



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDERSONN MAGALHÃES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE REGULAÇÃO DOS
USO DO SOLO, PREÇOS IMOBILIÁRIOS E MOBILIDADE URBANAS**

Recife

2024

ANDERSONN MAGALHÃES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE REGULAÇÃO DOS
USO DO SOLO, PREÇOS IMOBILIÁRIOS E MOBILIDADE URBANAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de concentração: Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade.

Recife

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

O48m Oliveira, Andersonn Magalhães de.
Metodologia para análise das relações entre regulação dos uso do solo, preços imobiliários e mobilidade urbanas / Andersonn Magalhães de Oliveira. – 2024.
167 f.: il., fig., quad., gráf., tab., abrev., siglas e símbolos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2024.
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia civil. 2. Políticas de regulação urbanística. 3. Mobilidade.
4. Valores imobiliários. 5. Desenvolvimento urbano. I. Andrade, Maurício Oliveira de (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2024-18

ANDERSONN MAGALHÃES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE REGULAÇÃO DOS
USO DO SOLO, PREÇOS IMOBILIÁRIOS E MOBILIDADE URBANAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Aprovada em 06/02/2024.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria Leonor Alves Maia (examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Márcia Rejane Oliveira Barros Carvalho Macedo (examinadora externa)
Universidade de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Yara Cristina Labronici Baiardi (examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira (examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco

participação por videoconferência
Prof. Dr. Anísio Brasileiro de Freitas Dourado (examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus pais, pela base sólida, à minha irmã, pelo apoio constante, e aos meus sobrinhos, fonte inesgotável de alegria. Este trabalho é dedicado à minha família, cujo amor e suporte tornaram possível esta jornada acadêmica

AGRADECIMENTOS

À medida que concluo esta etapa significativa da minha jornada, é com profunda gratidão que expresso meus agradecimentos a cada pessoa que contribuiu para o meu percurso acadêmico.

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja orientação e graça foram a luz que guiou cada passo desta jornada.

A minha mãe Marineide, alicerce da minha vida, ao meu pai Arnaldo, agradeço o apoio constante. Cada conquista é compartilhada, e cada desafio é superado com a certeza de que sou abençoado por tê-los ao meu lado.

À minha querida irmã Bella e aos meus adoráveis sobrinhos João, Luiz e Bárbara, agradeço por serem fontes de alegria e inspiração. Suas risadas e abraços tornaram os dias mais luminosos.

À minha amada avó Zezé, tias, primos e primas, expresso minha gratidão pela rede de apoio familiar que moldou minha trajetória. Cada momento compartilhado é um tesouro que levo no coração.

Aos dedicados professores que, com sabedoria e paciência, compartilharam conhecimento, moldando meu pensamento e visão de mundo, meu sincero agradecimento. Em especial ao meu orientador Maurício e ao professor Rubens Dantas, seus ensinamentos são um legado que levo comigo.

Aos amigos do curso e outros queridos - Izabella Bernardino, Diego Alves, Diogo Alves, Diego Andrade, Gabriel Oliveira, Lucas Lima, Ítalo, Marllon, Marcos Vinícius, Paulo Henrique, Renato Rodrigues e Tita - agradeço a amizade verdadeira e apoio mútuo que nos fortaleceu ao longo do caminho.

À Escola Politécnica de Pernambuco, agradeço aos professores Márcia e Fernando Botelho pela orientação valiosa. À Prefeitura do Recife, Hélio e Ana, pelo suporte fundamental na fase de coleta de dados. À Prefeitura de Santa Cruz do Capibaribe, meus agradecimentos a Manoel, Janaína e Gustavo. Cada uma dessas instituições apoiou a minha formação, e sou grato pelas contribuições.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“O espaço, como realidade, é uno e total. É por isso que a sociedade como um todo atribui, a cada um dos seus movimentos, um valor diferente a cada fração do território” (SANTOS, 2008, p. 85).

