 2.969,66      | 3.356,35      | 2.383,03 | —         | —         |
| DIST-ENT | m       | 102,00 | 6.306,50 | 10.959,00 | 6.090,04 | 5.949,50      | 6.230,58      | 1.732,24 | —         | —         |
| CHB      | —       | 0,00   | 0,00     | 1,00      | 0,18     | 0,15          | 0,21          | 0,38     | 81,90     | 18,10     |
| ZEPE     | —       | 0,00   | 1,00     | 1,00      | 0,56     | 0,52          | 0,60          | 0,50     | 43,70     | 56,30     |
| ZEIS     | —       | 0,00   | 0,00     | 1,00      | 0,10     | 0,07          | 0,12          | 0,29     | 90,40     | 9,60      |

Nota: Freqüência em termos percentuais. I.C. = Intervalo de confiança. D.P. = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na perspectiva dos atributos de jurisdição, revela-se que a maioria dos imóveis está localizada fora do Centro Histórico e Comercial de Belém (81,9%). Contudo, vale destacar que o CHB ainda apresenta parcela expressiva na população amostral (107 propriedades, ou 18,1%), indicando sua permanência como modelo de centralização econômica de Belém (CARDOSO; LIMA, 2015; MORHY, 2018).

<sup>33</sup> A centralidade deslocada considera o “centro” da cidade como um aspecto espaço-funcional, que produz e atrai deslocamentos de pessoas e mercadorias para áreas da cidade que não são necessariamente seu centro geográfico.

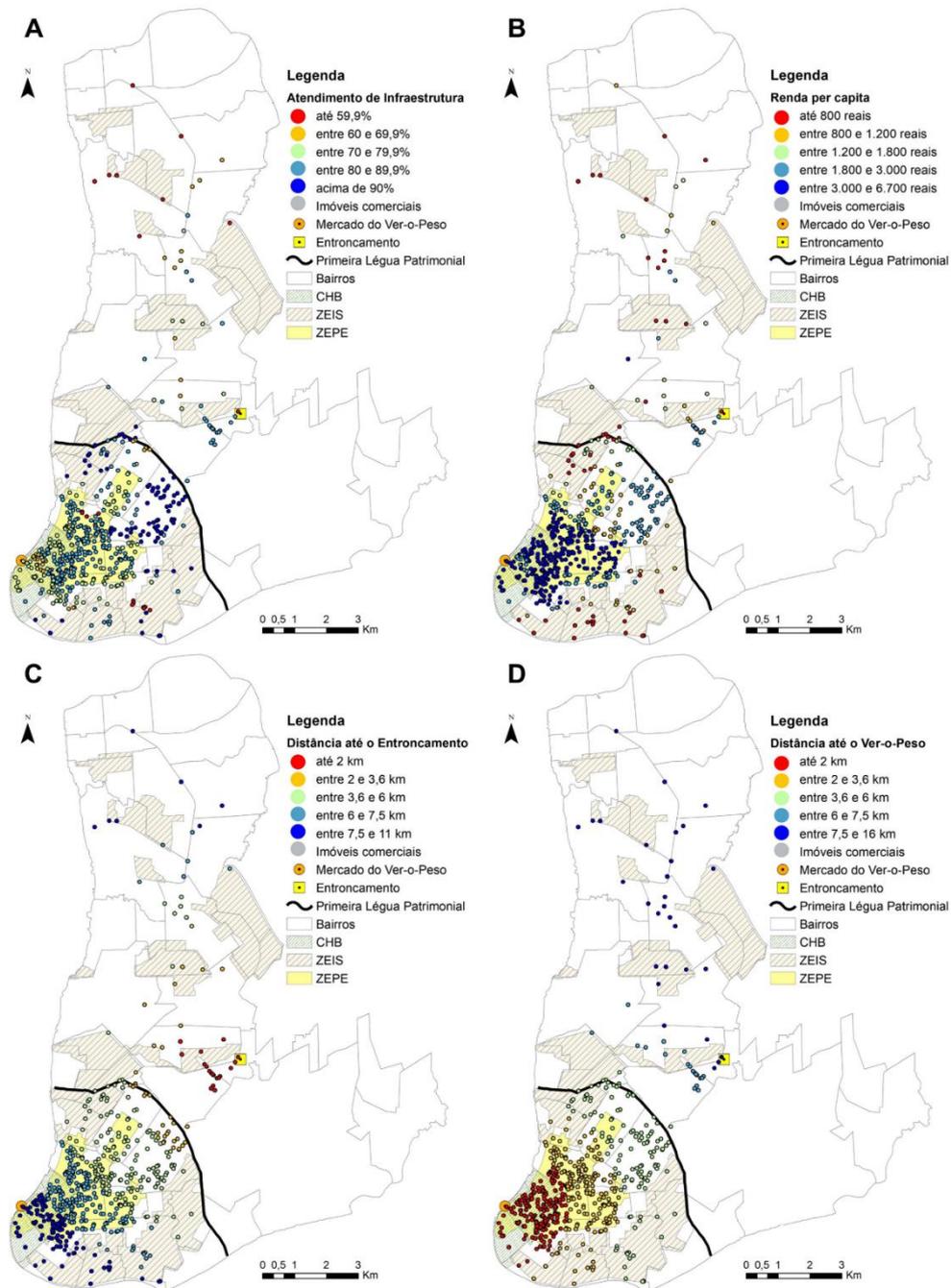
Essa constatação não pode ser feita em relação à Zona Especial de Promoção Econômica, que compreendem 330 imóveis (56,3%). Apesar de compreender a maioria das propriedades comerciais, uma expressiva parcela amostral (43,7%) não se situa dentro da ZEPE, demonstrando a existência de atratividades econômicas além dos limites estabelecidos pela administração pública. Além disso, verificou-se que a maioria dos imóveis ofertados não se localizam em Zonas Especiais de Interesse Social (90,4%), revelando uma possível dissociação entre as políticas setoriais sociais e econômicas do município de Belém.

Espacialmente, os atributos locacionais censitários apresentam sobreposição, indicando que áreas com os maiores índices de infraestrutura são aquelas onde a renda média *per capita* é mais alta. Através da Figura 5.3 (detalhe A), é possível identificar que as propriedades localizadas em áreas de maior cobertura de infraestrutura situam-se nas áreas centrais da cidade, enquanto os percentuais de provisão infraestrutural mais baixos são observados majoritariamente na região da Nova Belém, onde carecem serviços de saneamento e mobilidade urbana, concordando com o que identificou Guimarães (2013).

Em relação à renda (Figura 5.3, detalhe B), identifica-se que os menores rendimentos são observados em propriedades localizadas nas Zonas de Interesse Social, demonstrando uma das possíveis circunstâncias que levam os imóveis comerciais a serem mais valorizados nas áreas centrais, onde há maior ocorrência de poder aquisitivo. Semelhantemente, Lima *et al.* (2021) já haviam destacado a dependência direta do mercado imobiliário residencial à condição financeira da vizinhança em Belém, condição possivelmente adequada também à dinâmica imobiliária comercial da cidade.

Em relação às distâncias dos imóveis até o Entroncamento (Figura 5.3, detalhe C) e o mercado do Ver-o-Peso (Figura 5.3, detalhe D), evidencia-se que propriedades localizadas nos bairros do Marco, Pedreira e Sacramenta tendem a apresentar uma equidistância territorial em relação aos polos geradores de tráfego. Outro ponto a se destacar tange à explicação espacial da menor variabilidade da variável *DIST\_ENT* em relação à variável *DIST\_VP*. Devido a sua localização mais próxima do centro geográfico urbano, o Entroncamento tende a apresentar gradientes de distâncias uniformes nas direções Entroncamento-Áreas centrais e Entroncamento-Nova Belém. Por outro lado, por estar localizado na porção sul do território, a direção Áreas Centrais-Nova Belém aumenta a variabilidade da amostra. Dessa forma, imóveis comerciais localizados na região da Nova Belém embora possam estar distantes do entroncamento, este ainda será um polo gerador de tráfego para suas atividades, tendo em vista que a distância até o mercado do Ver-o-Peso será mais expressiva.

**Figura 5.3** Distribuição espacial das variáveis locais



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3 Síntese das variáveis ambientais

A descrição das variáveis ambientais é descrita na Tabela 5.3. Conforme explicitado na seção 4.5.4 (Sensibilidade dos modelos), 63,14% das propriedades não estão localizadas em nenhuma zona de suscetibilidade a inundações prevista pelo CPRM (2015). A priori, essa conformação poderia implicar que a percepção inferencial da relação entre suscetibilidade a inundações e valorização comercial seria minimizada, em virtude do gradiente de *INUND* ser

observado em um pouco mais de um terço da amostra. Contudo, destaca-se que esta condição pode potencializar a validação das hipóteses desta pesquisa, ao revelar que os locadores e locatários de imóveis comerciais apresentam um comportamento inconscientemente hidrofóbico em escolher a localização das propriedades comerciais, priorizando o lançamento em áreas com menos ocorrência de inundações.

**Tabela 5.3** Análise descritiva dos dados ambientais

| Variável | Unidade | Mín.  | Mediana | Máx.     | Média | I.C. inferior | I.C. superior | DP    | Freq. (0) | Freq. (1) |
|----------|---------|-------|---------|----------|-------|---------------|---------------|-------|-----------|-----------|
| INUND    | —       | 0,00  | 0,00    | 3,00     | 0,74  | 0,65          | 0,83          | 1,09  | —         | —         |
| COTA     | m       | 2,00  | 13,00   | 36,00    | 13,44 | 12,99         | 13,90         | 5,55  | —         | —         |
| TX_DREN  | R\$     | -5,80 | 25,32   | 1.087,00 | 46,74 | 40,16         | 53,33         | 81,20 | —         | —         |
| ZG_EST   | —       | 0,00  | 0,00    | 1,00     | 0,35  | 0,31          | 0,39          | 0,48  | 65,20     | 34,80     |

Nota: Frequência em termos percentuais. I.C. = Intervalo de confiança. D.P. = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às condições topográficas, constata-se que somente 14 propriedades se localizam em cotas abaixo de 4m, o que indica uma predição por não implantar estabelecimentos comerciais em áreas de influência direta do transbordamento de canais urbanos. A maioria dos imóveis se localiza em terras mais altas (entre 12 e 13m), corroborando com a forte concentração de propriedades fora das zonas estipuladas pelo CPRM (2015).

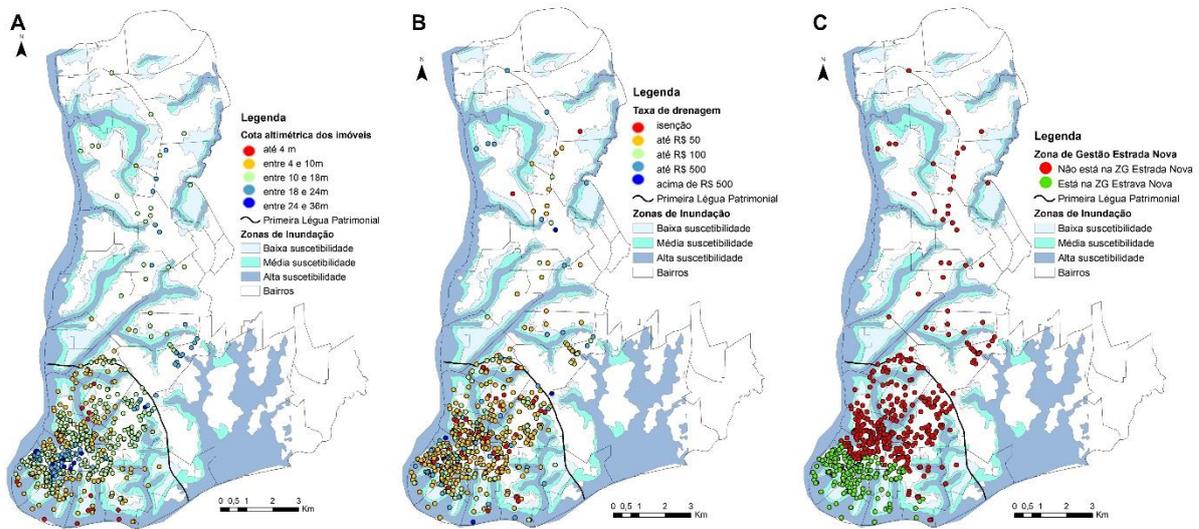
A variável *TX\_DREN* expressou que 45 propriedades apresentam isenção no pagamento anual da taxa de drenagem (valores negativos). Conforme observam Lisboa *et al.* (2014) o benefício seria atribuído para propriedades que apresentassem, prioritariamente, menores extensões frontais de lote, menores áreas construídas e com menor poder aquisitivo. Nessa perspectiva, é possível verificar uma robusta variabilidade do imposto, atingindo valores equivalentes a um salário mínimo. Assim, verifica-se por meio do intervalo de confiança que a taxa de drenagem provável a ser paga pelos imóveis oscilaria entre 40 e 53 reais anualmente.

No contexto hidrográfico, verifica-se que 34,8% das propriedades estão localizadas na Zona de Gestão de Drenagem Urbana da Estrada Nova. Isso indica que quase um terço dos imóveis pode estar recorrentemente suscetível a inundações provocadas pela falha dos sistemas de drenagem existentes ou pelos atrasos para conclusão das obras de macrodrenagem da bacia da Estrada Nova (RODRIGUES; LUZ; SADECK; SOUZA; SILVA, 2012; SARAIVA, 2014; PONTE, 2015; CRUZ, 2018).

Espacialmente, é possível observar que a variação topográfica evidencia as maiores cotas altimétricas nos bairros enclausurados, como Batista Campos, Nazaré, São Brás, Marco, Pedreira e partes do Umarizal (Figura 5.4, detalhe A). Na região da Nova Belém, indica-se a

situação de cotas maiores que 10m. Em relação à taxa de drenagem (Figura 5.4, detalhe B), verifica-se uma uniformidade na cobrança anual de até R\$ 50 por propriedade, com exceções curiosamente localizadas nas áreas mais próximas da Baía do Guajará e do Rio Guamá. Sabendo que o rendimento médio nestas localidades é usualmente inferior ao praticado nas áreas centrais (Figura 5.3, detalhe B), é possível induzir através da formulação de Lisboa *et al.* (2014) que as propriedades localizadas nestas regiões tendem a possuir maiores testadas e áreas úteis construídas.

**Figura 5.4** Distribuição espacial das variáveis ambientais



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange à implantação dos imóveis na Zona de Gestão da Estrada Nova, indica-se que esta variável compreende as propriedades localizadas na porção sul de Belém, onde se encontram os bairros do Reduto, Campina, Cidade Velha, Batista Campos, Jurunas, Condor, Cremação e partes dos bairros de Nazaré e Guamá. Desse modo, evidencia-se variabilidade latente quanto às características socioeconômicas dentro desta ZG, que abarca tanto áreas centrais quanto baixadas.

#### 5.1.4 Síntese integrada das variáveis

Para verificar preliminarmente as relações estabelecidas entre as variáveis, utilizou-se a matriz de correlação descrita na Tabela 5.4. As maiores correlações estatisticamente significantes foram observadas entre *RENDA* e *ZEPE* (0,705), *COMODO* e *BANHEIRO* (0,679), *TESTADA* e *TX\_DREN* (0,673), *DIST-ENT* e *ZG-EST* (0,655), *DIST-VP* e *ZEPE* (-0,619), e entre *COMODO* e *PAV* (0,596). Essas altas correlações provavelmente indicam a presença de multicolinearidade no modelo, verificada através do teste VIF.

**Tabela 5.4** Matriz de Correlação

| N  | Variável | 01    | 02    | 03    | 04    | 05    | 06    | 07   | 08   | 09   | 10   | 11    | 12    | 13    | 14   | 15    | 16    | 17    | 18   | 19   | 20  | 21 |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-----|----|
| 01 | VALOR_UN |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 02 | COMODO   | -10,6 |       |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 03 | BANHEIRO | -8,6  | 67,9  |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 04 | PAV      | -10,5 | 59,6  | 56,6  |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 05 | MOBILIA  | 11,0  | 10,9  | 7,4   | 5,9   |       |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 06 | COND     | 16,0  | -14,8 | -11,3 | -16,0 | 2,4   |       |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 07 | GRUPO    | -23,3 | 37,5  | 27,4  | 31,0  | 3,9   | -29,7 |      |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 08 | REFORMA  | -17,9 | 2,5   | -1,5  | 5,2   | -12,2 | -0,7  | 0,9  |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 09 | ESQUINA  | 8,1   | -8,2  | -5,9  | -0,7  | 1,6   | 5,8   | -2,7 | 5,1  |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 10 | TESTADA  | -0,3  | 7,3   | -0,2  | 4,7   | -1,3  | 6,2   | 10,4 | 8,6  | 21,1 |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 11 | INFRA    | 0,1   | 7,6   | 3,6   | 9,1   | 1,8   | 7,5   | -1,5 | -5,2 | -4,0 | -5,6 |       |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 12 | RENDA    | 18,0  | 8,6   | 8,5   | 8,6   | 11,6  | 10,9  | 2,4  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 14,8  |       |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 13 | DIST-VP  | -18,3 | -3,0  | -7,6  | -4,0  | -6,0  | -4,7  | 0,4  | 6,0  | -5,0 | 3,1  | -7,8  | -58,6 |       |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 14 | DIST-ENT | 3,5   | 1,9   | 2,0   | 3,3   | 6,0   | 3,9   | 4,7  | 3,6  | 9,4  | 8,1  | -29,5 | 46,4  | -55,1 |      |       |       |       |      |      |     |    |
| 15 | CHB      | 3,3   | 10,1  | 7,4   | 8,2   | 7,0   | 0,5   | 4,7  | 2,8  | 3,6  | 11,7 | -18,2 | 30,7  | -44,2 | 45,9 |       |       |       |      |      |     |    |
| 16 | ZEIS     | -14,5 | -3,1  | -7,0  | -3,7  | -5,5  | -5,5  | 3,0  | 1,7  | 0,0  | -0,5 | 1,2   | -40,0 | 13,8  | 2,3  | -15,3 |       |       |      |      |     |    |
| 17 | ZEPE     | 20,3  | 8,4   | 9,7   | 6,2   | 10,0  | 8,7   | 0,4  | -5,8 | 1,2  | -0,4 | -11,4 | 70,5  | -61,9 | 49,1 | 35,1  | -36,9 |       |      |      |     |    |
| 18 | INUND    | -16,9 | -9,7  | -11,9 | -6,9  | -6,6  | -8,9  | 5,7  | 4,7  | 11,6 | 5,1  | -9,1  | -17,1 | -10,3 | 17,9 | 3,5   | 30,7  | -18,5 |      |      |     |    |
| 19 | COTA     | -3,3  | 3,7   | 1,5   | 4,9   | 3,5   | 4,4   | -3,3 | -0,4 | 2,3  | -5,2 | 6,5   | 1,2   | 11,4  | -4,1 | -1,1  | -2,3  | -3,8  | -2,7 |      |     |    |
| 20 | TX_DREN  | -15,0 | 38,6  | 17,1  | 26,3  | -0,9  | 24,2  | 24,2 | 15,3 | 11,4 | 67,3 | -4,8  | -7,3  | 12,0  | 4,7  | 7,2   | 8,3   | -7,8  | 7,6  | -3,6 |     |    |
| 21 | ZG-EST   | 2,9   | -0,2  | 2,3   | 4,4   | 4,3   | 1,8   | 1,8  | 7,6  | 5,9  | 4,8  | -18,0 | 34,8  | -47,8 | 65,5 | 50,3  | 1,8   | 29,7  | 12,5 | 2,8  | 3,8 |    |

**LEGENDA**

- Correlação positiva de Pearson com p-valor  $\leq 0,05$
- Correlação positiva de Pearson com p-valor  $\leq 0,01$
- Correlação negativa de Pearson com p-valor  $\leq 0,05$
- Correlação negativa de Pearson com p-valor  $\leq 0,01$

Nota: coeficientes de Pearson expressos em percentual somente por questões gráficas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No sentido de examinar as circunstâncias das correlações expressivas entre regressores, verifica-se que a alta correlação positiva entre o rendimento médio da vizinhança e a condição de estar situado em uma zona de promoção econômica confirma a orientação comercial para áreas de maior poder aquisitivo. Ademais, a alta correlação positiva entre os números de cômodos e banheiros e entre o número de cômodos e o de pavimentos revela uma proporcionalidade arquitetônica na concepção dos imóveis. Por outro lado, a alta correlação entre a extensão frontal das propriedades e a taxa de drenagem ocorre em função desta última incorporar a variável testada em seu cálculo, manifestando, portanto, o atributo *TESTADA* de forma direta e indireta no modelo.