RESUMO

O desenvolvimento urbano, caracterizado por desafios como congestionamentos, altas densidades construtivas e poluição, exige a implementação de princípios sustentáveis. A integração entre infraestrutura de transportes e desenvolvimento urbano, focando em mobilidade se faz essencial (CERVERO, 2013). No Recife, a Lei dos Doze Bairros, buscou controlar a verticalização e a densidade residencial, impactando indiretamente a mobilidade (LACERDA, 2018). Duas décadas depois, é relevante ter uma abordagem para examinar seus efeitos no adensamento e benefícios para a mobilidade. Esta tese propõe desenvolver uma metodologia para investigar as relações entre a regulação urbanística e a mobilidade urbana, visando identificar padrões e variáveis que influenciam os preços imobiliários. A metodologia envolve geração de variáveis de mobilidade por geoprocessamento, levantamento de variáveis relevantes da literatura, análise exploratória de gráficos e mapas, seguida por análise bivariada e modelagem por regressão, inicialmente com variáveis tradicionais e, em seguida, com a inclusão de variáveis de mobilidade sustentável. Os resultados da aplicação da abordagem proposta apontaram que a política regulatória impactou positivamente a diversidade do uso do solo, mas de forma não homogênea. Houve aumentos pontuais da preferência por transporte público, porém a política não diminuiu as viagens motorizadas nem impulsionou viagens ativas. O modelo de regressão capturou algumas variáveis de mobilidade como significantes na explicação da variação de preços, embora tenha apresentado resultados inesperados, como a desvalorização próxima a paradas de ônibus. Em síntese, o emprego dessa estratégia apontou que a política dos Doze Bairros apresentou limitações na eficiência e homogeneidade de seus objetivos, mas promoveu alterações na mobilidade e uso do solo. Por fim, esta Tese inova ao abordar um método que incorpora variáveis de indicadores mobilidade geradas por SIG, apesar de limitações na generalização de certas variáveis. Recomenda-se expandir o escopo geográfico e incluir mais variáveis para aprimorar o modelo em estudos futuros. Esta Tese preenche lacunas ao apresentar ferramentas para avaliação de políticas de regulação urbanística, mobilidade e seus efeitos nos valores imobiliários.

Palavras-chave: políticas de regulação urbanística; mobilidade; valores imobiliários; desenvolvimento urbano.

ABSTRACT

Urban development, characterized by challenges such as congestion, high building densities, and pollution, demands the implementation of sustainable principles. The integration between transportation infrastructure and urban development, focusing on mobility, is essential (CERVERO, 2013). In Recife, the Twelve Neighborhoods Law sought to control verticalization and residential density, indirectly impacting mobility (LACERDA, 2018). Two decades later, it is relevant to have an approach to examine its effects on densification and benefits for mobility. This thesis proposes to develop a methodology to investigate the relationships between urban regulation and urban mobility, aiming to identify patterns and variables that influence real estate prices. The methodology involves generating mobility variables through geoprocessing, surveying relevant variables from the literature, exploratory analysis of graphs and maps, followed by bivariate analysis and regression modeling, initially with traditional variables and then with the inclusion of sustainable mobility variables. The results of applying the proposed approach indicated that regulatory policy positively impacted land use diversity but not uniformly. There were localized increases in preference for public transportation; however, the policy did not decrease motorized trips nor boost active trips. The regression model captured some mobility variables as significant in explaining price variation, although it yielded unexpected results, such as devaluation near bus stops. In summary, the use of this strategy indicated that the Twelve Neighborhoods policy had limitations in the efficiency and homogeneity of its objectives but promoted changes in mobility and land use. Finally, this thesis innovates by addressing a method that incorporates mobility indicator variables generated by GIS, despite limitations in generalizing certain variables. It is recommended to expand the geographical scope and include more variables to improve the model in future studies. This thesis fills gaps by presenting tools for evaluating urban regulation policies, mobility, and their effects on real estate values.