Além disso, nota-se que a correlação positiva entre a distância do imóvel até o Entroncamento e a condição deste estar situado na Zona de Gestão da Estrada Nova manifesta-se a partir da perspectiva espacial, dado que as propriedades mais afastadas do Entroncamento se situam na porção sul da cidade, onde está a ZG Estrada Nova. Analogamente, imóveis que se situam na zona de promoção econômica tendem a estar mais próximos do Ver-o-Peso, em função da concentração espacial da ZEPE próxima ao CHB.

No que tange às correlações com a variável dependente (*VALOR\_UN*), indica-se que os seguintes atributos tiveram correlações positivas e estatisticamente significantes com o valor dos aluguéis comerciais: locação com mobília inclusa, pagamento de taxa condominial a parte, localização do imóvel em uma esquina, em uma vizinhança com maior rendimento médio e dentro da zona de promoção econômica. Essa conformação indica que atributos internos relacionados à decisão do gerenciamento de locação (mobília inclusa, taxa condominial) podem influenciar possivelmente a valorização imobiliária em áreas economicamente atrativas.

Por outro lado, os seguintes atributos indicaram ter correlações negativas e estatisticamente significantes com *VALOR\_UN*: número de cômodos, banheiros e pavimentos, imóvel ser alugado inteiramente e necessitar de reforma, serem mais próximos do Ver-o-Peso, estarem em uma zona de interesse social, estarem em zonas de maior suscetibilidade a inundação e necessitarem pagar maiores taxas de drenagem. Essa conformação revela que, aparentemente, aluguéis de pontos comerciais (em vez de toda a propriedade) tendem a ser mais valorizados quando são mais próximos do mercado do Ver-o-Peso e não estão situados em uma vizinhança com indicadores socioeconômicos hipossuficientes e em zonas altamente suscetíveis a inundação.

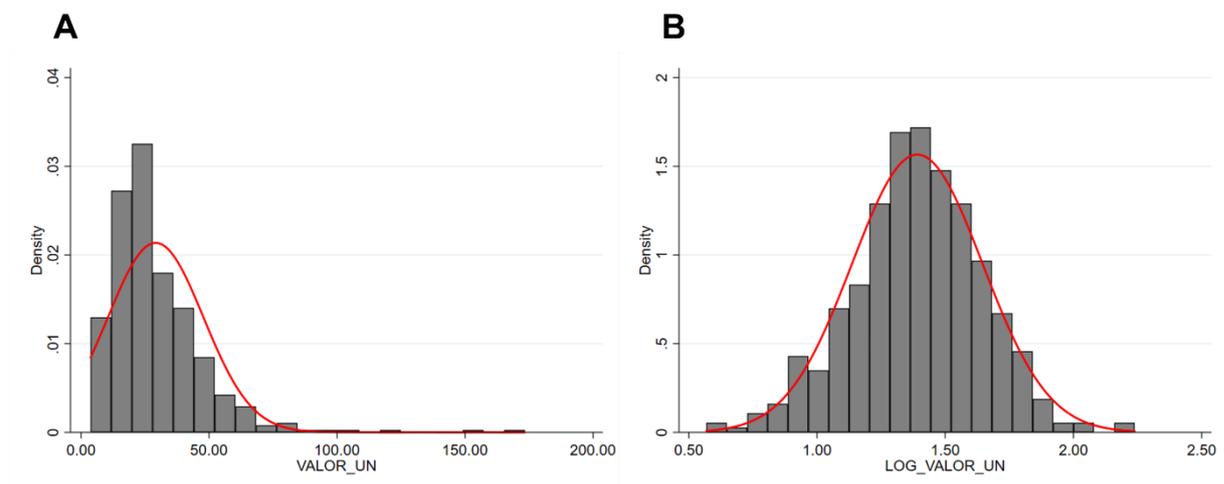
## 5.2 MODELO ECONOMETRICO

Esta seção divide-se em três momentos. Primeiramente, foram calculados os modelos econométricos preliminares, adicionando individualmente a variável de inundação (*INUND*), interesse desta pesquisa, seguida pela inclusão gradativa dos conjuntos de regressores imobiliários, locacionais e ambientais, otimizando então a seleção das variáveis que melhor explicam a valoração dos aluguéis comerciais. Após isso, adicionou-se ao modelo otimizado as moderações que poderiam potencialmente alterar a influência da suscetibilidade a inundação no valor unitário dos aluguéis. Por fim, analisou-se o modelo econométrico final, composto pelos regressores e moderações significantes que melhor explicassem a valorização de imóveis comerciais.

### 5.2.1 Modelos econométricos preliminares

Inicialmente, verificou-se o comportamento da variável dependente (*VALOR\_UN*), identificando que a mesma não apresentava uma distribuição normal (Figura 5.5, detalhe A). Deste modo, a variável foi logaritimizada (*LOG-VALOR\_UN*), apresentando maior aderência à distribuição da curva gaussiana (Figura 5.5, detalhe B).

**Figura 5.5** Transformação da variável dependente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em sequência, foi calculado o modelo de regressão MQO preliminar ( $M_0$ ) com a variável dependente *LOG-VALOR\_UN* sendo explicada pelos 20 regressores originais desta pesquisa (Quadro 4.4) para o conjunto da Base Modelada ( $n = 468$ ). Então, os resíduos da regressão  $M_0$  foram comparados com os comportamentos dos regressores contínuos (*TESTADA*, *INFRA*, *RENDA*, *DIST-VP*, *DIST-ENT*, *COTA* e *TX-DREN*) para verificar o

atendimento ao pressuposto de linearidade. Esta análise gráfica (Apêndice A, Figuras A.01-A0.4) indicou que os regressores *DIST-VP* e *DIST-ENT* apresentaram melhor ajuste à linearidade quando logaritmizados, enquanto as demais variáveis demonstraram comportamentos semelhantes à conformação linear. Por isso, o Modelo  $M_0$  foi recalculado utilizando os regressores *LOG-DIST\_VP* e *LOG-DIST\_ENT*.

Depois disso, foram calculados modelos que gradativamente adicionaram os regressores previstos em  $M_0$ . No modelo  $M_1$ , calculou-se somente o regressor *INUND*, enquanto em  $M_2$  foram adicionadas as variáveis imobiliárias. Em  $M_3$ , adicionaram-se as variáveis locacionais e, em  $M_4$ , as variáveis ambientais. Destaca-se que o modelo  $M_4$  assemelha-se a  $M_0$ , diferindo em relação à utilização dos regressores locacionais de aproximação logaritmizados ( $M_4$ ).

Essa estratégia de investigação gradativa do modelo econométrico (abordagem *step-by-step*) foi adotada com o intuito de examinar possíveis mudanças nos coeficientes de estimação dos regressores e suas significâncias estatísticas ao interagir em diferentes modelos. Caso o mesmo regressor apresentasse pouca variação na sua magnitude de estimação e mantivesse sua significância estatística, a robustez de sua capacidade de predição da variável dependente era confirmada, como sugerido por Cleff (2019).

Após essa análise *step-by-step*, otimizou-se o modelo  $M_4$  a partir da técnica Backward, resultando no modelo  $M_5$ . Nesse contexto, o método de cálculo Backward considera a inclusão de todos os regressores e testa se a exclusão de cada variável independente altera o desempenho do modelo. Esta técnica mitiga o efeito supressor observado em modelos Forward, isto é, quando se retira um regressor do modelo que, embora estatisticamente insignificante, contribui para a melhoria de desempenho do modelo na totalidade (FIELD, 2017). Deste modo, foi possível selecionar automaticamente a composição de regressores mais consistentes para  $M_5$ ; sem, contudo, comprometer a capacidade anteriormente apresentada por  $M_4$ . Neste contexto, os resultados dos modelos  $M_0$  a  $M_5$  encontram-se na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5 Modelos econométricos preliminares**

| Regressor                       | M <sub>0</sub> |                   | M <sub>1</sub> |                | M <sub>2</sub> |                   | M <sub>3</sub> |                   | M <sub>4</sub> |                   | M <sub>5</sub> |                   |
|---------------------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
|                                 | Coef.          | t                 | Coef.          | t              | Coef.          | t                 | Coef.          | t                 | Coef.          | t                 | Coef.          | t                 |
| INUND                           | -0,036         | -3,20**           | -0,051         | -4,87**        | -0,048         | -4,64**           | -0,043         | -3,81**           | -0,043         | -3,95**           | -0,042         | -4,07**           |
| COMODO                          | 0,000          | 0,12              | —              | —              | -0,005         | -1,46             | -0,004         | -1,21             | 0,002          | 0,51              | —              | —                 |
| BANHEIRO                        | -0,002         | -0,32             | —              | —              | 0,005          | 0,77              | 0,002          | 0,25              | -0,001         | -0,14             | —              | —                 |
| PAV                             | 0,008          | 0,45              | —              | —              | 0,001          | 0,07              | -0,009         | -0,51             | 0,008          | 0,47              | —              | —                 |
| MOBILIA                         | 0,064          | 1,69 <sup>#</sup> | —              | —              | 0,074          | 1,87 <sup>#</sup> | 0,069          | 1,82 <sup>#</sup> | 0,065          | 1,76 <sup>#</sup> | 0,069          | 1,87 <sup>#</sup> |
| COND                            | 0,055          | 1,27              | —              | —              | 0,069          | 1,54              | 0,052          | 1,20              | 0,028          | 0,65              | —              | —                 |
| GRUPO                           | -0,081         | -3,14**           | —              | —              | -0,085         | -3,18**           | -0,081         | -3,16**           | -0,076         | -2,99**           | -0,089         | -3,67**           |
| REFORMA                         | -0,089         | -4,04**           | —              | —              | -0,098         | -4,26**           | -0,097         | -4,40**           | -0,084         | -3,83**           | 0,042          | -4,12**           |
| ESQUINA                         | 0,046          | 1,82 <sup>#</sup> | —              | —              | 0,058          | 2,23*             | 0,041          | 1,63              | 0,023          | 0,89              | 0,002          | 1,73 <sup>#</sup> |
| TESTADA                         | 0,002          | 3,10**            | —              | —              | 0,000          | 0,45              | 0,000          | 1,05              | 0,005          | 4,31**            | 0,297          | 3,61**            |
| INFRA                           | -0,130         | -1,03             | —              | —              | —              | —                 | -0,006         | -0,05             | -0,007         | -0,06             | —              | —                 |
| RENDA                           | 0,000          | 0,73              | —              | —              | —              | —                 | 0,000          | 0,42              | 0,000          | 0,29              | —              | —                 |
| DIST-VP                         | -0,000         | -3,07**           | —              | —              | —              | —                 | —              | —                 | —              | —                 | —              | —                 |
| LOG_DIST_VP                     | —              | —                 | —              | —              | —              | —                 | -0,304         | -4,54**           | -0,280         | -4,08**           | -0,297         | -5,28**           |
| DIST-ENT                        | -0,000         | -1,45             | —              | —              | —              | —                 | —              | —                 | —              | —                 | —              | —                 |
| LOG_DIST_ENT                    | —              | —                 | —              | —              | —              | —                 | -0,167         | -2,39*            | -0,173         | -2,48*            | -0,148         | -2,25*            |
| CHB                             | -0,071         | -2,11*            | —              | —              | —              | —                 | -0,157         | -3,89**           | -0,147         | -3,67**           | -0,153         | -4,01**           |
| ZEIS                            | -0,105         | -2,45*            | —              | —              | —              | —                 | -0,102         | -2,46*            | -0,087         | -2,10*            | -0,098         | -2,56*            |
| ZEPE                            | 0,007          | 0,20              | —              | —              | —              | —                 | 0,007          | 0,20              | 0,005          | 0,17              | —              | —                 |
| COTA                            | -0,002         | -0,82             | —              | —              | —              | —                 | —              | —                 | -0,002         | -1,09             | —              | —                 |
| TX_DREN                         | -0,001         | -3,51**           | —              | —              | —              | —                 | —              | —                 | -0,001         | -4,55**           | -0,001         | -4,22**           |
| ZG-EST                          | 0,020          | 0,63              | —              | —              | —              | —                 | —              | —                 | 0,002          | 0,08              | —              | —                 |
| Intercepto                      | 1,765          | 12,36**           | 1,429          | 102,83**       | 1,505          | 47,31**           | 3,210          | 7,45**            | 3,147          | 7,35**            | 3,104          | 8,00**            |
| <b>Parâmetros</b>               | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b>    | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b> | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b>    | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b>    | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b>    | <b>Coef.</b>   | <b>p-valor</b>    |
| Teste F (ANOVA)                 | 7,36           | 0,000             | 23,71          | 0,000          | 8,08           | 0,000             | 8,21           | 0,000             | 7,91           | 0,000             | 14,28          | 0,000             |
| R <sup>2</sup>                  | 0,248          | —                 | 0,044          | —              | 0,141          | —                 | 0,227          | —                 | 0,264          | —                 | 0,259          | —                 |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,214          | —                 | 0,046          | —              | 0,132          | —                 | 0,208          | —                 | 0,228          | —                 | 0,238          | —                 |
| RSME                            | 0,226          | —                 | 0,249          | —              | 0,237          | —                 | 0,227          | —                 | 0,224          | —                 | 0,222          | —                 |
| Shapiro-Wilk (Z)                | 1,090          | 0,142             | -0,118         | 0,546          | 1,697          | 0,450             | -0,293         | 0,615             | 0,884          | 0,188             | -0,266         | 0,605             |
| Breusch-Pagan (z <sup>2</sup> ) | 0,000          | 0,961             | 0,460          | 0,496          | 0,310          | 0,579             | 1,500          | 0,221             | 0,180          | 0,672             | 0,430          | 0,513             |
| VIF máximo                      | 3,00           | —                 | 1,00           | —              | 2,30           | —                 | 4,17           | —                 | 4,54           | —                 | 3,07           | —                 |
| Z escore extremo                | -3,342         | —                 | 3,254          | —              | -3,275         | —                 | -3,253         | —                 | -3,272         | —                 | -3,184         | —                 |
| N obs. extremas                 | 3              | —                 | 3              | —              | 2              | —                 | 2              | —                 | 3              | —                 | 2              | —                 |
| Dist. Cook máx.                 | 0,368          | —                 | 0,038          | —              | 0,068          | —                 | 0,056          | —                 | 0,363          | —                 | 0,740          | —                 |
| N                               | 468            | —                 | 468            | —              | 468            | —                 | 468            | —                 | 468            | —                 | 468            | —                 |

Nota (1): Variável dependente = *LOG-VALOR\_UN*. (<sup>#</sup>) p-valor < 0,10; (\*) p-valor < 0,05; (\*\*) p-valor < 0,01  
 Nota (2): coeficientes com magnitude menor que 0,001 são apresentados como 0,000; contudo, não indicam ausência de grandeza.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Concernente à variável *INUND*, verificou-se que a mesma apresentou uma influência negativa e estatisticamente significativa (p-valor < 0,01) sobre a variável dependente (*LOG-VALOR\_UN*), confirmando a Hipótese H1. Ademais, constatou-se também que a inclusão de variáveis imobiliárias (M<sub>2</sub>), locais (M<sub>3</sub>) e ambientais (M<sub>4</sub>) reduziu o coeficiente de *INUND* quando comparado a sua estimação individual (M<sub>1</sub>), validando a Hipótese H2. Essa ponderação salienta que atributos referentes às características da propriedade, do seu entorno e localização mitigam o efeito da suscetibilidade a inundações sobre a potencial desvalorização dos imóveis comerciais.

Ademais, indicou-se que as variáveis imobiliárias *MOBILIA*, *ESQUINA* e *TESTADA* permaneceram estatisticamente significantes, influenciando positivamente o valor unitário dos aluguéis comerciais. Tal conformação revela que atributos referentes ao gerenciamento da locação – como a decisão de se mobiliar ou não o imóvel locado – e à implantação do lote na quadra – extensão frontal, situado em esquinas ou confinados – são condicionantes

determinantes na valorização de um imóvel comercial. Essa constatação confirma que em Belém ocorrem as relações imobiliárias já identificadas em Belfast (NASE; BERRY; ADAIR, 2013), Kansas (HUFFMAN; LONGHOFER, 2016), Nova York (LENS; MELTZER, 2016) e Istanbul (BERA; UYAR, 2019), onde imóveis comerciais com maiores testadas, localizados em esquinas e com mobília inclusa no aluguel tendem a ser mais valorizados.

Surpreendentemente, nota-se que a variável *ESQUINA* perdeu significância quando foram adicionados atributos locacionais ( $M_3$ ) e ambientais ( $M_4$ ). Este fato pode decorrer das baixas correlações (Tabela 5.4) entre *ESQUINA* e atributos locacionais, como *RENDA* (0,008) e *ZEPE* (0,012). Diferente de cidades como Belfast (NASE; BERRY; ADAIR, 2013), inexistem em Belém legislações urbanísticas que privilegiem o uso comercial nas esquinas de quadra, especialmente em áreas economicamente atrativas. Essa condição se reflete na ocorrência espontânea de atividades comerciais em função da disponibilidade de lotes e propriedades, e não do planejamento de zonas comerciais. Dessa forma, nota-se que ao desconsiderar os atributos *RENDA* e *ZEPE* em  $M_5$ , o regressor *ESQUINA* volta a apresentar significância estatística, indicando que a preferência em locar imóveis comerciais pode ocorrer independentemente das características socioeconômicas do entorno.

Por outro lado, a variável *TESTADA* somente obteve significância estatística (p-valor < 0,01) quando os atributos ambientais foram adicionados ( $M_4$ ), com destaque para *TX\_DREN*, que também apresentou significância estatística. Essa condição sugere que a testada valoriza os imóveis comerciais, premissa validada por diversos estudos (HUI; YIU; YAU, 2007; LENS; MELTZER, 2016; NASE; BERRY; ADAIR, 2013; ZHANG *et al.*, 2015), ao passo que contribui para o aumento da taxa de drenagem (Equação 4.4), resultando na desvalorização imobiliária.

Essa conformação analítica confirma a correlação direta entre *TESTADA* e *TX\_DREN* (Tabela 5.4). Nesse contexto, tal perspectiva, a priori, poderia se indicar a ocorrência de multicolinearidade no modelo em função da dupla consideração da testada; contudo, os baixos valores do teste VIF (5,00) refutam a violação deste pressuposto. Assim, é possível constatar que em Belém os imóveis com maiores extensões frontais tendem a ser mais valorizados, pois tornam os pontos comerciais mais atrativos e perceptivos pelos consumidores (KICKERT *et al.*, 2020; NASE; BERRY; ADAIR, 2013) – ao passo que sua respectiva impermeabilização desvaloriza o imóvel em função da necessidade da maior oneração de tributos.

Na contramão de atributos que valorizam os imóveis comerciais, as variáveis *GRUPO*, *REFORMA*, *LOG-DIST\_VP*, *LOG-DIST\_ENT*, *CHB*, *ZEIS* e *TX\_DREN* tenderam a apresentar um comportamento negativo e estatisticamente significativo em relação ao valor dos aluguéis

comerciais. Essa comprovação manifesta que aspectos globalmente consensuais sobre a valorização imobiliária comercial também são percebidos na amostra de Belém. Concernente às características locacionais das propriedades, constata-se que o aluguel de pontos comerciais tende a ser mais valorizado do que de propriedades inteiras. Complementarmente, imóveis que apresentam melhores condições de habitabilidade tendem a ser mais valorizados.

Essas constatações corroboram com parte da literatura ao indicar que imóveis em melhor estado de conservação apresentam menores custos com manutenção e adaptação do ambiente construído para as finalidades comerciais (ORR; DUNSE; MARTIN, 2003; KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019). Além disso, o aluguel parcial do imóvel possibilita ao locatário maximizar seu rendimento através de múltiplas locações em vez de uma única transação, concentrando no entorno do imóvel mais estabelecimentos comerciais, o que resulta na valorização de suas prospectivas operações em função do efeito de aglomeração, segundo propõe a teoria de Garner (1966).

Na perspectiva locacional, identifica-se que o mercado do Ver-o-Peso e o Entroncamento apresentam condições significantes que os caracterizam como polos atrativos, indicando que imóveis mais próximos destas localidades tendem a ser mais valorizados. Essa percepção pode ser entendida através da multiplicidade de efeitos associados à concentração econômica na área tradicional da cidade, que tende a deslocar a centralização comercial para as áreas próximas à baía do Guajará (CARDOSO; VENTURA NETO, 2013), como também pela expansão urbana em direção aos municípios que integram a RMB (CARDOSO; LIMA, 2015), repercutindo no estabelecimento da área do entroncamento como um potencial centro comercial metropolitano.

Curiosamente, as propriedades situadas no Centro Histórico e Comercial de Belém (CHB) apresentaram a tendência de desvalorização imobiliária. Neste contexto, a relação negativa entre CHB e o valor dos aluguéis pode ser explicado pelas Figuras 5.1 e 5.2, que demonstram um deslocamento da valorização imobiliária comercial das áreas históricas da cidade em direção aos bairros centrais, de maior poder aquisitivo e próximos aos CHB, como Umarizal, Batista Campos e Nazaré.

Deste modo, é possível verificar que o imóvel não necessita estar situado dentro do CHB para ainda usufruir de sua condição de atratividade de pessoas e mercadorias, visto que as áreas centrais supracitadas possuem os eixos de conexão territorial dos quais o CHB se apropria para estimular sua circulação econômica (DIAS; SZLAFSZTEIN, 2020). Além disso, o CHB apresenta atualmente condições expressivas de degradação dos logradouros, ausência de fiscalização sobre o comércio informal e altos índices de criminalidade não

observados em áreas centrais adjacentes (MORHY, 2018; MORHY; LIMA, 2019), fatores que podem influenciar no deslocamento da concentração de imóveis comerciais.

Semelhantemente, imóveis localizados em Zonas especiais de interesse social apresentam propriedades comerciais menos valorizadas do que em outras áreas da cidade. Quando situados em uma ZEIS, os imóveis comerciais apresentam um intervalo de confiança sobre a média de aluguéis entre 16,18 e 24,01 R\$/m<sup>2</sup>, enquanto fora das ZEIS este intervalo é de 28,40 a 32,02 R\$/m<sup>2</sup>. Essa condição potencializa as discussões de Miranda (2020), ao identificar que as diferenças socioeconômicas, demográficas e culturais entre as regiões da cidade refletem na dinâmica imobiliária comercial. Ademais, é pertinente indicar a existência de um provável efeito de proporcionalidade na redução dos valores de oferta em função do menor poder de consumo do entorno onde os imóveis se situam, visando aumentar sua liquidez. Em zonas de interesse social, o rendimento médio dos habitantes é de R\$ 1.073,41, enquanto nas demais áreas da cidade o montante é de R\$ 3.752,79, ou seja, o poder aquisitivo de consumidores em uma ZEIS é de somente 28,60% do observado em nas demais regiões.

Paralelamente, sem apresentar significância estatística, as variáveis censitárias *INFRA* e *RENDA* indicaram não influenciar o valor dos aluguéis comerciais. Essa condição pode estar associada à concentração espacial de propriedades com alta variabilidade de valoração nas mesmas Unidades de Desenvolvimento Humano – UDH (Apêndice A, Figura A.02). Isso implica, segundo fundamentos da econometria, que as condições de renda e infraestrutura dos entornos não capturaram adequadamente a valorização imobiliária comercial, visto que, na mesma unidade territorial, existem imóveis com ofertas discrepantes de aluguel. Por exemplo, na UDH 1150140200143 (bairro do Guamá), que possui rendimento médio estimado de R\$576, os valores de aluguel variam entre 11,26 e 39,61 R\$/m<sup>2</sup>, enquanto na UDH 1150140200116 (Umarizal), que possui renda média *per capita* estimada de R\$ 2.641, o valor de oferta dos imóveis comerciais varia entre 17 e 33,78 R\$/m<sup>2</sup>.

A respeito desta condição, nota-se que as variáveis *COTA* e *ZG-EST* também não apresentaram significância estatística por motivos semelhantes. A baixa dispersão da condição altimétrica das propriedades (Apêndice A, Figura A.04) revela que as propriedades tendem a se localizar em regiões com cotas médias (em torno de 13m); contudo, esta condição não influencia diretamente a amostra, uma vez a maioria dos imóveis está situada em zonas sem suscetibilidade a inundação (*INUND* = 0).

Ao comparar a cota altimétrica média entre as diferentes zonas de suscetibilidade a inundação (Tabela 5.6), verifica-se que a altimetria da cidade parece não ser a condição mais atinente à conformação das zonas, dado que o CPRM (2015) também considerou outros

fatores na sua determinação – como declividade, pedogênese, pluviometria, dentre outros. Desse modo, os resultados corroboram com a perspectiva de que a condição altimétrica isolada não preconiza iminente suscetibilidade a inundação, pois a ocorrência de inundações também pressupõe a existência de sítios com maiores declividades, solos hidrofóbicos, alta ocorrência pluviométrica, fluviométrica e alta impermeabilização do solo (TUCCI, 2002, 2006, 2008).

**Tabela 5.6** Variação altimétrica segundo a suscetibilidade a inundação

| Zona                  | N   | Média | D. P. | Inferior | Superior | Mínimo | Máximo |
|-----------------------|-----|-------|-------|----------|----------|--------|--------|
| Sem suscetibilidade   | 295 | 13,75 | 5,65  | 13,10    | 14,39    | 3,00   | 36,00  |
| Baixa suscetibilidade | 57  | 11,95 | 5,54  | 10,50    | 13,39    | 2,00   | 26,00  |
| Média suscetibilidade | 57  | 14,00 | 5,61  | 12,53    | 15,46    | 5,00   | 33,00  |
| Alta suscetibilidade  | 57  | 13,18 | 5,07  | 11,85    | 14,50    | 5,00   | 27,00  |

Nota: D. P. = Desvio Padrão. Valores em metros.

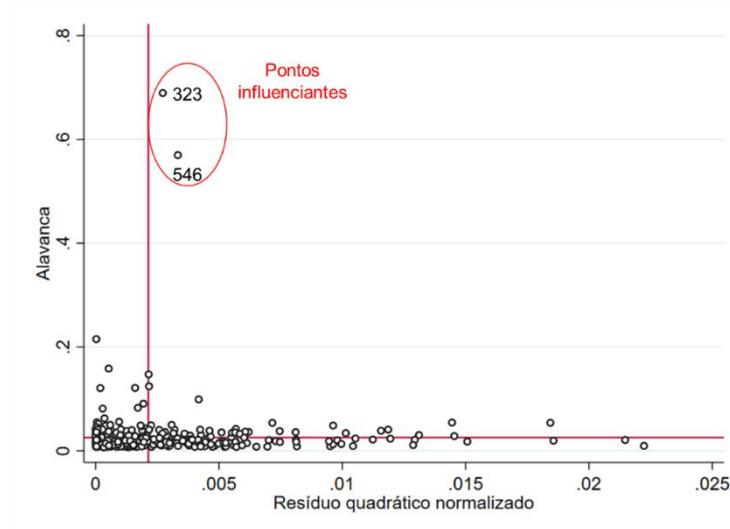
Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa indicação pode também ter influência na ausência de significância estatística de *ZG-EST*, de modo que somente um terço das propriedades encontra-se nessa delimitação. Para intensificar essa restrição, examina-se que a *ZG-EST* compreende tanto porções de áreas centrais quanto baixadas, que tendem a apresentar uma variação expressiva no valor de oferta do aluguel de imóveis comerciais. Isso revela que existem múltiplos padrões de urbanização nesta *ZG*, o que dificulta seu uso pleno enquanto instrumento de avaliação das condições físicas e socioeconômicas da gestão de águas urbanas em Belém.

Ao comparar o desempenho dos parâmetros, verificou-se que através do teste F que há significância estatística global em todos os modelos ( $p$ -valor < 0,05). Além disso, nota-se suave aumento no poder de explicação entre  $M_0$  ( $R^2$  ajustado = 0,214) e  $M_5$  (0,238), indicando potencial validade em suprimir os regressores excluídos pela técnica Backward (*COMODO*, *BANHEIRO*, *PAV*, *COND*, *INFRA*, *RENDA*, *ZEPE*, *COTA* e *ZG-EST*). Ademais, obteve-se atendimento aos pressupostos de normalidade (Shapiro Wilk,  $p$ -valor > 0,05), homoscedasticidade (Breusch-Pagan,  $p$ -valor > 0,05) e multicolinearidade ( $VIF < 10,0$ ).

Entretanto, todos os modelos captaram a presença de pontos discrepantes, embora as distâncias de Cook terem indicado não haver presença de ponto influenciante ( $d > 1,000$ ). Todavia, é importante atentar para o aumento expressivo da distância de Cook entre  $M_0$  (0,368) e  $M_5$  (0,740), revelando a necessidade de se avaliar a possível exclusão de observações diferentes da população. Nesse sentido, a análise gráfica (Figura 5.6) permitiu identificar duas observações que, embora dentro do valor admissível, apresentavam desvios consideráveis em relação ao modelo.

**Figura 5.6** Pontos influenciantes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na Figura 5.6, foram retiradas as duas observações da Base Modelada ( $n = 468$ ), resultando na Base Ajustada ( $n = 466$ ). Nesta nova base, o modelo  $M_5$  foi recalculado, resultando no modelo  $M_6$ , analisado na subseção seguinte.

### 5.2.2 Modelos econométricos moderados

Os resultados do modelo  $M_6$  estão descritos na Tabela 5.7. Dentre seus coeficientes de estimação, notou-se que a variável *ESQUINA* perdeu significância estatística de  $M_5$  para  $M_6$ , com a retirada dos 2 pontos influenciantes (Figura 5.6), optando por retirá-la dos modelos subsequentes<sup>34</sup>. Para verificar a influência das moderações propostas<sup>35</sup>, foram calculados os modelos acumulativos  $M_7$  a  $M_9$ . A regressão  $M_7$  introduziu no modelo  $M_6$  a moderação da testada na relação entre a suscetibilidade a inundação e o valor unitário de aluguéis (*INUNDXTEST*). No modelo  $M_8$ , foi adicionada a moderação proposta para a variável renda (*INUNDXRENDA*), enquanto no modelo  $M_9$  incluiu-se a moderação da variável topográfica (*INUNDXCOTA*).

<sup>34</sup> Os modelos foram calculados com e sem a variável *ESQUINA* para verificar se a adição das moderações alterava sua significância estatística para a condição  $p$ -valor  $< 0,1$ . Como esta condição não foi suportada, optou-se por suprimir tal regressor nos modelos seguintes em função da eficiência do modelo.

<sup>35</sup> Outros regressores foram pensados como potenciais moderadores da relação entre *LOG-VALOR\_UN* e *INUND*, como infraestrutura (*INFRA*), distância até o mercado do Ver-o-Peso (*LOG-DIST\_VP*) e estar no Centro Histórico e Comercial de Belém (*CHB*). Contudo, tais moderações apresentaram robustas ocorrências de multicolinearidade ( $VIF > 100$ ) que inviabilizaram a validação de suas modelagens econométricas.

**Tabela 5.7** Modelos econométricos moderados

| Regressor                       | M6           |                   | M7           |                    | M8           |                    | M9           |                    |
|---------------------------------|--------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
|                                 | Coef.        | t                 | Coef.        | t                  | Coef.        | t                  | Coef.        | t                  |
| INUND                           | -0,047       | -4,50**           | -0,033       | -2,60**            | -0,044       | -2,09*             | -0,038       | -1,18              |
| MOBILIA                         | 0,070        | 1,93 <sup>#</sup> | 0,068        | 1,85 <sup>#</sup>  | 0,065        | 1,78 <sup>#</sup>  | 0,066        | 1,80 <sup>#</sup>  |
| GRUPO                           | -0,072       | -3,10**           | -0,074       | -3,17**            | -0,076       | -3,24**            | -0,076       | -3,26**            |
| REFORMA                         | -0,083       | -3,88**           | -0,088       | -4,07**            | -0,088       | -4,05**            | -0,088       | -4,04**            |
| ESQUINA                         | 0,021        | 0,81              | —            | —                  | —            | —                  | —            | —                  |
| TESTADA                         | 0,005        | 4,62**            | 0,007        | 4,97**             | 0,007        | 4,98**             | 0,007        | 4,99**             |
| RENDA                           | —            | —                 | —            | —                  | 0,000        | 0,17               | 0,000        | 0,22               |
| LOG_DIST_VP                     | -0,304       | -5,41**           | -0,304       | -5,45**            | -0,290       | -4,74**            | -0,289       | -4,70**            |
| LOG_DIST_ENT                    | -0,166       | -2,54*            | -0,162       | -2,49*             | -0,163       | -2,46*             | -0,169       | -2,53*             |
| CHB                             | -0,153       | -4,02**           | -0,148       | -3,89**            | -0,144       | -3,74**            | -0,142       | -3,69**            |
| ZEIS                            | -0,094       | -2,47*            | -0,095       | -2,51*             | -0,080       | -1,92 <sup>#</sup> | -0,079       | -1,89 <sup>#</sup> |
| TX_DREN                         | -0,001       | -4,98**           | -0,001       | -5,41**            | -0,001       | -5,40**            | -0,001       | -5,36**            |
| COTA                            | —            | —                 | —            | —                  | —            | —                  | -0,002       | -0,80              |
| INUNDXTEST                      | —            | —                 | -0,001       | -1,88 <sup>#</sup> | -0,001       | -1,91 <sup>#</sup> | -0,001       | -1,99*             |
| INUNDXRENDA                     | —            | —                 | —            | —                  | 0,000        | 0,74               | 0,000        | 0,77               |
| INUNDXCOTA                      | —            | —                 | —            | —                  | —            | —                  | -0,000       | -0,21              |
| Intercepto                      | 3,182        | 8,25**            | 3,153        | 8,20**             | 3,095        | 7,92**             | 3,144        | 7,98**             |
| <b>Parâmetros</b>               | <b>Coef.</b> | <b>p-valor</b>    | <b>Coef.</b> | <b>p-valor</b>     | <b>Coef.</b> | <b>p-valor</b>     | <b>Coef.</b> | <b>p-valor</b>     |
| Teste F (ANOVA)                 | 14,47        | 0,000             | 13,58        | 0,000              | 11,66        | 0,000              | 10,26        | 0,000              |
| R <sup>2</sup>                  | 0,259        | —                 | 0,264        | —                  | 0,266        | —                  | 0,267        | —                  |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,242        | —                 | 0,246        | —                  | 0,243        | —                  | 0,242        | —                  |
| RSME                            | 0,220        | —                 | 0,220        | —                  | 0,220        | —                  | 0,220        | —                  |
| Shapiro-Wilk (Z)                | -0,572       | 0,716             | -0,523       | 0,699              | -0,260       | 0,603              | -0,051       | 0,520              |
| Breusch-Pagan (r <sup>2</sup> ) | 1,230        | 0,268             | 1,510        | 0,219              | 1,810        | 0,179              | 1,790        | 0,180              |
| VIF máximo                      | 3,11         | —                 | 5,36         | —                  | 6,20         | —                  | 11,77        | —                  |
| Z escore extremo                | -3,168       | —                 | -3,165       | —                  | -3,183       | —                  | -3,159       | —                  |
| N obs. extremas                 | 2            | —                 | 2            | —                  | 2            | —                  | 2            | —                  |
| Dist. Cook máx.                 | 0,243        | —                 | 0,692        | —                  | 0,534        | —                  | 0,489        | —                  |
| N                               | 466          | —                 | 466          | —                  | 466          | —                  | 466          | —                  |

Nota (1): Variável dependente = *LOG-VALOR\_UN*. (<sup>#</sup>) p-valor < 0,10; (\*) p-valor < 0,05; (\*\*) p-valor < 0,01

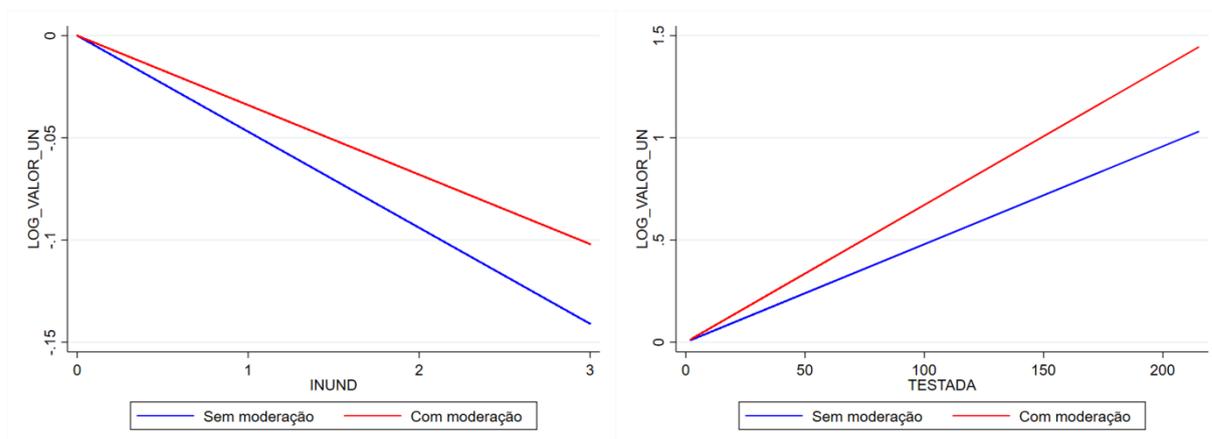
Nota (2): coeficientes com magnitude menor que 0,001 são apresentados como 0,000; contudo, não indicam ausência de grandeza.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No modelo M<sub>7</sub>, a adição da variável moderadora *TESTADA* na influência das inundações sobre o valor dos aluguéis (*INUNDXTEST*) resultou em um regressor *INUND* negativo e estatisticamente significativo (p-valor < 0,10). Ao comparar a magnitude de *INUND* em M<sub>6</sub> (-0,047) e em M<sub>7</sub> (-0,033), constatou-se que a moderação da testada reduziu a magnitude da suscetibilidade a inundações, confirmando a Hipótese H2A.

Por outro lado, a relação entre *TESTADA* e *LOG-VALOR\_UN* foi positiva e estatisticamente significativa em todos os modelos (p-valor < 0,01), potencializada quando incluída a moderação *INUNDXTEST* entre M<sub>6</sub> (0,005) e M<sub>7</sub> (0,007). Isso quer dizer que um imóvel com maior extensão frontal tende a se desvalorizar de forma menos expressiva quando situado em áreas de maior suscetibilidade a inundações (Figura 5.7).

**Figura 5.7** Efeito da moderação *INUNDXTEST*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, nota-se que este comportamento é equivalente ao salientado por Lens e Meltzer (2016), ao justificarem que maiores testadas tendem a mitigar possíveis efeitos adversos da localização, como criminalidade. No contexto das inundações, apesar das propriedades comerciais com maiores testadas estarem em áreas mais suscetíveis a inundações (Tabela 5.8), nota-se em Belém um efeito de resiliência em relação a desastres naturais semelhantes ao caso filipino descrito por Matejowsky (2015). Para este autor, os comerciantes optam por estarem mais suscetíveis a inundações em detrimento do potencial aproveitamento de maiores testadas na captação de consumidores, o que também é discutido como uma relação de *trade-off* por Koster, Pasidis e Van Ommeren (2019).

**Tabela 5.8** Testada segundo a suscetibilidade a inundações

| Zona                  | N   | Média | D. P. | Inferior | Superior | Mínimo | Máximo |
|-----------------------|-----|-------|-------|----------|----------|--------|--------|
| Sem suscetibilidade   | 295 | 12,08 | 11,17 | 10,80    | 13,36    | 2,00   | 98,00  |
| Baixa suscetibilidade | 57  | 14,97 | 14,46 | 11,15    | 18,67    | 3,00   | 76,00  |
| Média suscetibilidade | 57  | 16,24 | 24,80 | 9,78     | 22,70    | 3,00   | 175,00 |
| Alta suscetibilidade  | 57  | 17,66 | 28,77 | 10,17    | 25,15    | 3,00   | 215,00 |

Nota: D. P. = Desvio Padrão. Valores em metros.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No modelo  $M_8$ , esta situação fica mais complexa ao se identificar a inclusão da moderação da renda (*INUNDXRENDA*) não se apresenta significância estatística, refutando  $H2B$ . Todavia, a moderação com a testada continuou estatisticamente significativa ( $p$ -valor < 0,10), além de ter aumentado a magnitude do coeficiente de *INUND* (de -0,033, em  $M_7$ , para -0,044, em  $M_8$ ). Esse fato revela que, embora a moderação da renda sobre a relação entre *INUND* e *LOG-VALOR\_UN* não seja significativa, sua mera inclusão no modelo potencializou o efeito negativo das inundações a uma magnitude próxima à observada em  $M_6$ .