Keywords: urban regulation policies; mobility; real estate values; urban development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|---|-----|
| Quadro 1 – | Artigos analisados e as metodologias aplicadas em suas análises sobre desenvolvimento urbano sustentável | 52 |
| Figura 1 – | Fluxograma dos processos metodológicos | 72 |
| Quadro 2 – | Quadro resumo das operações para obtenção das variáveis de mobilidade | 75 |
| Figura 2 – | Mapa dos Doze Bairros, Recife (PE). | 84 |
| Gráfico 1 – | Gráfico de setores (a) dos dados utilizados; (b) da distribuição temporal da amostra. | 94 |
| Quadro 3 – | Quadro resumo das variáveis obtidas, geradas e analisadas, com respectivas descrições e observações | 95 |
| Figura 3 – | Mapa temático das linhas e paradas de ônibus..... | 100 |
| Figura 4 – | Mapa temático das vias principais, parques e praças..... | 101 |
| Figura 5 – | Mapa temático dos índices de densidade de quadras..... | 101 |
| Figura 6 – | Mapa temático dos índices Alpha..... | 102 |
| Figura 7 – | Mapa temático da verticalização nos Doze Bairros, ano 2012. | 103 |
| Figura 8 – | Mapa temático da verticalização nos Doze Bairros, ano 2021. | 103 |
| Figura 9 – | Mapa temático das distâncias percorridas no ano de 1997..... | 104 |
| Figura 10 – | Mapa temático das distâncias percorridas no ano de 2018..... | 104 |
| Figura 11 – | Mapa temático dos modos de viagem no ano de 1997..... | 105 |
| Figura 12 – | Mapa temático dos modos de viagem no ano de 2018..... | 105 |
| Figura 13 – | Mapa temático da evolução das atividades mercantis nos anos (a) 2000, (c) 2010 e (e) 2020. Além da densidade populacional nos anos (b) 2000, (d) 2010 e (f) 2020..... | 107 |
| Figura 14 – | Mapa temático da diversidade do uso do solo, ano 2012..... | 108 |
| Figura 15 – | Mapa temático da diversidade do uso do solo, ano 2021..... | 108 |
| Figura 16 – | Mapa temático da evolução da entropia..... | 109 |
| Figura 17 – | Mapa temático da evolução da dissimilaridade..... | 109 |
| Figura 18 – | Mapa temático da distribuição espacial dos dados de valores. | 110 |
| Figura 19 – | Mapa temático dos preços no ano 2000..... | 111 |
| Figura 20 – | Mapa temático dos preços no ano 2010..... | 111 |
| Figura 21 – | Mapa temático dos preços no ano 2020..... | 112 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gráfico 2 – | Resultado das análises das variáveis comparadas temporalmente por gráfico Box-Plot | 114 |
| Gráfico 3 – | Resultado das análises dos resíduos do modelo com variáveis tradicionais. (a) homocedasticidade dos resíduos padronizados, (b) gráfico Q-Q e (c) distribuição de frequências | 119 |
| Gráfico 4 – | Resultado das análises dos resíduos do modelo com variáveis de mobilidade. (a) homocedasticidade dos resíduos padronizados, (b) gráfico Q-Q e (c) distribuição de frequências..... | 125 |
| Figura 9 – | Mapa de calor da matriz de correlações | 126 |
| Gráfico 5 – | Gráfico de valores observados versus ajustados..... | 127 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabela 1 – | Resumo dos parâmetros urbanísticos do Anexo 6 da Lei RECIFE (2001) | 90 |
| Tabela 2 – | Síntese das estatísticas descritivas analisadas | 99 |
| Tabela 3 – | Resultados dos testes de Kruskal-Wallis | 113 |
| Tabela 4 – | Distribuição de viagens totais geradas por zonas de tráfego... | 116 |
| Tabela 5 – | Resultados dos testes VIF, modelo com variáveis tradicionais | 117 |
| Tabela 6 – | Resultados dos testes ANOVA, modelo com variáveis tradicionais | 117 |
| Tabela 7 – | Resultados do modelo com variáveis tradicionais..... | 118 |
| Tabela 8 – | Resultados dos testes formais de normalidade com variáveis tradicionais..... | 119 |
| Tabela 9 – | Resultados dos testes formais de homocedasticidade com variáveis tradicionais | 120 |
| Tabela 10 – | Resultados dos testes VIF, modelo com variáveis de mobilidade..... | 122 |
| Tabela 11 – | Resultados dos testes ANOVA, modelo com variáveis de mobilidade..... | 123 |
| Tabela 12 – | Resultados do modelo com variáveis de mobilidade | 124 |
| Tabela 13 – | Resultados dos testes formais de normalidade com variáveis de mobilidade | 126 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------------|---|