No modelo M<sub>9</sub>, notou-se que a suscetibilidade a inundações perdeu significância somente quando moderada pela variação topográfica (M<sub>9</sub>), além de ter violado o pressuposto da ausência de multicolinearidade (VIF = 11,77). Isso indica que a consideração da altimetria não influencia na magnitude de inundações as quais os imóveis estão suscetíveis em Belém, refutando H5. Isso pode ser justificado pela própria construção da variável *INUND*, conforme detalhado na subseção anterior. Desse modo, é possível reiterar que não basta somente que a área urbana esteja em uma cota mais baixa, mas que também apresente fatores geomorfológicos, hidrológicos e hidrográficos que potencializem, simultaneamente, a ocorrência de inundações

Em relação ao comportamento dos regressores ao longo dos modelos, indica-se que todos mantiveram suas respectivas naturezas de influência (positiva/negativa) e significância estatística, com exceção da variável *ESQUINA* após a exclusão das duas observações influenciadoras do modelo M<sub>5</sub>. Ainda com base na Tabela 5.7, confirma-se que a significância estatística global dos modelos é mantida através do teste F (p-valor < 0,05), enquanto o poder de explicação (R<sup>2</sup> ajustado) varia superficialmente. Em relação aos pressupostos da regressão linear, verifica-se o atendimento integral das condições de normalidade (Shapiro Wilk, Prob(Z) > 0,05) e homoscedasticidade (Breusch-Pagan, Prob( $\chi^2$ ) > 0,05). Ademais, a multicolinearidade também não foi constatada nos modelos (VIF > 10,00), com exceção de M<sub>9</sub> (11,77). Destaca-se também que a condição de micronumerosidade não foi violada, porque as variáveis qualitativas *MOBILIA* (n = 41), *GRUPO* (n = 149), *REFORMA* (n = 178), *ESQUINA* (n = 120), *CHB* (n = 88) e *ZEIS* (n = 46) apresentaram respostas com frequência superior a 10.

Para escolher o modelo econométrico final, descartou-se primeiramente o modelo M<sub>9</sub> em função de sua violação ao pressuposto da multicolinearidade e da perda de significância da variável *INUND*. Entre os modelos M<sub>7</sub> e M<sub>8</sub>, optou-se por manter M<sub>7</sub>, dado que sua moderação (*INUNDXTEST*) obteve resultados estatisticamente significantes e ressalta as hipóteses suportadas (H1, H2 e H2A). Embora moderação *INUNDXTEST* também tenha sido estatisticamente significativa em M<sub>8</sub>, este modelo apresentou pouca variação na magnitude de *INUND* em relação ao observado em M<sub>6</sub>, comprometendo a aceitabilidade de H2A, além de indicar que sua moderação (*INUNDXRENTA*) não foi significativa.

### 5.2.3 Modelo econométrico final

O modelo econométrico final (M<sub>7</sub>) é descrito na Tabela 5.9. Desta tabela, nota-se que os atributos que influenciam positivamente o valor dos aluguéis comerciais são *MOBILIA* (p-valor < 0,10) e *TESTADA* (p-valor < 0,01). Por outro lado, o valor unitário dos aluguéis é negativamente influenciado por *INUND*, *GRUPO*, *REFORMA*, *LOG-DIST\_VP*, *LOG-DIST\_ENT*, *CHB*, *ZEIS* e *TX\_DREN* (p-valor < 0,05). Ademais, foi possível observar que a moderação *INUNDXTEST* apresentou influência negativa e estatisticamente significativa em relação à variável dependente (p-valor < 0,10).

**Tabela 5.9** Modelo econométrico final

| Regressor                       | Modelo Econométrico (M <sub>7</sub> ) |        |       |         |        |      | Tamanho do efeito (linear) |               |               |
|---------------------------------|---------------------------------------|--------|-------|---------|--------|------|----------------------------|---------------|---------------|
|                                 | Coef. (2)                             | g (%)  | t     | p-valor | β      | VIF  | ω <sup>2</sup>             | I.C. inferior | I.C. superior |
| INUND                           | -0,0326                               | -3,26  | -2,60 | 0,010   | -0,140 | 1,78 | 0,013                      | 0,000         | 0,042         |
| MOBILIA                         | 0,0675                                | 16,80  | 1,85  | 0,065   | 0,076  | 1,03 | 0,005                      | 0,000         | 0,029         |
| GRUPO                           | -0,0737                               | -15,60 | -3,17 | 0,002   | -0,136 | 1,14 | 0,019                      | 0,001         | 0,053         |
| REFORMA                         | -0,0876                               | -18,27 | -4,07 | 0,000   | -0,168 | 1,06 | 0,033                      | 0,007         | 0,072         |
| TESTADA                         | 0,0069                                | 0,70   | 4,97  | 0,000   | 0,463  | 5,36 | 0,049                      | 0,017         | 0,094         |
| LOG_DIST_VP                     | -0,3041                               | -0,30  | -5,45 | 0,000   | -0,385 | 3,08 | 0,059                      | 0,023         | 0,106         |
| LOG_DIST_ENT                    | -0,1622                               | -0,16  | -2,49 | 0,013   | -0,129 | 1,65 | 0,011                      | 0,000         | 0,039         |
| CHB                             | -0,1478                               | -28,85 | -3,89 | 0,000   | -0,229 | 2,14 | 0,030                      | 0,006         | 0,068         |
| ZEIS                            | -0,0952                               | -19,68 | -2,51 | 0,012   | -0,112 | 1,23 | 0,012                      | 0,000         | 0,040         |
| TX_DREN                         | -0,0015                               | -0,15  | -5,41 | 0,000   | -0,369 | 2,87 | 0,058                      | 0,023         | 0,105         |
| INUNDXTEST                      | -0,0010                               | -0,10  | -1,88 | 0,061   | -0,152 | 4,04 | 0,006                      | 0,000         | 0,029         |
| Intercepto                      | 3,1535                                | —      | 8,20  | 0,000   | —      | —    | —                          | —             | —             |
| <b>Parâmetros</b>               |                                       |        |       |         |        |      |                            |               |               |
| Teste F (ANOVA)                 | 14,82                                 |        |       | 0,000   |        |      |                            |               |               |
| R <sup>2</sup>                  | 0,264                                 |        |       |         |        |      |                            |               |               |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,246                                 |        |       | —       |        |      | —                          | 0,159         | 0,292         |
| RSME                            | 0,220                                 |        |       | —       |        |      |                            |               |               |
| Shapiro-Wilk (Z)                | -0,523                                |        |       | 0,699   |        |      |                            |               |               |
| Breusch-Pagan (z <sup>2</sup> ) | 1,510                                 |        |       | 0,219   |        |      |                            |               |               |
| Dist. Cook máx.                 | 0,692                                 |        |       | —       |        |      |                            |               |               |
| N                               | 466                                   |        |       | —       |        |      |                            |               |               |

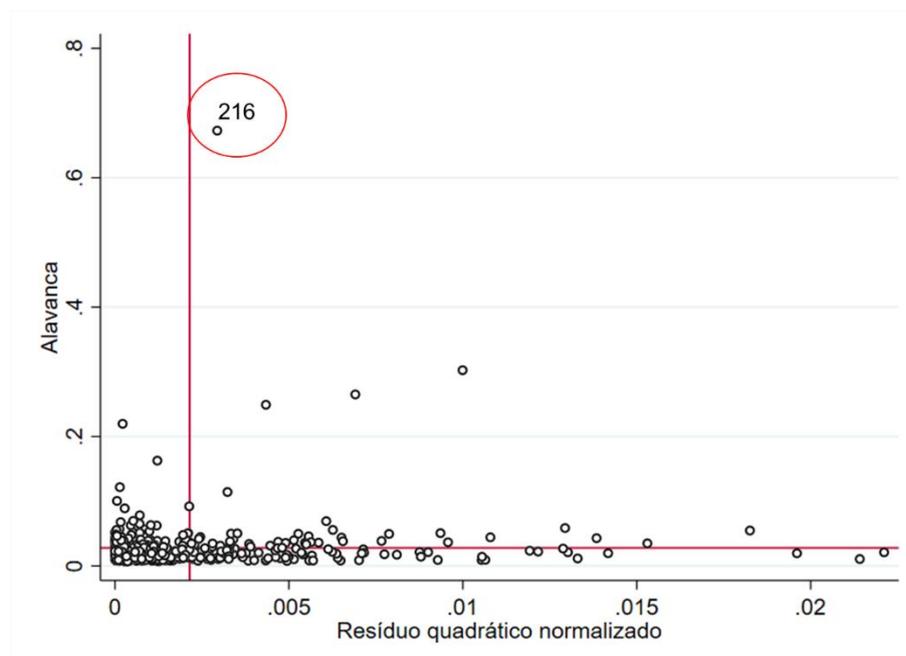
Nota (1): Variável dependente = *LOG-VALOR\_UN*; g (%) = mudança percentual no valor dos aluguéis.

Nota (2): coeficientes com quatro casas decimais para capturar a magnitude de todos os regressores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As distâncias de Cook foram identificadas abaixo do limite superior (< 1,000) através da Figura 5.8. Contudo, foi necessário analisar qual impacto teria a possível remoção da observação #216 no comportamento dos regressores. Para isso, utilizou-se a medida DFBETA, que mensura a diferença entre cada estimação do parâmetro analisado com e sem determinado o ponto potencialmente influenciante. Dessa forma, foram gerados DFBETA para todos os regressores de M<sub>7</sub>, para examinar se a exclusão da observação #216 comprometeria suas respectivas estimações.

**Figura 5.8** Distância de Cook para M<sub>7</sub>



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados dos DFBETA indicaram que as observações mais decisivas para definição da predição de *INUND* são #216, #552 e #536. Para verificar sua pertinência prática, um modelo hipotético – idêntico ao M<sub>7</sub>, mas sem a observação #216 – foi calculado, confirmando que o regressor *INUND* perdera significância sem a referida observação. Deste modo, optou-se por manter a base de dados com 466 observações e o modelo final sendo M<sub>7</sub>, considerando também que o limite superior oficial da distância de Cook foi respeitado (COOK; WEISBERG, 1999).

Além disso, constatou-se que os pressupostos da regressão linear foram atendidos (linearidade, micronumerosidade, normalidade, homoscedasticidade e outliers), atendendo também aos critérios gráficos (Apêndice A, Figuras A.05 e A.06). Ademais, destaca-se que a significância global foi identificada pelo teste F (14,82, p-valor < 0,01), enquanto o poder de explicação do modelo foi de 24,60%, isto é, quase um quarto da variação do valor dos aluguéis comerciais praticados em Belém pode ser explicado por condições imobiliárias, locais e ambientais, dentre elas, a suscetibilidade a inundação.

Ao examinar o tamanho do efeito de cada regressor ( $\omega^2$ ), identificou-se que somente a suscetibilidade a inundação é responsável por 1,3% da variação no valor dos aluguéis comerciais, podendo atingir o efeito de 4,2%. Contudo, a suscetibilidade a inundação não é o principal atributo que determina a valorização imobiliária comercial em Belém. Através dos coeficientes  $\beta$ , constatou-se que as condições mais significantes para o valor dos aluguéis

foram maiores testadas (0,463), seguida pela menor distância até o Ver-o-Peso (-0,385), menor taxa de drenagem (-0,369), situa-se fora do CHB (-0,229) e apresentar bom estado de conservação (-0,168). Nesse contexto, a condição de estar em uma zona de menor suscetibilidade a inundação (-0,140) foi o sexto regressor mais influente do modelo, seguido pela condição de alugar o imóvel parcialmente (-0,136), estar próximo ao entroncamento (-0,129), fora de uma zona de interesse social (-0,112) e mobiliado (0,076).

Em relação ao percentual de mudança (g), verificou-se que *INUND* tende a reduzir em 3,26% o valor unitário dos aluguéis comerciais quando localizados em zonas de baixa suscetibilidade; 6,52% quando em zonas de média suscetibilidade e 9,78% em áreas altamente suscetíveis a inundação. Quanto aos atributos imobiliários, indica-se que a condição do imóvel ser alugado com mobília tende a aumentar o valor unitário do aluguel comercial em 16,80%. Caso o imóvel seja alugado em subunidades para múltiplas operações, há possibilidade de se aumentar o aluguel unitário em 15,60%. Por outro lado, imóveis mal conservados tendem a ser 18,27% menos valorizados. Em relação à extensão frontal das propriedades, o modelo indica uma valorização de 0,70% no valor unitário para cada metro de testada adicionado.

No que tange aos atributos locacionais, constatou-se que os imóveis comerciais tendem a perder 0,30% por cada metro de distância do mercado do Ver-o-Peso e 0,16% para cada metro distante do Entroncamento. Isso implica que, para cada 1km mais longe do Ver-o-Peso, os imóveis tendem a se desvalorizar em R\$ 3,00/m<sup>2</sup>, enquanto essa taxa de desvalorização é de R\$1,60/m<sup>2</sup> para imóveis distantes a cada 1km do Entroncamento. Contudo, imóveis localizados no Centro Histórico e Comercial de Belém tendem a ser seus aluguéis 28,85% menores somente em função de sua localização, ao passo que imóveis localizados nas zonas especiais de interesse social possuem uma desvalorização de 19,68%.

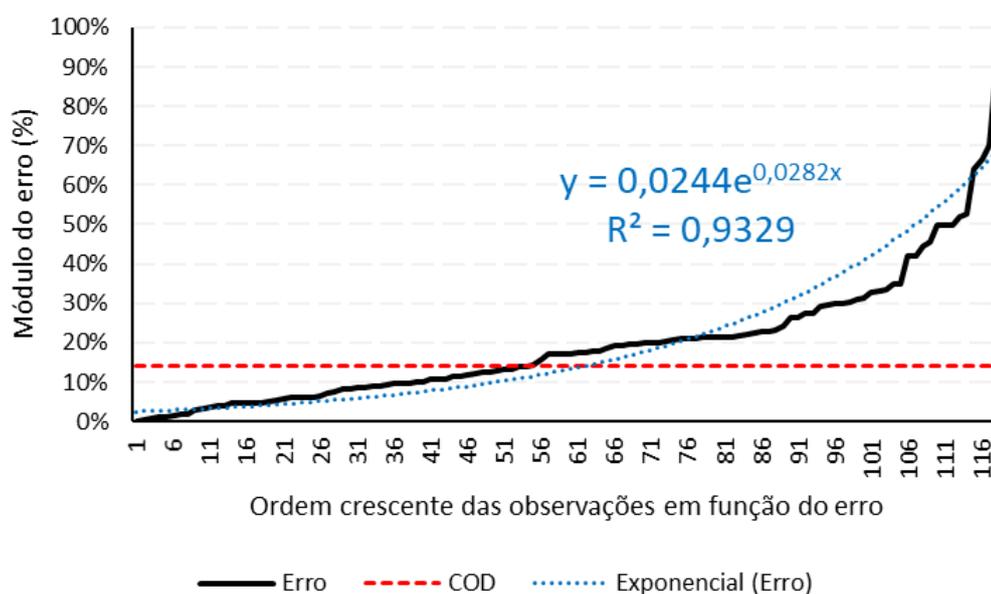
Somado a isso, a taxa de drenagem implica na redução de 0,15% do valor unitário dos aluguéis para cada R\$ 1 cobrado de tarifa. Nesse contexto, imóveis com isenção desta tarifa (*TX\_DREN* < 0) tendem a apresentar uma valorização de, no mínimo, 0,15%. Quanto à moderação, os resultados indicaram uma redução do valor unitário dos aluguéis em 0,10% para cada 1m de testada adicionado e em cada zona de suscetibilidade. Por exemplo, um imóvel com 10m de testada localizado em uma zona de alta suscetibilidade a inundação apresentará uma redução no valor unitário do aluguel de 3%. Caso essa mesma propriedade estivesse numa zona de baixa suscetibilidade, sua desvalorização seria de somente 1%.

### 5.3 SENSIBILIDADE DOS MODELOS

Após a inclusão das observações constituintes da Base de Teste ( $n = 118$ ) no econométrico final (Tabela 5.9), foram calculados os valores preditos para as propriedades. Utilizando os valores observados ( $Y_{\text{observados}}$ ) e preditos ( $Y_{\text{preditos}}$ ) na Equação 4.8, obteve-se um coeficiente de dispersão (COD) igual a 14,15. Ao verificar que o COD máximo para avaliações imobiliárias comerciais em áreas heterogêneas deve ser 15, constata-se que o modelo econométrico possui capacidade satisfatória de predição, podendo ser empregado em análises profissionais de avaliação de imóveis comerciais.

Todavia, o modelo possui restrições no alcance de predição, investigados minuciosamente. Ao ordenar as observações de forma crescente em função de seus respectivos módulos do erro (Figura 5.9), verificou-se que o erro apresentou uma tendência de crescimento exponencial. Dado que a equação que representa o fenômeno obteve um alto poder de explicação ( $R^2 = 93,29\%$ ), calculou-se a partir dela o número aproximado da observação que corresponderia ao coeficiente de dispersão para o modelo (14,15), com o intuito de identificar até em qual montante a discrepância gerada pelo modelo pode ser aceitável. Desse modo, chegou-se na observação extrema #63, cujo valor unitário do aluguel ofertado é de R\$ 45,45/m<sup>2</sup>. Quando estimado pelo modelo, esta mesma propriedade obtém o valor unitário do aluguel de R\$30,20/m<sup>2</sup>, indicando que em Belém a supervalorização de imóveis comerciais atinge uma diferença de até R\$ 15,25/m<sup>2</sup>.

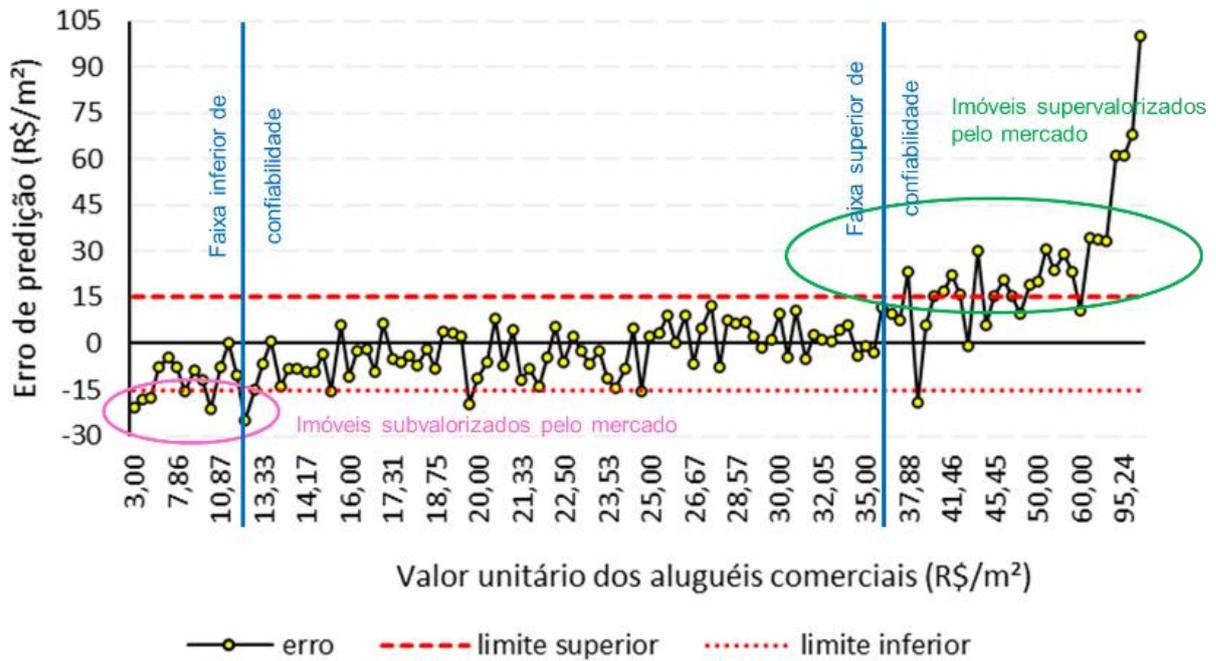
**Figura 5.9** Função do erro de estimação econométrica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, estruturou-se a faixa preferível de predição dos imóveis (Figura 5.10), delimitada pela variação do erro extremo de predição em função do COD obtido ( $\pm$  R\$ 15,25/m<sup>2</sup>). Desta análise gráfica, identificou-se que imóveis com aluguéis de até R\$ 13/m<sup>2</sup> tendem a ser desvalorizados pelo mercado imobiliário, enquanto imóveis com valores unitários superiores R\$ 36/m<sup>2</sup> tendem a ser supervalorizados pelos ofertantes. Desse modo, indica-se que propriedades com valores de aluguel entre 13 e 36 R\$/m<sup>2</sup> tendem a ser melhor preditos pelo modelo e mais aderentes à realidade da cidade de Belém.

**Figura 5.10** Faixa de predictabilidade do modelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

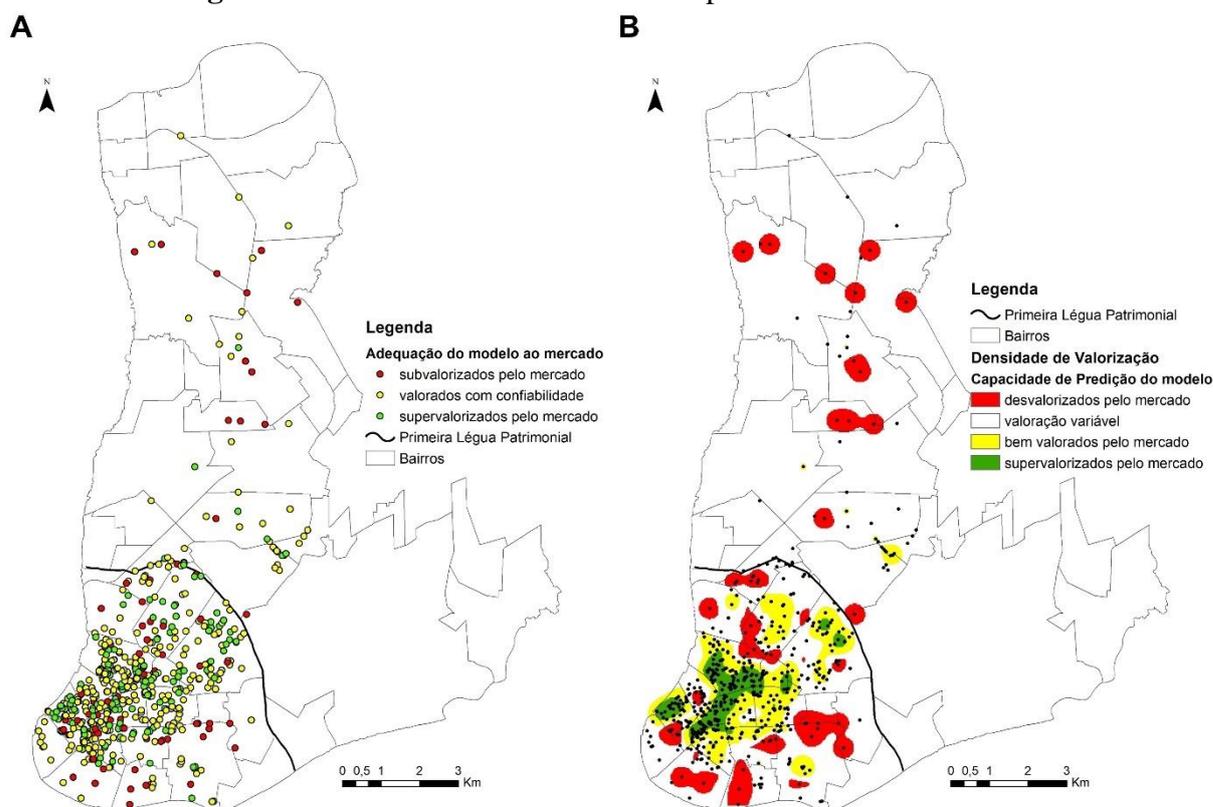
Após isso, calculou-se a amplitude ( $A_p$ ) para determinar o grau de precisão do modelo segundo a ABNT NBR 14653-2 (2011). Utilizando na Equação 4.11 as 466 propriedades ( $N_{modelo}$ ) do modelo econométrico final, os 12 regressores efetivamente utilizados ( $K_{modelo}$ ) e o valor predito médio das propriedades da Base de Teste (R\$ 26,20/m<sup>2</sup>), encontrou-se um intervalo de confiança de [20,21-32,19]. Ao utilizar esses valores na Equação 4.12, obteve-se a amplitude de 45,70%, indicando que o modelo possui Grau I de Precisão.

Ao calcular separadamente a amplitude para cada uma das 118 propriedades de teste, verificou-se que 57,63% das propriedades atenderam aos critérios de precisão estabelecidos em norma (ABNT, 2011), com 4,24% no Grau III, 27,12% no Grau II e 26,27% no Grau I. As observações que não atenderam à norma (42,37%) se justificam pelas condições instáveis de oferta do mercado, que arbitram os valores de aluguel com base em especulações. Essa condição, evidenciada por Yang, Chau e Chen (2021), ocorre em função da ausência de

transparência no processo de definição do valor dos aluguéis, que tendem a supervalorizar os atributos positivos e mitigar suas limitações imobiliárias, locacionais e ambientais.

Ao espacializar a tendência de sub e supervalorização dos imóveis comerciais em Belém (Figura 5.11), notou-se que os imóveis com a tendência de serem desvalorizados pelos ofertantes locais localizam-se nas áreas de baixada e na região da Nova Belém. Por outro lado, concentram-se em partes dos bairros do Umarizal, Batista Campos, Campina e Nazaré as propriedades que tendem a ser supervalorizadas nas ofertas.

**Figura 5.11** Imóveis comerciais sub e supervalorizados em Belém



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ademais, observa-se que áreas menores de supervalorização nos bairros de São Brás e Marco, indicando uma possível extensão do aquecimento imobiliário comercial evidenciado nas áreas centrais. Segundo a Figura 5.11, detalhe B, as áreas adjacentes às regiões de supervalorização apresentam valores mais consistentes de oferta, com destaque para os bairros da Pedreira, Marco, Umarizal, Fátima, São Brás, Nazaré, Cremação e Batista Campos, além do entorno do CHB, que tende a ser supervalorizado.

Outra condição destacada na Figura 5.11, detalhe B, são as áreas de valoração variável, ou seja, aquelas em que o modelo não conseguiu capturar com propriedade seu comportamento imobiliário. Isso revela que índices mais específicos para as realidades dessas sub-localidades poderiam ser incorporados em suas respectivas valorações. Um exemplo desta circunstância são os imóveis situados no bairro da Cidade Velha que, apesar de serem próximos ao CHB e ao Ver-o-Peso, parecem não terem seus padrões comerciais suficientemente identificados, possivelmente em função da ausência de um atributo que naquele recorte espacial influenciaria a dinâmica imobiliária, como a movimentação portuária, mas que no restante do território não seria significativa.

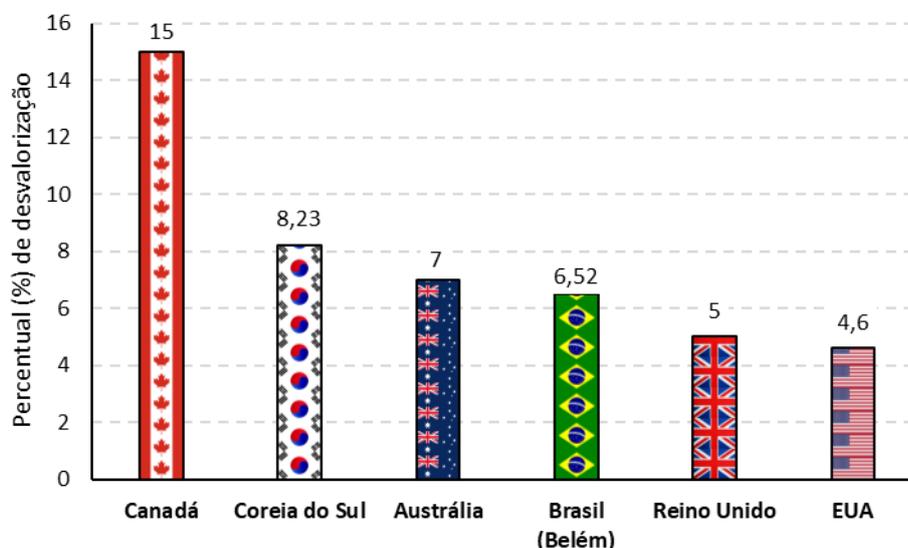
## 6 DISCUSSÕES

Este capítulo compreende a discussão dos resultados, dividida em três momentos. A primeira discussão tange à análise do papel das inundações na determinação do valor dos aluguéis comerciais em Belém. Posteriormente, o modelo econométrico é examinado, de modo a discutir suas potencialidades e limitações. Por fim, discute-se quais atributos podem melhor prever o valor de aluguel de propriedades comerciais em Belém, evidenciando diretrizes que possam auxiliar investidores desse nicho do mercado imobiliário.

### 6.1 INUNDAÇÕES E ALUGUÉIS COMERCIAIS EM BELÉM

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em verificar se há relação entre a suscetibilidade a inundações e o valor dos aluguéis comerciais praticados em Belém. Semelhante a outras cidades do mundo (Figura 6.1), os imóveis comerciais de Belém tendem a se desvalorizar quando mais suscetíveis a estes eventos. Contudo, diferenças merecem ser destacadas quanto à natureza da amostra e realidade das localidades analisadas.

**Figura 6.1** Percentuais médios da influência global das inundações em propriedades



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os estudos realizados no Canadá (SCHAEFER, 2013), Coreia do Sul (JUNG; YOON, 2018), Austrália (RAJAPAKSA *et al.*, 2016), Reino Unido (EVES, 2004) e Estados Unidos (MCKENZIE; LEVENDIS, 2010), todos se referem a amostras de propriedades residenciais, com transações de venda registradas em bases consolidadas. Essa distinção metodológica, adotada por estudos de caso em países desenvolvidos, torna-se central na crítica de Abidoeye e Chen (2018) que revela as dificuldades de se estabelecer registros imobiliários mais precisos quando se estuda mercados em países emergentes.

Potencializando essa dificuldade, esta pesquisa assume o recorte de aluguéis de propriedades comerciais, especificação imobiliária caracterizada pela alta rotatividade de operações e ausência de registros em bases consolidadas (CHAU; WONG, 2016). Essa dinâmica resulta em maior instabilidade das observações constituintes do universo amostral. Todavia, apesar de ambas as perspectivas (local do estudo em país emergente e recorte imobiliário de difícil registro), indica-se que há pertinência na relação quantitativa resultante entre a suscetibilidade a inundação e os aluguéis comerciais.

Em termos comparativos, os resultados do estudo de Mackenzie e Levendis (2010) indicaram que, antes do furacão Katrina, propriedades em áreas inundáveis se desvalorizavam em 1,4%, ao passo que, após o furacão, essa desvalorização aumentou para 4,6%. Na cidade de Gyeonggi, Coreia do Sul, a desvalorização imobiliária foi mensurada em 6,3%, 7,4% e 11% conforme as propriedades se aproximavam das áreas inundáveis. Em Belém, verifica-se um padrão semelhante de desvalorização, de 3,26%, 6,52% e 9,78% do valor dos aluguéis conforme maior a suscetibilidade a inundação da localização da propriedade.

Dessa forma, indica-se que há relação entre inundações e valorização imobiliária comercial em Belém. Apesar de sua magnitude de influência corroborar para que a suscetibilidade a inundação não seja o principal fator a valorizar ou desvalorizar um imóvel comercial, sua intensidade de impacto é proporcional aos relatos pontuais identificados na literatura. Isso indica que, apesar de não ser decisiva para orientar a implantação de imóveis comerciais em Belém, a suscetibilidade a inundação apresenta influência monetária sobre a dinâmica imobiliária comercial da cidade.

Um dos motivos que podem justificar essa proporção é descrita por Bhattacharya-Mis e Lamond (2016) como o efeito-aprendizagem desenvolvido por locatários e locadores de propriedades comerciais. Através de diversas experiências (próprias ou de terceiros), os comerciantes tendem a buscar soluções que mitiguem as perdas financeiras decorrentes das inundações, seja em alterações estruturais na propriedade (contenções, drenos), funcionais (alocação de mercadorias nos andares mais elevados) ou operacionais (fechamento do imóvel antes e durante o evento).

Na visão de Matejowsky (2015), além de medidas preventivas e corretivas serem aperfeiçoadas, propriedades altamente suscetíveis às inundações também costumam incorporar seguros contra danos materiais e operações paralisadas, especialmente as de médio e grande porte. Entre pequenos comerciantes, impera a perspectiva de que o lucro excedente diretamente da localização atual (mesmo que suscetível a inundação) será suficiente para cobrir os custos adicionais com as inundações. Desse modo, a possibilidade de atração

comercial originada da localização e de outros atributos pode ser suficiente para que o efeito negativo exista, mas que não seja decisivo para escolher onde a propriedade estará situada.

Em Belém, observa-se esta realidade. Imóveis comerciais localizados nas áreas mais movimentadas do bairro do Umarizal são altamente suscetíveis a inundações; contudo, ainda apresentam latente valorização imobiliária. Nesse cenário, o que explicaria essa contradição? Atributos imobiliários, locacionais e ambientais complementares. Neste estudo de caso, propriedades localizadas próximas ao Ver-o-Peso, mas não dentro do CHB, possuem as maiores tendências de valorização imobiliária comercial.

Esse fato indica que o mercado imobiliário prevê nessas áreas a captação da demanda comercial tradicionalmente concentrada nos logradouros do bairro da Campina através do efeito de acessibilidade gerado pelo CHB. Paralelamente, efeitos adversos característicos do CHB – como maior índice de criminalidade, informalidade comercial e maior suscetibilidade a inundação – são mitigados quando as operações comerciais se deslocam para propriedades localizadas em seu entorno, onde as possibilidades de uso e exploração são mais flexíveis (MORHY, 2018).

## 6.2 O MODELO ECONOMETRICO

O modelo econométrico final é estatisticamente robusto e atende a todos os pressupostos da regressão linear previstos pela ABNT NBR 14653-2 (2011). Contudo, considerando que os regressores *MOBILIA* e *INUNDXTEST* obtiveram significância estatística com valor p de até 0,10, indica-se que o modelo possui grau II de fundamentação. Além disso, a amplitude média (45,70%) da estimativa de tendência central indicou que o modelo apresenta grau I de precisão.

Outro ponto a ser destacado refere-se ao valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que reflete o grau de ajustamento do modelo. Dessa forma, seu baixo valor (0,264) indica, a priori, que o modelo não explica muito o fenômeno analisado. Entretanto, a aplicação do  $R^2$  pode ser relativizada, como destaca Gujarati e Porter (2011) ao indicarem que o princípio básico da econometria é obter estimativas confiáveis dos verdadeiros coeficientes de regressão e conduzir inferências estatísticas a respeito deles, e não somente obter um alto  $R^2$  por si só. Além disso, os autores destacam que “se o  $R^2$  for baixo, não significa que o modelo seja necessariamente ruim” (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 221). Para Goldberger (1991), a econometria e seus modelos resultantes visam examinar a qualidade dos estimadores construídos e sua pertinência com o conhecimento teórico, não se restringindo à capacidade do ajustamento da amostra.

A partir dessa perspectiva, é necessário examinar a especificidade dos dados e do contexto do problema investigado, que justificam o desempenho de ajuste resultante. Segundo Mooya (2016), o mercado imobiliário é um ambiente altamente heterogêneo, de difícil controle do pesquisador sobre o comportamento das variáveis investigadas, especialmente as relacionadas às expectativas de transação monetária. Quando examinado o segmento comercial varejista, o nível de instabilidade das transações aumenta exponencialmente, dado que o ciclo das transações é substancialmente mais curto do que de aluguéis residenciais, corporativos ou industriais (COZMEI; ONOFREI, 2012; CLARK; HOOD; BIRKIN, 2021).

Além disso, estas transações derivam de uma robusta expectativa de maximização dos lucros (por parte de locadores e corretoras) e de confiança no poder de barganha (por parte de locatários), o que pode resultar em valores transacionados bem acima ou abaixo do ofertado (CROSBY; KEOGH; REES, 1992). Essa condição desfavorável às avaliações imobiliárias comerciais é potencializada em países emergentes, onde inexistem critérios de registro de transações passadas, disponíveis para consulta.

Desse modo, essa deficiência mercadológica (induzida ou acidental) implica na limitação do uso de amostras pontuais disponibilizadas por agências imobiliárias dispostas a fornecer informações, o que não é o usual, ou restringir o universo amostral às propriedades ainda ofertadas, sujeitas futuramente às negociações esperadas (ABIDOYE; CHAN, 2018). Como resultado disso, esta pesquisa constata que tais problemáticas refletem no ajustamento inferencial dos modelos econométricos, induzindo a obtenção de baixos  $R^2$ .

Partindo dessa concepção, esta pesquisa já esperava capturar o efeito dessa instabilidade mercadológica através de seu modelo, embora sua manifestação – através do baixo  $R^2$  e grau de precisão – não comprometa a robustez da modelagem, pois satisfaz aos pressupostos da regressão linear e apresenta coeficientes de estimação significantes e teoricamente condizentes com a literatura. Por menor que seja o  $R^2$ , o modelo ainda apresenta significativo avanço para a teoria de avaliação de imóveis, subsidiado pelo argumento de Cameron (1993) de que o  $R^2$  não é um teste estatístico, não havendo justificativa clara para seu uso como estatística inferencial.

Além disso, entende-se como consequência do ajustamento do modelo a latente restrição de acesso e coleta de dados mercadológicos observada em países emergentes (ABIDOYE; CHAN, 2018). Tal limitação resulta na não inclusão de variáveis que, para o contexto imobiliário comercial, poderiam influenciar no desempenho do modelo. Sobre isso, um atributo constantemente descrito na literatura de avaliação imobiliária comercial é o *footfall* – ou quantidade de pessoas que passam na frente do imóvel por um determinado

período. Geralmente mensurado através da movimentação média diária para o mês de referência da transação imobiliária, o footfall é empregado para o perímetro urbano onde a propriedade se situa e objetiva avaliar a atratividade de pessoas em determinada localidade (SEVTSUK, 2014; COMBER *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os estudos que utilizam footfall como variável independente são largamente concentrados em países que regulam a movimentação diária de pessoas na esfera pública ou privada, como Irlanda do Norte (NASE; BERRY; ADAIR, 2013) e Países Baixos (KOSTER; PASIDIS; VAN OMMEREN, 2019), ou que adotam variáveis proxy que enviam a consistência da análise da demanda de consumidores, como nos Estados Unidos (SEVTSUK, 2014) e na Turquia (ÖZDEMIR; SELÇUK, 2017).

No estudo de Koster, Pasidis e van Ommeren (2019), os dados diários de footfall foram retirados de uma base de dados privada (Figura 6.2) que monitora os principais perímetros comerciais das cidades europeias (<https://locatus.com/en/applications/footfall-reports/>). Já no estudo Nase, Berry e Aldair (2013), o footfall foi obtido através de registros da prefeitura de Belfast. Desse modo, nota-se que ambas possibilidades são inviáveis no contexto da cidade de Belém, que não dispõe de investimentos públicos ou privados no monitoramento da circulação de pessoas com objetivos mercadológicos.

**Figura 6.2** Base de dados que monitora a circulação comercial



The image shows a screenshot of the Locatus website. At the top left is the 'Locatus' logo. To the right are links for 'Conecte-se', 'Contato', and language options 'ES', 'FR', 'NL'. Below the header is a navigation bar with 'Cerca de', 'Dados de varejo', 'Pesquisar', and 'Blog'. The main content area features the heading 'Relatórios de footfall' and a sub-heading 'Relatórios de pegadas das 240 áreas comerciais mais importantes do Benelux e das principais cidades europeias'. A text block at the bottom explains that footfall reports provide insights into pedestrian activity for retail locations.

Fonte: Extraído de <https://locatus.com/en/applications/footfall-reports/>.

Na contramão desta facilidade ferramental, outros estudos adotam proxies para modelar o comportamento do footfall, como a capilarização viária do entorno (SEVTSUK, 2014) ou a estimativa de clientes baseada no relato de cada comerciante (ÖZDEMIR; SELÇUK, 2017). No entanto, frisa-se que há evidente perda de aderência da quantificação de demanda provável em função de atributos morfológicos (no caso de empregar a capilarização viária em uma área sem vocação comercial) ou socioemocionais (através do viés de recordação ou intenções escusas do informante), resultando em uma escala de mensuração arbitrária e potencialmente suscetível a erros de fundamentação conceitual ou determinação empírica.