| <i>et al.</i> | e outros |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| Af | Afastamento da frente do terreno |
| Afu | Afastamento do fundo do terreno |
| Al | Afastamentos das laterais do terreno |
| CBIC | Câmara Brasileira da Indústria da Construção |
| CUB | Custo Unitário Básico |
| ESIG | Informações Geográficas do Recife |
| FGV | Fundação Getúlio Vargas |
| GIS | Geographic Information System |
| Gm | Gabarito máximo |
| GTWR | Regressão Ponderada Geograficamente e Temporalmente |
| GWR | Regressão Ponderada Geograficamente |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ICPS | Instituto da Cidade Pelópidas Silveira |
| MCRL | Modelo Clássico de Regressão Linear |
| NBR | Norma Brasileira |
| OD | Origem-Destino |
| ODS | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| pavtos. | Pavimentos |
| PCR | Prefeitura da Cidade do Recife |
| SIG | Sistemas de Informações Geográficas |
| SIRGAS | Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |
| SPRs | Setores de Preservação Rigorosa |
| SRU | Setor de Reestruturação Urbana |
| TSN | Taxa de solo natural do terreno |
| UTM | Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator |
| VIF | Fator de Inflação de Variância |
| ZEPHs | Zonas Especiais de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural |
| ZT | Zona de Tráfego |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|--|
| R\$ | Real brasileiro |
| \$ | Dólar |
| % | Porcentagem |
| μ | Coeficiente de utilização do terreno |
| A | Área |
| E | Operador esperança ou expectativa matemática |
| α | Índice Alpha |
| δ | Índice de dissimilaridade |
| ε | Índice de entropia |
| ε_i | Termo do erro |
| ρ | Densidade |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | HIPÓTESE DA PESQUISA..... | 19 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 20 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 20 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 20 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 21 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA TESE | 24 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 25 |
| 2.1 | MOBILIDADE NO CONTEXTO URBANO..... | 25 |
| 2.1.1 | Introdução à Mobilidade no Contexto Urbano..... | 26 |
| 2.1.2 | A Necessidade de Políticas de Mobilidade nas Cidades..... | 28 |
| 2.1.3 | Acessibilidade em Escalas Urbanas e os 5 D's | 31 |
| 2.1.4 | Estratégias Bem-Sucedidas em Cidades | 35 |
| 2.2 | A REGULAÇÃO URBANÍSTICA E O DESENVOLVIMENTO URBANO..... | 45 |
| 2.2.1 | Instrumentos de Planejamento e Regulação do Uso do Solo.. | 46 |
| 2.2.2 | Revisão sobre a Eficácia da Legislação e do Planejamento | 49 |
| 2.2.3 | Vínculos entre Planejamento Urbano, Transporte e Mercado Imobiliário | 55 |
| 2.3 | INFRAESTRUTURA URBANA E VALORES IMOBILIÁRIOS..... | 56 |
| 2.3.1 | Modelos Imobiliários e Variáveis Tradicionais..... | 56 |
| 2.3.2 | Influência de Infraestruturas Urbanas nas Propriedades | 59 |
| 2.3.3 | Políticas Urbanas e Efeitos nos Preços Imobiliários | 62 |
| 2.3.4 | Iniciativas de Políticas Urbanas e de Mobilidade com efeitos nos Preços Imobiliários | 65 |
| 3 | MÉTODOLOGIA | 72 |
| 3.1 | COLETA DE DADOS | 72 |
| 3.1.1 | Preços de Imóveis | 73 |
| 3.1.2 | Cadastrais | 73 |
| 3.1.3 | Espaciais | 73 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.1.4 | Origem-Destino | 74 |
| 3.2 | LEVANTAMENTO DAS VARIÁVEIS RELEVANTES | 74 |
| 3.3 | GERAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE MOBILIDADE | 75 |
| 3.4 | ANÁLISES EXPLORATÓRIAS | 78 |
| 3.4.1 | Análise Espacial | 79 |
| 3.5 | ANÁLISES INFERENCIAIS | 80 |
| 3.5.1 | Análise Bivariada | 80 |
| 3.5.2 | Modelos de Regressão Linear | 80 |
| 4 | RESULTADOS | 83 |
| 4.1 | ESTUDO DE CASO | 83 |
| 4.1.1 | História e Implementação da Lei dos Doze Bairros | 83 |
| 4.1.2 | Apresentação dos Dados | 93 |
| 4.1.3 | Apresentação das Variáveis | 94 |
| 4.1.4 | Análises Descritivas e Espaciais | 98 |
| 4.1.5 | Análises Bivariadas e Comparação | 112 |
| 4.1.6 | Modelagem com Variáveis Tradicionais | 116 |
| 4.1.7 | Modelagem com Variáveis de Mobilidade | 121 |
| 5 | CONCLUSÕES | 132 |
| | REFERÊNCIAS | 137 |
| | APÊNDICE A – GRÁFICOS DE DISPERSÃO DAS VARIÁVEIS | 166 |