Nesse contexto, outros atributos imobiliários, como condições contratuais, períodos de renovação, seguros, etc., também poderiam impactar o modelo. Contudo, sua utilização dependeria da disponibilização de dados dos informantes das ofertas, o que comprometeria a premissa desta pesquisa em utilizar somente dados abertos. Além disso, atributos locais complementares também poderiam modelar a valorização imobiliária comercial em Belém, como índices de informalidade comercial, de criminalidade ou de desempenho sanitário, relacionados à pandemia do Covid-19.

Para Turok, Seeliger e Visagie (2021), a informalidade comercial é um atributo de difícil mensuração, pois mensura uma condição dinâmica. Altamente sensível a externalidades – como crises e pandemias, o mercado informal pode alterar a valorização de propriedades comerciais que se localizam próximas, variando sua intensidade de influência segundo a conjuntura considerada. Um fator diretamente associado a isso foi a pandemia do Covid-19, que aumentou a taxa de desemprego e obrigou parte da população a ingressar na informalidade (NANDA; XU; ZHANG, 2021).

Dessa forma, a própria conjuntura pandêmica também afetou o mercado de imóveis comerciais, ao evidenciar que diversas operações físicas foram suspensas e os trabalhos migraram para o home office e plataformas digitais (BRETAS; ALON, 2020). Contudo, é pertinente destacar que dados observacionais sobre a pandemia, como índice de isolamento social durante o lockdown, atributo que poderia ser incluído no modelo, é mensurado em escala de bairro, abrangendo assimetrias socioeconômicas e comerciais que somente a espacialidade por unidades de desenvolvimento humano (UDH) visa mitigar. Além disso, estes dados necessitariam ser formalmente requeridos à Secretaria de Estado de Segurança Pública do Pará (SEGUP), o que violaria a condição de se utilizar dados abertos.

Na perspectiva ambiental, atributos proxy como o estado de conservação dos equipamentos de drenagem por perímetro, declividade do lote da propriedade e características

do solo poderiam complementar a explicação do fenômeno. Contudo, a proxy referente à situação da drenagem necessitaria de recursos humanos não disponíveis para realizar inspeções in loco das localidades onde estão os imóveis e avaliar o desempenho de cada perímetro. Além disso, as condições de declividade e características do solo também teriam de ser verificadas pessoalmente, dado que movimentações de terra em função de obras edilícias e de infraestrutura poderiam alterar as conformações desatualizadas dos registros disponíveis na literatura.

Portanto, indica-se que o modelo satisfaz aos objetivos desta pesquisa ao modelar com consistência o problema investigado. Os resultados puderam ser examinados em uma análise de sensibilidade que atestou sua confiabilidade para predizer uma faixa monetária robusta, justificando sua pertinência.

### 6.3 DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS COMERCIAIS EM BELÉM

Diversos atributos imobiliários, locacionais e ambientais influenciam o valor unitário dos aluguéis comerciais em Belém, tanto positiva quanto negativamente. Nesse contexto, o principal atributo influenciante em propriedades comerciais é a testada, comumente relacionada à maior visibilidade do comércio em relação aos transeuntes, facilitando a atratividade de consumidores (O'ROARTY *et al.*, 1997; HUI; YIU; YAU, 2007; NASE; BERRY; ADAIR, 2013; ZHANG *et al.*, 2015; LENS; MELTZER, 2016). Em Belém, os imóveis comerciais costumam apresentar 9m de testada (mediana), salientando que a consideração da extensão frontal da propriedade pode ser o primeiro passo em futuras prospecções de aquisição de imóveis comerciais para locação.

Ademais, outros atributos relacionados à propriedade tendem a aumentar o valor unitário do aluguel, como seu bom estado de conservação, não implicando em custos adicionais de reformas corretivas ou de emergência. Por outro lado, propriedades alugadas inteiramente reduzem o valor unitário do aluguel comercial, possivelmente em função dos maiores custos com manutenção e carga de tributos incidentes sobre a propriedade. Quando há múltiplas operações (isto é, divisão da propriedade em subpontos comerciais), o rateio dessas despesas suaviza a redução dos custos repassados no valor dos aluguéis. Além disso, permite-se promover mais ocorrências comerciais em um recorte espacial menor, fomentando o efeito de aglomeração comercial proposto por Garner (1966).

Do ponto de vista da localização, a distância do imóvel até o Ver-o-Peso faz com que a propriedade, por estar mais próxima deste centro comercial, tenda a apresentar maior valorização imobiliária. Por outro lado, a distância até entroncamento também é inversamente

proporcional à valorização imobiliária, indicando que, sob a perspectiva comercial, Belém deixou de apresentar um padrão monocêntrico ao consolidar subcentralidades econômicas, confirmando os apontamentos de Cardoso e Lima (2015).

Territorialmente, algumas áreas da cidade desvalorizam os imóveis comerciais. Regiões que apresentam condições socioeconômicas e demográficas hipossuficientes, como zonas especiais de interesse social, tendem a apresentar menores valores de aluguéis, mais aderentes à realidade do entorno. Contraditoriamente, o Centro Histórico e Comercial da Cidade apresenta uma tendência notória (28,63%) de desvalorização dos aluguéis comerciais. Essa condição pode estar associada a diversos fatores, dentre eles, as restrições construtivas da legislação urbanística (Quadro 3.1), a degradação dos logradouros públicos (Figura 5.3, detalhe A), altos índices de criminalidade e de comércio informal (MORHY, 2018), afetando indiretamente o valor de locação das propriedades.

Na perspectiva ambiental, a taxa de drenagem reflete que imóveis mais impermeabilizados podem apresentar uma carga tributária mais expressiva, especialmente quando situados em áreas de maior poder aquisitivo. Essa condição indica que tal atributo poderia onerar sobre propriedades com grandes testadas e áreas construídas, situadas em UDH de maior rendimento *per capita*. Importante destacar que essa variável é uma proxy do efeito da impermeabilização da cidade, indicado na Figura 3.5; entretanto, apresenta maior relevância ao incorporar a perspectiva socioeconômica do processo. Este contexto suscita a busca pela justiça ambiental defendida por Miranda (2020), ao indicar que camadas hipossuficientes não devam ser penalizadas no âmbito socioambiental em função de assimetrias socioeconômicas. Além disso, este atributo pode verificar indiretamente o alinhamento do sítio urbano examinado com as condições estabelecidas no paradigma da cidade esponja (VAN-ROOIJEN; TURAL; BIGGS, 2005), de modo que, através da tributação sobre a impermeabilização do solo, possa-se incentivar a redução do efeito da urbanização sobre as águas urbanas, mitigando os efeitos adversos das inundações.

Quanto às inundações, constata-se que o aumento de sua suscetibilidade reduz o valor unitário dos aluguéis, mitigada somente quando moderada por testadas maiores, que podem compensar economicamente os danos possíveis decorrentes destes eventos. Dessa forma, é possível atenta-se sobre dois parâmetros apresentados na Tabela 5.9: os coeficientes  $\beta$  e os percentuais de mudança no valor dos aluguéis (g). Em relação aos coeficientes  $\beta$ , indica-se que a testada ( $\beta = 0,463$ ) influencia o valor unitário dos aluguéis de maneira mais latente do que a suscetibilidade a inundações ( $\beta = -0,140$ ), revelando que a escolha da extensão frontal da propriedade é mais preponderante do que a avaliação de sua suscetibilidade a inundações.

Em termos percentuais, a redução máxima no valor do aluguel provocada pela suscetibilidade a inundação é de 9,78%, magnitude equiparável à valorização resultante do aumento de sua testada em 14m ( $g = 0,70\%$  por metro). Assim, constata-se que a moderação (*INUNDXTEST*) resulta em uma redução menos efetiva na valoração dos aluguéis (apenas 0,10% a 0,30% por metro de testada, a depender da zona de suscetibilidade) do que os ganhos eventuais obtidos com a elevação da testada (0,70% por metro). Isso significa que o trade off provocado pela moderação entre suscetibilidade a inundação e testada representa, no máximo, uma redução de somente 42,86% em relação ao ganho resultante com o aumento da extensão frontal da propriedade.

Tal conformação revela que os locadores preferem investir em imóveis com maior testada, ainda que em áreas altamente suscetíveis a inundações, pois a desvalorização decorrente dessa amenidade não é suficiente para que o imóvel deixe de ser valorizado em detrimento de maior extensão frontal. Esses resultados fortalecem os apontamentos de Garner (1966) e Nase, Berry e Aldair (2013), ao indicar que os imóveis utilizam a testada como mecanismo de distinção da concorrência em áreas de alta aglomeração comercial. Logo, por usualmente se beneficiarem da teoria do consumidor racional, as propriedades com maiores testadas costumam apresentar maiores fluxos de operações.

Dessa forma, é possível que investidores no mercado imobiliário de propriedades comerciais busquem nesta pesquisa ferramentas que auxiliem na tomada de decisão sobre qual tipo de imóvel comercial se deve investir para obter maiores valores de locação, além de identificar onde as propriedades devem (ou não) estar preferencialmente situadas. Esse público-alvo visa maximizar seus lucros com aluguéis maiores; contudo, não arbitrados subjetivamente. Por isso, ao adquirir um imóvel comercial em Belém, os investidores devem atentar-se para as seguintes diretrizes de maximização do valor ofertado de aluguel, nesta ordem apresentada:

- O imóvel deve ter, preferencialmente, uma extensão frontal de, no mínimo, 14m;
- O imóvel deve estar próximo do mercado do Ver-o-Peso, especificamente no entorno do Centro Histórico e Comercial de Belém (CHB);
- Quando localizado em áreas de maior poder aquisitivo, o imóvel deve ter, preferencialmente, uma menor proporção entre sua área construída e sua testada – para que sua eventual taxa de drenagem seja reduzida;

- Quando não puder se situar no entorno do CHB, é desaconselhado que poder possa ser utilizado imediatamente após o fechamento do contrato de locação;
- O imóvel deve estar, preferencialmente, em uma área sem suscetibilidade a inundação;
- O imóvel deverá poder ser locado em subpartes independentes;
- Caso o imóvel não esteja situado no entorno do CHB, o mesmo deverá estar próximo do entroncamento;
- O imóvel deverá estar, preferencialmente, fora de uma zona especial de interesse social (ZEIS);
- O imóvel deverá vir mobiliado;

Assim, com base nessas indicações, investidores do mercado imobiliário de propriedades comerciais poderão orientar suas aquisições de modo mais efetivo, ofertando valores de locação mais altos. Subsidiados por um modelo econométrico normatizado, é possível que suas ofertas obtenham maior liquidez e menor barganha, o que maximizaria o lucro resultante do aluguel.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa cumpriu com o objetivo de verificar se a suscetibilidade a inundações influencia no valor do aluguel de imóveis comerciais na cidade de Belém-PA, Brasil. Os resultados indicaram que propriedades localizadas em áreas altamente suscetíveis a inundações tendem a ser desvalorizadas em 9,78% em relação a propriedades localizadas em zonas sem suscetibilidade a inundações. Para cada transição entre zonas de suscetibilidade a inundações (baixa, média e alta), os imóveis comerciais tendem a reduzir seus valores unitários de aluguel em 3,26%.

Além disso, o estudo também cumpriu os objetivos específicos. Através da técnica de modelagem econométrica, foi possível verificar que a relação entre a suscetibilidade a inundações e o valor unitário dos aluguéis de imóveis comerciais em Belém é negativa e estatisticamente significativa, ou seja, quanto mais suscetível a inundações, maior tende a ser a desvalorização da propriedade. Ademais, pôde-se avaliar a capacidade de extrapolação da modelagem através da análise de sensibilidade, indicando que o modelo tende a apresentar valores preditos mais consistentes na faixa entre R\$ 13 e R\$36 por metro quadrado.

Em relação ao teste de suposições, três das cinco hipóteses inicialmente propostas foram confirmadas. A Hipótese H1 foi confirmada ao ser constatada que a influência da suscetibilidade a inundações sobre o valor dos aluguéis é sistemicamente negativa e estatisticamente significativa. Quando considerados simultaneamente outros atributos também influenciadores da valorização imobiliária, como aspectos construtivos, de localização ou naturais, a influência da suscetibilidade a inundações sobre o valor dos aluguéis tendeu a diminuir, confirmando a Hipótese H2.

Especificadamente, quando a influência das inundações sobre os imóveis é moderada pela testada, isto é, considerando uma ação não somente simultânea, mas combinada, os valores dos aluguéis tenderam a diminuir com menor intensidade, confirmando a Hipótese H2A. Isso ocorre mesmo que o imóvel esteja suscetível a reduções monetárias decorrentes da suscetibilidade a inundações, dado que o aumento da testada é um atributo de influência suficiente mais expressivo para que ainda assim possa haver valorização do aluguel.

Por outro lado, as moderações relativas à influência das condições socioeconômicas e topográficas não apresentaram impacto estatisticamente significativo na modelagem, refutando as Hipóteses H2B e H2C. Isso ocorreu em função da robusta variabilidade de valores de aluguel situados nas mesmas condições socioeconômicas e topográficas, não permitindo que fossem capturadas associações numéricas entre renda *per capita*, cota altimétrica, suscetibilidade a inundações e valor unitário dos aluguéis.

## 7.1 LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS

Esta dissertação possui limitações conceituais, metodológicas e de extrapolação que merecem destaque. O primeiro fator a ser ponderado é o escopo da pesquisa, que se ateve à análise da influência da verificação suscetibilidade a inundação em valores de aluguel comercial em Belém. Nesse contexto, a modelagem obtida e as considerações propostas são essencialmente fundamentadas na fronteira de ocorrência destas limitações quanto à natureza do fenômeno ambiental, da tipologia edilícia e da transação imobiliária avaliada.

Desse modo, merece cautela estender os resultados a eventos ocasionados essencialmente por inundações não modeladas de forma específica pelo CPRM (2015), que podem ocorrer em zonas de baixa suscetibilidade a inundação, mas que, por fatores não abrangidos neste estudo (tráfego, manutenção do sistema de drenagem), resultam em prejuízo latentes para propriedades comerciais, como os alagamentos críticos. Assim, é fortemente sugerido que pesquisas complementares adicionem a investigação dos efeitos de alagamentos na variação dos aluguéis comerciais em Belém, o que pode revelar padrões de influência não capturados pela modelagem proposta.

Ademais, embora a literatura aplicada indique a tendência de desvalorização de propriedades residenciais em função da suscetibilidade a inundação, tal consideração só poderá ser consolidada uma vez realizados estudos específicos para este circuito imobiliário. Desse modo, sugere-se que estudos futuros possam replicar a metodologia proposta para avaliar como as inundações podem influenciar o valor de imóveis residenciais em Belém.

Complementarmente, frisa-se que a transação imobiliária de aluguel possui particularidades de estabilidade, registro e validação das magnitudes transacionadas. Desse modo, sugere-se que os estudos próximos possam abranger também transações de venda ou aluguéis baseados em retornos financeiros, podendo obter resultados mais específicos sobre como o circuito imobiliário comercial reage à suscetibilidade a inundação.

Sob a perspectiva metodológica, esta pesquisa depara-se com limitações que restringem a capacidade de extrapolação do modelo, embora não inviabilizem sua consistência e validade. O modelo econométrico apresenta atendimento aos pressupostos de regressões lineares múltiplas, consistência e significância estatística de seus regressores, embora seu poder de explicação possa ser considerado abaixo do esperado. Sobre isso, nota-se que as condições de construção do modelo suscitam em maior instabilidade do poder de predição em função de variáveis independentes inviáveis de serem abrangidas pelo estudo e pelas condições de comportamento deste nicho de mercado.

Desse modo, é sugerível que estudos complementares sejam conduzidos com a finalidade de estruturar metodologias de construção de regressores para avaliações imobiliárias comerciais, como o footfall, que podem implicar em significativo aumento no poder de predição da amostra. Ademais, a instabilidade dos dados do mercado pode ser mitigada de forma amiúda através da construção parcimoniosa de um banco de dados colaborativos entre pesquisadores, corretoras imobiliárias e órgãos de regulação, para subsidiar estudos imobiliários comerciais com mais consistência.

Além disso, técnicas complementares à econometria podem ser empregadas em estudos futuros para otimizar a capacidade de predição do modelo, como a geoestatística (BRUNSDON; FOTHERINGHAM; CHARLTON, 2002). Estes métodos permitem que se considere a especificidade espacial do fenômeno na capacidade de predição dos estimadores, resultando em territórios com relações específicas entre as variáveis dependente e independentes.

Também merece destaque os limites de extrapolação do modelo, que tende a prever com maior aderência os valores unitários de aluguéis comerciais compreendidos na faixa entre R\$13/m<sup>2</sup> e R\$36/m<sup>2</sup> para a cidade de Belém. Isso deriva da capacidade enviesada do circuito imobiliário comercial em subvalorizar propriedades localizadas em áreas periféricas, enquanto propriedades situadas em áreas centrais tendem a ser supervalorizadas.

## 7.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa possui contribuições significativas para os meios acadêmico, mercadológico e institucional. No âmbito científico, este estudo avança substancialmente na literatura de avaliação imobiliária considerando que é a primeira pesquisa a tratar sobre o aspecto das inundações como atributo influenciante no valor de imóveis comerciais, especialmente em países emergentes. Essa condição de ineditismo beneficia a pesquisa sobre valoração de imóveis em cidades brasileiras, especialmente amazônicas, e possibilita que outros estudos sejam conduzidos no mesmo ou em estudos de casos que também apresentem necessidade de investigação detalhada desta problemática.

Na perspectiva da contribuição mercadológica, o estudo possibilita a exploração do produto resultante (modelo econométrico) como ferramenta para tomada de decisão de investidores de imóveis comerciais que necessitem especificar suas aquisições para operações rentistas. Ao empregar este estudo em suas análises mercadológicas, será possível entender de forma consistente quais atributos a propriedade, seu entorno e localização devem ter para que o valor do aluguel seja maximizado, gerando maiores lucros.

Por fim, cabe indicar as contribuições desta pesquisa para a Administração Pública e para a sociedade civil, ao apresentar subsídios que justifiquem como áreas inundáveis ainda costumam atrair mais negócios, mesmo que sujeitos a perdas financeiras iminentes. Desse modo, será possível estabelecer auxílio no desenvolvimento de setores econômicos mais atrativos em Belém, implementando soluções que possam mitigar os efeitos das inundações e potencializar suas vocações comerciais. Assim, será possível consolidar em áreas urbanas inundáveis o desenvolvimento econômico pleno, consciente de suas fragilidades ambientais, mas racional ao explorá-las a favor do retorno financeiro imobiliário.

## REFERÊNCIAS

- ABIDOYE, R. B.; CHAN, A. P. C. Achieving property valuation accuracy in developing countries: the implication of data source. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, v. 11, n. 3, p. 573–585, 2018.
- ABREU, P. V. L. de. **A morfologia do plano de expansão da cidade de Belém e a estrutura fundiária do município no século XIX**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2016.
- ALENCAR, C. T. de; LIMA-JR, J. R.; MONETTI, E. São Paulo's office market: scenario for the next years. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 22, n. 2, p. 154–173, 2017.
- ALIYU, A. A. *et al.* Impact of Flooding on residential property values: A review and analysis of previous studies. Proceedings of the Academic Conference of Nightingale Publications & Research International on Sustainable Development. Anais...Bauchi, Nigeria: Federal University of Technology Minna, 2016.
- ALMEIDA, R. *et al.* An assessment of the impacts of large - scale urban projects on land values : The case of Belo Horizonte, Brazil. *Papers in Regional Science*, v. 100, n. 2, p. 517–559, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: Avaliação de bens Parte 2: Imóveis Urbanos**. Brasil, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1: Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos-Gerais**. Brasil, 2019.
- BABCOCK, M.; MITCHELL, B. Impact of flood hazard on residential property values in Galt (Cambridge), Ontario. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 16, n. 3, p. 3–8, 1981.
- BELÉM. **Lei n.º 8655, de 30 de julho de 2008**. Plano Diretor de Belém. Prefeitura Municipal de Belém, 2008.
- BELÉM. **Anuário Estatístico do Município de Belém**. Portal eletrônico. Disponível em: [http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO\\_2011/1\\_01\\_Characterizacao\\_do\\_Territorio.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/1_01_Characterizacao_do_Territorio.pdf). Acesso em 12 jul. 2021.
- BERA, A. K.; UYAR, S. G. K. Local and global determinants of office rents in Istanbul: The mixed geographically weighted regression approach. **Journal of European Real Estate Research**, v. 12, n. 2, p. 227–249, 2019.
- BHATTACHARYA-MIS, N.; LAMOND, J. Mapping community knowledge of vulnerability of value: A case study in the UK. **International Journal of Safety and Security Engineering**, v. 5, n. 3, p. 266–279, 2015.
- BHATTACHARYA-MIS, N.; LAMOND, J. Risk perception and vulnerability of value: a study in the context of commercial property sector. **International Journal of Strategic**

**Property Management**, v. 20, n. 3, p. 252–264, 2016.

BHATTACHARYA, N. *et al.* Development of conceptual framework for understanding vulnerability of commercial property values towards flooding. **International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment**, v. 4, n. 3, p. 334–351, 2013.

BOOKSHIRE, D. *et al.* Valuing Public Goods : A Comparison of Survey and Hedonic Approaches. **American Economic Association**, v. 72, n. 1, p. 165–177, 1982.

BOTTOM, C. Financial management. In: BOOTY, F. (Ed.). **Facilities Management Handbook**. 4. ed. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2009. p. 188–227.

BRASIL. **Lei Federal n.º 5194, de 24 de dezembro de 1966**. Brasil: Senado Federal, 1966.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasil: Senado Federal, 1997.

BRASIL. **Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001** - Estatuto da Cidade. Brasil: Senado Federal, 2001.

BRESSANE, A. *et al.* Sistema de apoio à gestão de áreas verdes na preservação permanente de corpos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 957–969, 2016.

BRETAS, V. P. G.; ALON, I. The impact of COVID-19 on franchising in emerging markets: An example from Brazil. **Global Business and Organization Excellence**, v. 39, n. 6, p. 6–16, 2020.

BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A. S.; CHARLTON, M. Geographically weighted summary statistics — a framework for localised exploratory data analysis. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 26, p. 501–524, 2002.

BURIAN, S. J.; EDWARDS, F. G. Historical perspectives of urban drainage. **Global Solutions for Urban Drainage**, n. 479, p. 1–16, 2002.

CAMERON, S. Why is the R squared adjusted reported? **Journal of Quantitative Economics**, v. 9, n. 1, p. 183–186, 1993.

CARDOSO, A. C. D. *et al.* A Metrópole Belém e sua centralidade na Amazônia Oriental Brasileira. **EURE**, v. 41, n. 124, p. 201–223, 2015.

CARDOSO, A. C. D.; LIMA, J. J. F. **Belém: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Carta Capital, 2015.

CARDOSO, A. C. D.; VENTURA NETO, R. DA S. A evolução urbana de Belém: trajetória de ambiguidades e conflitos socioambientais. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 55–75, 2013.

CARMONA, M. *et al.* Street appeal : The value of street improvements. **Progress in Planning**, v. 126, p. 1–51, 2018.

CENTRO DE PESQUISAS EM RECURSOS MINERAIS. **Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**. Belém: 1 ed. 2014.

CHAU, K. W.; CHAU, K. W. A Critical Review of Literature on the Hedonic Price Model. **International Journal for Housing Science and Its Applications**, v. 27, n. 2, p. 145–165, 2003.

CHAU, K. W.; WONG, S. K. Information Asymmetry and the Rent and Vacancy Rate Dynamics in the Office Market. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 53, n. 2, p. 162–183, 2016.

CHOI, Y.; KANG, J.; KIM, J. Urban flood adaptation planning for local governments: Hydrology analysis and optimization. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 59, n. March, p. 102213, 2021.

CHRISTALLER, W.; BRUSCH, J. E. **Central Places in Southern Germany**. 1. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1966. v. 1.

CLARK, D.; PENNINGTON-CROSS, A. Determinants of industrial property rents in the Chicago metropolitan area. **Regional Science and Urban Economics**, v. 56, p. 34–45, 2016.

CLARK, S.; HOOD, N.; BIRKIN, M. A hedonic model of the association between grocery brand provision and residential rental prices in England. **International Journal of Housing Marketets and Analysis**, p. 1753–8270, 2021.

CLEFF, T. **Applied Statistics and Multivariate Data Analysis for Business and Economics**. Gewerbestrasse: Springer, 2019.

COHEN, P.; BROWN, M. Does a new rail rapid transit line announcement affect various commercial property prices differently? **Regional Science and Urban Economics**, v. 66, n. May, p. 74–90, 2017.

COMBER, S. *et al.* Using convolutional autoencoders to extract visual features of leisure and retail environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 202, p. 103887, 2020.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Applied Regression Including Computing and Graphics**. New York: Wiley-Interscience, 1999.

CORRÊA, R. L. A periodização da rede urbana da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 49, n. 3, p. 39–68, 1987.

COSTA, O.; FUERST, F.; MENDES-DA-SILVA, W. Are corporate office buildings priced differently? **Journal of Property Investment and Finance**, v. 36, n. 4, p. 348–365, 2018.

COZMEI, C.; ONOFREI, M. Impact of property taxes on commercial real estate competition in Romania. **Procedia Economics and Finance**, v. 3, n. 12, p. 604–610, 2012.

CROSBY, N.; KEOGH, G.; REES, G. Methodology and Convention in the Standardisation of Retail Rents. **Journal of Property Valuation and Investment**, v. 10, n. 4, p. 740–756, 1992.

CRUZ, C. C. DA C. S. **Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Belém**: Uma análise urbanístico-ambiental. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2018.

CZAJKOWSKI, J. *et al.* Economic impacts of urban flooding in South Florida: Potential consequences of managing groundwater to prevent salt water intrusion. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 465–478, 2018.

D'ELIA, V. V.; GRAND, M. C.; LEÓN, S. Bus rapid transit and property values in Buenos Aires : Combined spatial hedonic pricing and propensity score techniques. **Research in Transportation Economics**, v. 80, p. 100814, 2020.

DELAGE, M. *et al.* Retail decline in France ' s small and medium-sized cities over four decades . Evidences from a multi-level analysis. **Cities**, v. 104, n. April, p. 102790, 2020.

DIAS, M. C.; SZLAFSZTEIN, C. Vulnerabilidades do sistema de transporte público às inundações na cidade de Belém (Brasil). In: LOURENÇO, L.; SILVA, V. DE P. DA (Eds.). **Territórios em risco**. Coimbra, Portugal: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2020. p. 69–89.

DUARTE, A. M. *et al.* The influence of urban violence and land title irregularity on the market value of properties: A case study in Belém, an amazon metropolis. **Cities**, v. 35, p. 147–155, 2013.

DUNSE, N.; JONES, C. A hedonic price model of office rents. **Journal of Property Valuation & Investment**, v. 16, n. 3, p. 297–312, 1998.

EVES, C. The impact of flooding on residential property buyer behaviour: an England and Australian comparison of flood affected property. **Structural Survey**, v. 22, n. 2, p. 84–94, 2004.

FIELD, A. **Discovering statistics using IBM SPSS**. 5 ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2017.

FIGUERÊDO, P. **Construção Civil representa 6,2% do PIB brasileiro**. Disponível em: <https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>. Acesso em: 6 ago. 2021.

FISHER, J. D.; RUTLEDGE, S. R. The impact of Hurricanes on the value of commercial real estate. **Business Economics**, 2021.

GARNER, B. Garner, B. J. **The internal structure of retail nucleations**. Department of Geography, . PhD, Department of Geography, Northwestern University, 1966.

GELTNER, D.; NEUFVILLE, R. **Flexibility and Real estate Valuation Under Uncertainty**: a practical guide for developers. 1. ed. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell, 2018.

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

GOLDBERGER, A. S. **A course in econometrics**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

GOMES, C. A. B. DE M.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Financiamento da Drenagem Urbana: Uma Reflexão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 93–104, 2008.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Aplicação de técnicas de descobrimento de conhecimento em base de dados e de inteligência artificial em avaliações de imóveis**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

GRANGEIRO, E. L. DE A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. DE. Integração de políticas públicas no Brasil : o caso dos setores de recursos hídricos , urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, n. 48, p. 417–434, 2020.

GRISSOM, R. J.; KIM, J. J. **Effect Sizes for Research: Univariate and Multivariate Applications**. 2. ed. New York: Routledge, 2012.

GUIMARÃES, G. J. DA S. **Novas centralidades na malha urbana da Região Metropolitana de Belém**: Estudo aplicado ao espaço da rodovia augusto montenegro. Disserta o (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2013.

GUIMARÃES, P. P. C. Shopping centres in decline: analysis of demalling in Lisbon. *Cities*, v. 87, n. November 2018, p. 21–29, 2019.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

HALVORSEN, R.; PALMQUIST, R. The interpretation of dummy variables in semi-logarithmic equations. **American Economic Association**, v. 70, p. 474–475, 1980.

HOESLI, M.; MALLE, R. Commercial Real Estate Prices and Covid-19. **Swiss Finance Institute**, v. 21, n. 08, p. 1–29, 2021.

HUFFMAN, C.; LONGHOFER, S. D. Statistical analysis of effects of access, traffic exposure, and frontage parameters on sale price of commercial real property in Kansas. **Transportation Research Record**, v. 2556, p. 10–19, 2016.

HUI, E. C. M.; YIU, C. Y.; YAU, Y. Retail properties in Hong Kong: A rental analysis. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 25, n. 2, p. 136–146, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIA ES E PER CIAS DE ENGENHARIA. **Norma para Avalia o de Imóveis Urbanos**. São Paulo, Brasil, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da Vulnerabilidade Social**. Brasilia: 2015.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS. **Standard on Ratio**

**Studies.** Estados Unidos da América, 2013. Disponível em: [https://www.iaao.org/media/standards/Standard\\_on\\_Ratio\\_Studies.pdf](https://www.iaao.org/media/standards/Standard_on_Ratio_Studies.pdf). Acesso em: 15 jun. 2021.

INTERNATIONAL VALUATION STANDARDS COUNCIL. **International Valuation Standards (IVS).** United Kingdom, 2020. Disponível em: <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/valuation/international-valuation-standards-rics2.pdf>. Acesso em 16 jun. 2021.

JUNG, E.; YOON, H. Is Flood Risk Capitalized into Real Estate Market Value ? A Mahalanobis-Metric Matching Approach to the Housing Market in Gyeonggi , South Korea. **Sustainability**, v. 10, p. 4008, 2018.

JUNG, J.; KO, E.; WOODSIDE, A. G. How shoppers ' configurations of demographics , sustainability assessments , and place-attractiveness assessments impact who shops in culturally traditional mega-markets. **Journal of Business Research**, v. 122, n. Setembro 2019, p. 640–656, 2021.

KICKERT, C. *et al.* Spatial dynamics of long-term urban retail decline in three transatlantic cities. **Cities**, v. 107, n. August, p. 102918, 2020.

KICKERT, C.; VOM HOFER, R. Critical mass matters : The long-term benefits of retail agglomeration for establishment survival in downtown Detroit and The Hague. **Urban Studies**, v. 55, n. 5, p. 1033–1055, 2018.

KIETI, R. M.; OGOLLA, W. Hedonic valuation of apartments in Kenya. **Journal of Property Management**, v. 39, n. 1, p. 34–53, 2021.

KOÇ, G.; NATHO, S.; THIEKEN, A. H. Estimating direct economic impacts of severe flood events in Turkey (2015 – 2020). **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 58, n. December 2020, p. 102222, 2021.

KOSTER, H. R. A.; PASIDIS, I.; VAN OMMEREN, J. Shopping externalities and retail concentration: Evidence from dutch shopping streets. **Journal of Urban Economics**, v. 114, n. September, 2019.

LAMOND, J. E. *et al.* Flood risk insurance, mitigation and commercial property valuation. **Property Management**, v. 37, n. 4, p. 512–528, 2019.

LAMOND, J.; PROVERBS, D.; ANTWI, A. Measuring the impact of flooding on UK house prices: A new framework for small sample problems. **Property Management**, v. 25, n. 4, p. 344–359, 2004.

LANCASTER, K. J. A New Approach to Consumer Theory. **Journal of Political Economy**, v. 74, n. 2, p. 132–157, 1966.

LENS, M. C.; MELTZER, R. Is crime bad for business? Crime and commercial property values in New York city. **Journal of Regional Science**, v. 56, n. 3, p. 442–470, 2016.

- LIANG, J.; REED, R.; CRABB, T. The contribution of spatial dependency to office building price indexes: A Melbourne case study. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 36, n. 3, p. 232–247, 2018.
- LIANG, J.; WILHELMSSON, M. The value of retail rents with regression models: A case study of Shanghai. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 29, n. 6, p. 630–643, 2011.
- LIMA, G. V. B. DE A. *et al.* 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. 1–16, 2021.
- LISBOA, É. G. *et al.* Aplicação de Inferência Estatística como Suporte ao Planejamento Financeiro de Bacias a Partir da Cobrança de uma Taxa de Drenagem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 179–190, 2014.
- LITZ, R. A.; RAJAGURU, G. Does Small Store Location Matter ? A Test of Three Classic Theories of Retail Location. **Journal of Small Business and Entrepreneurship**, v. 21, n. 4, p. 477–492, 2008.
- LÖWE, R. *et al.* Impacts of urban development on urban water management – Limits of predictability. **Computers , Environment and Urban Systems**, v. 84, p. 101546, 2020.
- MARROUCH, W.; SAYOUR, N. Hedonic housing prices and environmental quality in Lebanon. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, 2021.
- MATEJOWSKY, T. Merchant resilience and climate hazard vulnerability in the urban Philippines: Anthropological perspectives on 2011 typhoons nesat and nalgae. **Research in Economic Antropology**, v. 35, p. 239–262, 2015.
- MCKENZIE, R.; LEVENDIS, J. Flood Hazards and Urban Housing Markets : The Effects of Katrina on New Orleans. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 40, p. 62–76, 2010.
- MCLEOD, S.; CURTIS, C. Contested urban streets : Place , traffic and governance conflicts of potential activity corridors. **Cities**, v. 88, n. May 2018, p. 222–234, 2019.
- MEI, C. *et al.* Science of the Total Environment Integrated assessments of green infrastructure for fl ood mitigation to support robust decision-making for sponge city construction in an urbanized watershed. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 1394–1407, 2018.
- MELTZER, R.; GOULD, I.; LI, X. Localized commercial effects from natural disasters : The case of Hurricane Sandy and New York City. **Regional Science and Urban Economics**, v. 86, n. April 2020, p. 103608, 2021.
- MENDES, L. A. S. A produção do urbano e do imobiliário na região metropolitana de Belém. **Confins**, v. 44, p. 1–19, 2020.
- MIRANDA, T. B. **A ilusão da igualdade**: Natureza, justiça ambiental e racismo em Belém.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2020.

MOHTAR, W. H. M. W. *et al.* Urban flash flood index based on historical rainfall events. **Sustainable Cities and Society**, v. 56, n. July, p. 102088, 2020.

MOOYA, M. M. **Real Estate Valuation Theory**. Cape Town: Springer, 2016.

MORAES, F. K. C. **O mercado público como equipamento de modernização urbana: O Ver-o-Peso e o Francisco Bolonha em Belém**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2017.

MOREIRA, E. **Belém e sua expressão geográfica**. 1. ed. Belém: EdUFPA, 1989.

MORHY, S. S. **A economia da degradação arquitetônica: o caso do bairro da campina, Belém/PA**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2018.

MORHY, S. S.; LIMA, J. J. F. Degradação Arquitetônica e a Morfologia do bairro da Campina no Centro Histórico de Belém (Pará, Brasil). **Oculum Ensaios**, v. 16, n. 3, p. 503–522, 2019.

MURAKAMI, J.; CHANG, Z. Polycentric development under public leasehold : A spatial analysis of commercial land use rights. **Regional Science and Urban Economics**, v. 71, n. May, p. 25–36, 2018.

MURAKAMI, J.; VILLANI, C.; TALAMINI, G. The capital value of pedestrianization in Asia's commercial cityscape: Evidence from office towers and retail streets. **Transport Policy**, v. 107, n. March, p. 72–86, 2021.

NANDA, A.; XU, Y.; ZHANG, F. How would the COVID-19 pandemic reshape retail real estate and high streets through acceleration of E-commerce and digitalization? **Journal of Urban Management**, n. March, p. 1–15, 2021.

NASE, I.; BERRY, J.; ADAIR, A. Hedonic modelling of high street retail properties: A quality design perspective. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 31, n. 2, p. 160–178, 2013.

NINA, A. S.; SZLAFSZTEIN, C. F. Inundações de 2009 na Amazônia e suas relações com o desenvolvimento sustentável: impactos no produto interno bruto municipal. **GEographia**, v. 20, n. 43, p. 101–123, 2018.

O'ROARTY, B. *et al.* A case-based reasoning approach to the selection of comparable evidence for retail rent determination. **Expert Systems with Applications**, v. 12, n. 4, p. 417–428, 1997.

OBIEFUNA, J. *et al.* Flood Risks to Urban Development on a Coastal Barrier Landscape of Lekki Peninsula in Lagos, Nigeria. **Scientific African**, p. e00787, 2021.

OLIVEIRA NETO, A. *et al.* Coordenação do Comércio Atacadista de Pescado no Mercado

do Ver-o-Peso , em Belém do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 3, p. 483–496, 2016.

ORR, A. M.; DUNSE, N.; MARTIN, D. Time on the market and commercial property prices. **Journal of Property Investment & Finance**, v. 21, n. 6, p. 473–494, 2003.

OSTI, R.; NAKASU, T. Lessons learned from southern and eastern Asian urban floods: from a local perspective. **Journal of Flood Risk Management**, v. 9, p. 22–35, 2016.

ÖZDEMİR, D.; SELÇUK, İ. From pedestrianisation to commercial gentrification : The case of Kadıköy in Istanbul. **Cities**, v. 65, p. 10–23, 2017.

PATHAK, S. *et al.* Social, economic and environmental assessment of urban sub-catchment flood risks using a multi-criteria approach: A case study in Mumbai City, India. **Journal of Hydrology**, v. 591, n. February, p. 125216, 2020.

PAUL, B. K. Flood research in Bangladesh in retrospect and prospect: A review. **Geoforum**, v. 28, n. 2, p. 121–131, 1997.

PAUMGARTTEN, J. V. DO V. V.; MAUÉS, L. M. F.; ROCHA, C. A. A. C. Flooding Risk in Belém (PA) City: The technical and social perception of risk. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 1, p. 333–348, 2021.

PEIXOTO, F. DA S.; STUDART, T. M. DE C.; CAMPOS, J. N. B. Gestão das águas urbanas : questões e integração entre legislações pertinentes. **REGA – Revista de Gestão de Água na América Latina**, v. 13, n. 2, p. 160–174, 2016.

PENTEADO, A. R. Belém do Pará, das origens aos fins do século XVIII. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, v. 3, p. 35–44, 1968.

PEREIRA, C. R. P. Índice de Vulnerabilidade social a inundação como ferramenta de planejamento urbano. XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana. **Anais...** Vitória, Espírito Santo: UFES, 2019.

PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 635–645, 2015.

PONTE, J. P. X. Belém do Pará : cidade e água. **Cadernos**, v. 17, n. 33, p. 41–60, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. CESAR DE. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RAJAPAKSA, D. *et al.* Flood Risk Information , Actual Floods and Property Values : A Quasi-Experimental Analysis. **Economic Record**, v. 92, p. 52–67, 2016.

REILLY, W. J. Methods for the study of retail relationships. **University of Texas Bulletin**, v. Novembro, n. 2944, p. 56, 1929.

REILLY, W. J. **The law of retail gravitation**. 1. ed. New York: William J. Reilly, 1931.

RENIGIER-BIŁOZOR, M.; BIŁOZOR, A.; WISNIEWSKI, R. Rating engineering of real estate markets as the condition of urban areas assessment. **Land Use Policy**, v. 61, p. 511–525, 2017.

REUTERS. **Da China à Alemanha, enchentes expõem a vulnerabilidade ao clima**. Exame, 22 jul. 2021.

RIDLEY, D. **The literature review: a step-by-step guide fo students**. Londres: Sage Publications, 2008.

RILO, A. *et al.* The contribution of historical information to flood risk management in the Tagus estuary. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 25, n. July, p. 22–35, 2017.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M. DA; SARAIVA, J. S. Análise Morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA. IV Congresso Iberoamericano de Estudios territoriales y Ambientales. **Anais...** São Paulo: 2014.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets : Product Differentiation in Pure Competition. **Journal of Political Economy**, v. 82, n. 1, p. 34–55, 1974.

RYFAN. Why Construction Matters. Disponível em:  
<https://www.ryfan.ca/company/construction-connundrum>. Acesso em: 6 ago. 2021.

SADECK, L. W. R.; SOUZA, A. A. DE A.; SILVA, L. DE C. T. DA. Mapeamento das Zonas de Risco às Inundações no Município de Belém – PA . IV Encontro Nacional da Anppas. **Anais...**2012.

SANTOS, C. M. DA S. **O uso da drenagem como método de avaliação de desempenho da ocupação urbana**: uma reflexão sobre a Avenida Augusto Montengero. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2017.

SANTOS, F. A. A. DOS; ROCHA, E. J. P. DA. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso: cidade de Belém. **GeoAmazônia**, v. 2, n. 2, p. 33–55, 2013.

SARGES, M. DE N. DOS S. **Memórias do “Velho” Intendente**: Antônio Lemos - 1869-1973. Tese (Doutorado em História), Universidade Estadual de Campinas, 1998.

SARMAH, T. *et al.* Assessing human vulnerability to urban flood hazard using the analytic hierarchy process and geographic information system. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, n. July 2019, p. 101659, 2020.

SASAKI, M.; YAMAMOTO, K. Hedonic Price Function for Residential Area Focusing on the Reasons for Residential Preferences in Japanese Metropolitan Areas. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 11, n. 39, p. 1–18, 2018.

SCHAEFER, K. A. The effect of floodplain designation/regulations on residential property

values: A case study in North York, Ontario. **Canadian Water Resources Journal**, v. 15, n. 4, p. 319–332, 2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELÉM. **Situação dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais**. Belém: 2020a.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELÉM. **Prognóstico e Alternativas para universalização dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais**. Belém: 2020b.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Tudo sobre ramos de atividades e como escolher o seu**. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigos/home/ramos-de-atividades,8ef89e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SEVTSUK, A. Location and Agglomeration : The Distribution of Retail and Food Businesses in Dense Urban Environments. **Journal of Planning Education and Research**, v. 34, n. 4, p. 374–393, 2014.

SEVTSUK, A. **Street Commerce: Creating Vibrant Urban Sidewalks**. 1. ed. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2020.

SHRUBSOLE, D.; SCHERER, J. Floodplain Regulation and the Perceptions of the Real Estate Sector in Brantford and Cambridge, Ontario, Canada. **Geoforum**, v. 27, n. 4, p. 509–525, 1996.

SOUZA, R. D. P. DE. **Área de Expansão de Belém: Um espaço de múltiplas vivências**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2016.

SUBICA, A. M. *et al.* The geography of crime and violence surrounding tobacco shops , medical marijuana dispensaries , and off-sale alcohol outlets in a large , urban low- income community of color. **Preventive Medicine**, v. 108, p. 8–16, 2018.

SUŠNIK, J. *et al.* Assessment of the effectiveness of a risk-reduction measure on pluvial flooding and economic loss in Eindhoven, the Netherlands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 1619–1628, 2014.

SVETLANA, D.; RADOVAN, D.; JÁN, D. The Economic Impact of Floods and their Importance in Different Regions of the World with Emphasis on Europe. **Procedia Economics and Finance**, v. 34, n. 15, p. 649–655, 2015.

TANG, Y. *et al.* City profile : Ningbo. **Cities**, v. 42, p. 97–108, 2015.

THANVISITTHPON, N. *et al.* Assessment of flood adaptive capacity of urban areas in Thailand. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 81, p. 106363, 2020.

TREVISAN, R. **Avaliação econômica de imóveis**. 1. ed. São Paulo: Ricardo Trevisan, 2017.

TRINDADE JR, S.-C. C. DA. **A Cidade Dispersa: os novos espaços de Assentamentos em**

Belém e a Reestruturação Metropolitana. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, 1998.

TUCCI, C. E. M. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. In: I Seminário de Recursos Hídricos do Centro Oeste. **Anais...**Brasília: 1999Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/aspectos-institucionais-do-controle-das-inundacoes-urbanas.pdf>. Acesso em 02 jul. 2021.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5–27, 2002.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. In: TUCCI, C. E.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Eds.). . **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006.

TUCCI, C. E. M. Urban Waters. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

TUOK, I.; SEELIGER, L.; VISAGIE, J. Restoring the core ? Central city decline and transformation in the South. **Progress in Planning**, v. 144, n. July 2019, p. 100434, 2021.

VAN-ROOIJEN, D. J.; TURRAL, H.; BIGGS, T. W. Sponge city: Water balance of mega-city water use and wastewater use in Hyderabad, India. **Irrigation and Drainage**, v. 54, n. April, p. 81–91, 2005.

VENTURA NETO, R. DA S. **Circuito Imobiliário e Cidade**: Coalizões urbanas e dinâmicas de acumulação do capital no espaço intraurbano de Belém. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, 2012.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WANG, A. Q. *et al.* Urban fringe land use transitions in Hong Kong : from new towns to new development areas. **Procedia Engineering**, v. 198, n. September 2016, p. 707–719, 2017.

WANG, Y. *et al.* Conflict or consensus ? Stakeholders' willingness to participate in China's Sponge City program. **Science of The Total Environment**, v. 769, p. 145250, 2021.

WARD, P. J. *et al.* Coastal inundation and damage exposure estimation: A case study for Jakarta. **Natural Hazards**, v. 56, n. 3, p. 899–916, 2011.

XU, Y. *et al.* Design of sponge city: Lessons learnt from an ancient drainage system in Ganzhou, China. **Journal of Hydrology**, v. 563, n. April, p. 900–908, 2018.

YANG, L.; CHAU, K. W.; CHEN, Y. Impacts of information asymmetry and policy shock on rental and vacancy dynamics in retail property markets. **Habitat International**, v. 111, n. May, p. 102359, 2021.

YOON, H. Interrelationships between retail clusters in different hierarchies, land value and property development: A panel VAR approach. **Land Use Policy**, v. 78, n. July, p. 245–257, 2018.

ZHAI, G.; FUKUZONO, T.; IKEDA, S. Effect of Flooding on Megalopolitan Land Prices : A Case Study of the 2000 Tokai Flood in Japan. **Journal of Natural Disaster Science**, v. 25, n. 1, p. 23–36, 2003.

ZHANG, R. *et al.* An improved spatial error model for the mass appraisal of commercial real estate based on spatial analysis: Shenzhen as a case study. **Habitat International**, v. 46, p. 196–205, 2015.

ZIEGLER, A. D. Reduce urban flood vulnerability Increasing. **Nature**, v. 481, n. 7380, p. 145–145, 2012.

ZILLI, C. A. **Regressão Geograficamente Ponderada aplicada na avaliação em massa de imóveis urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial), Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

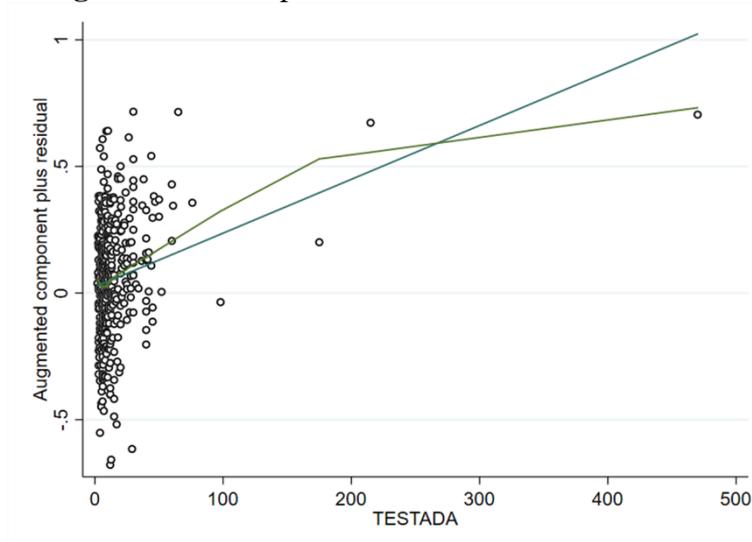
ZOU, Y. Air Pollution and Housing Prices across Chinese cities. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 145, n. 4, p. 04019012, 2019.

ZULKARNAIN, S. H. *et al.* A review of climate change (Floods) and economic attributes response to residential property value in Malaysia. **Journal of Water and Climate Change**, v. 11, n. 4, p. 1084–1094, 2020.

## APÊNDICE A – ANÁLISE GRÁFICA

As Figuras A.01-A.04 apresentam os comportamentos das variáveis imobiliárias, locais e ambientais contínuas, respectivamente. A Figura A.01 ilustra o comportamento da variável *TESTADA* em  $M_0$ , que apresenta comportamento linear com, com exceção de duas observações extremas que modificam a direção de sua projeção.

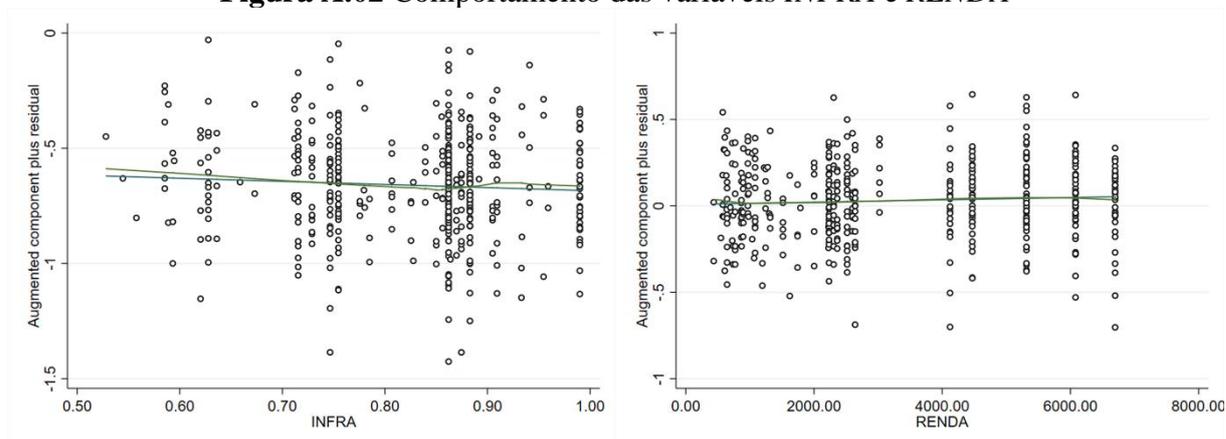
**Figura A.01** Comportamento da variável *TESTADA*



Fonte: Elaborado pelo autor.

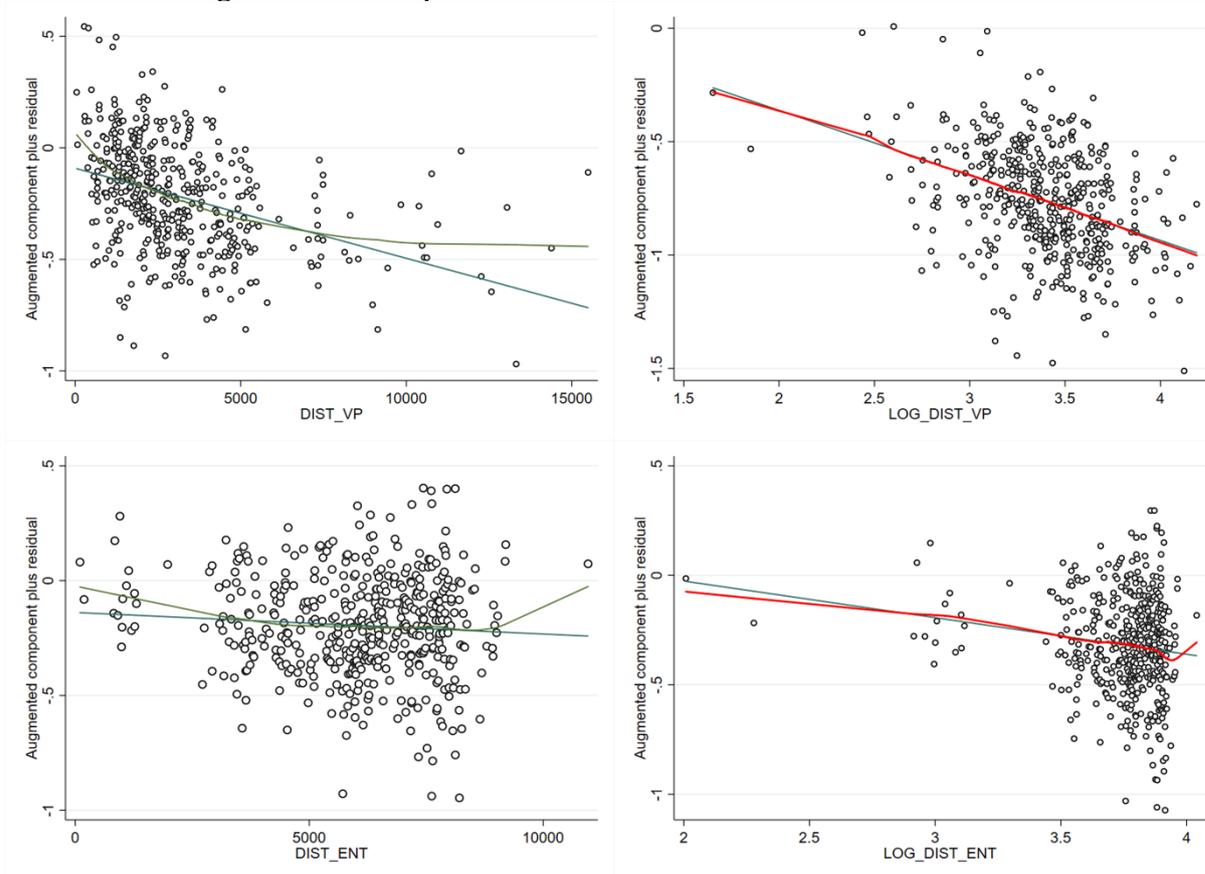
A Figura A.02 ilustra o comportamento linear das variáveis censitárias, não sendo necessário transformá-las. Por outro lado, as variáveis de aproximação (Figura A.03) apresentaram comportamento essencialmente logarítmico. Após a logaritmação das distâncias até o mercado do Ver-o-Peso (*LOG-DIST\_VP*) e até o Entroncamento (*LOG-DIST\_ENT*), observou-se uma tendência de comportamento linear.

**Figura A.02** Comportamento das variáveis *INFRA* e *RENDA*



Fonte: Elaborado pelo autor.

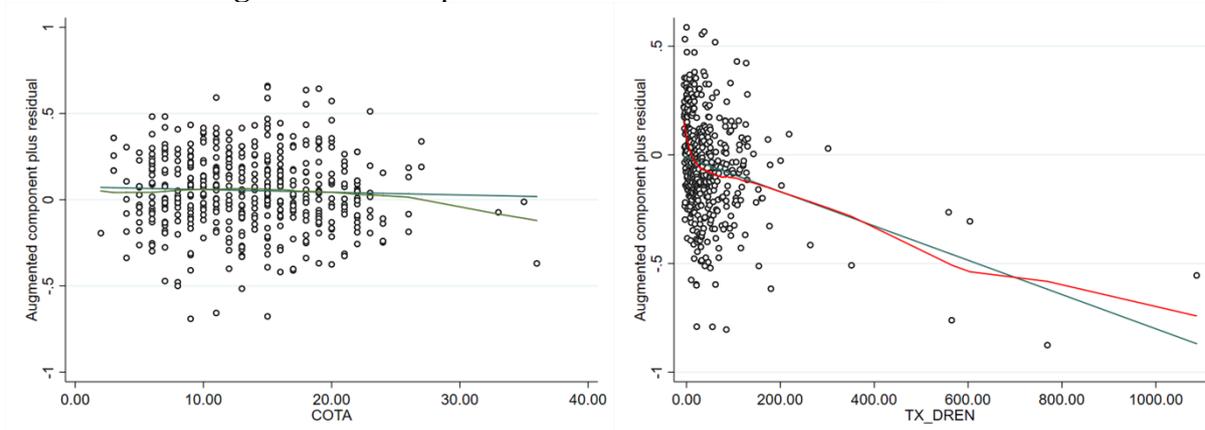
**Figura A.03** Comportamento das variáveis *DIST-VP* e *DIST-ENT*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às variáveis ambientais (Figura A.04), não foi necessário realizar transformações em virtude do aspecto aparentemente linear dos regressores *COTA* e *TX\_DREN*.

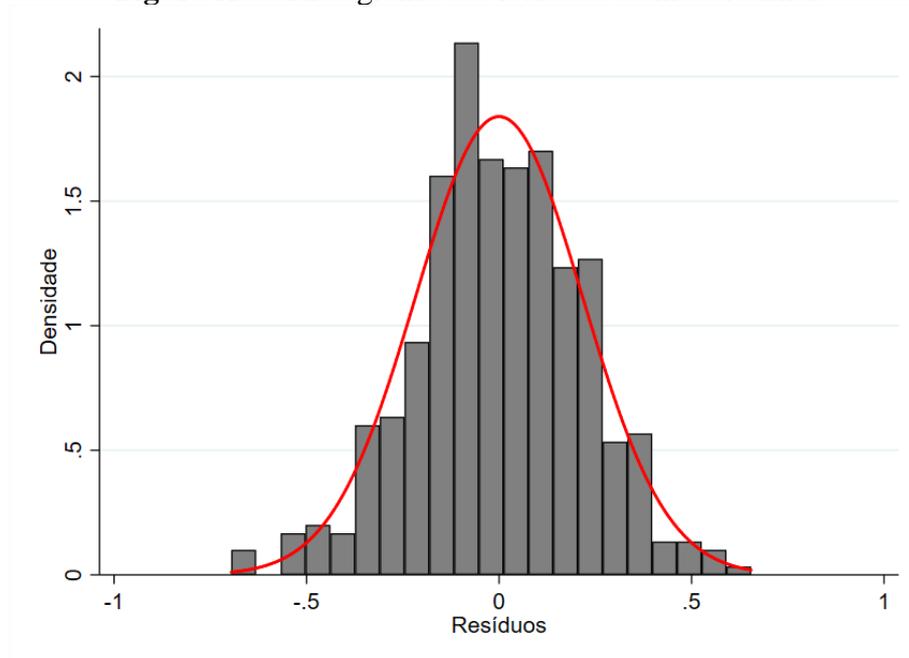
**Figura A.04** Comportamento das variáveis *COTA* e *TX\_DREN*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao ajuste dos resíduos do modelo econométrico final, destaca-se pela Figura A.05 a distribuição dos resíduos semelhante à curva gaussiana. Essa condição corrobora com o atendimento ao pressuposto da normalidade indicada pelo teste de Shapiro-Wilk.

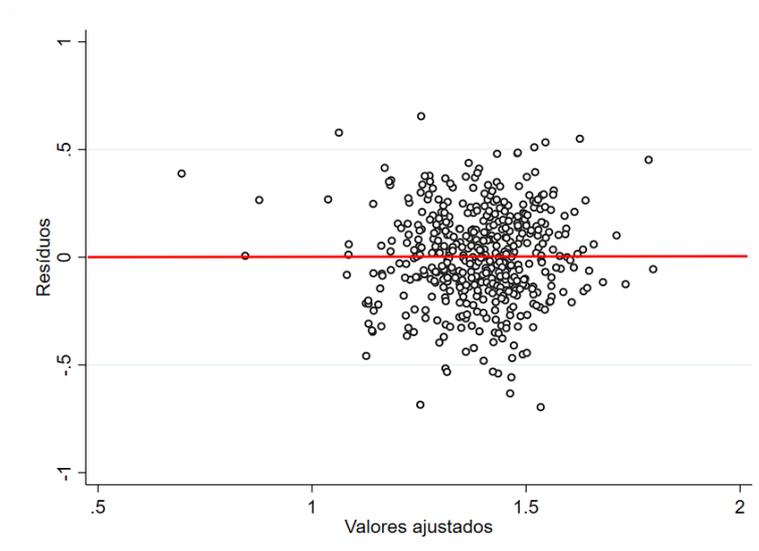
**Figura A.05** Histograma dos resíduos do modelo final



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, a dispersão dos resíduos (Figura A.06) não demonstrou padrões de comportamento, assumindo que os resíduos não possuem relação entre si.

**Figura A.06** Dispersão dos resíduos do modelo final



Fonte: Elaborado pelo autor.