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano no Brasil e no mundo está intrinsecamente ligado a externalidades negativas que comprometem a mobilidade. Os congestionamentos, as altas densidades construtivas, a impermeabilização do solo e a poluição do ar representam desafios significativos (CORREIA e ROSELAND, 2022). Esses problemas se acentuam em países em rápido processo de urbanização, como a China e a África do Sul (SHEN *et al.*, 2017). Para mitigar esses desafios, estratégias de desenvolvimento, envolvendo energias renováveis, tecnologias inovadoras e soluções inteligentes, precisam ser implementadas (BLUMS, 2022).

Os determinantes do crescimento urbano no Brasil, como a migração da população rural, a conectividade dos transportes e a educação, desempenham um papel crucial na formação do desenvolvimento urbano (MATA *et al.*, 2005). A gestão eficaz da poluição atmosférica, incluindo a internalização da poluição industrial e a regulação das emissões, é essencial (REGNIER e LEGRAS, 2014). Modelos integrados de desenvolvimento urbano e regeneração urbana, com abordagens estratégicas e parcerias público-privadas, são fundamentais para abordar essas questões (RĂDULESCU, 2014).

No contexto brasileiro, a rápida urbanização tem gerado desafios adicionais, incluindo desigualdades, transporte público precário e falta de infraestrutura sanitária (DINIZ e VIEIRA, 2016; SANDRONI, 2011). Esses problemas são agravados por elevadas densidades construtivas e impermeabilização do solo, contribuindo para congestionamentos, alagamentos e poluição atmosférica (AULICINO, 2008). O legado de desigualdades e negligência dificulta os esforços para superar esses desafios (MARTINE e MCGRANAHAN, 2013). Embora haja uma estrutura legal para promover o desenvolvimento urbano no Brasil, a falta de dados e o foco na adaptação, em vez de mitigação, continuam sendo obstáculos significativos (LEAL *et al.*, 2022; SOTTO *et al.*, 2019). Apesar desses desafios, é evidente a necessidade de implementar princípios e indicadores nas áreas urbanas para promover o desenvolvimento almejado (COSTA, 2003).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam uma abordagem global para enfrentar trajetórias insustentáveis, especialmente destacando o ODS 11, que focaliza na criação de "Cidades Sustentáveis e Resilientes". No entanto, Koche e Krellenberg (2018) ressaltam que a aplicação

desses objetivos no nível local requer um processo contínuo, adaptando-se para lidar com desafios específicos. Weymouth e Hartz-Karp (2018) enfatizam a importância de uma abordagem democrática na implementação dos ODS nas cidades, sublinhando o papel crítico da governança e dos processos de tomada de decisão.

A pandemia da Covid-19 intensificou a necessidade de considerar os desafios globais, destacando a importância do ODS 11 (KRELLENBERG e KOCH, 2021). Lami *et al.* (2023) propõem indicadores adicionais para monitorar o ODS 11, com foco em áreas como habitação acessível e urbanização inclusiva. Em consonância, a abordagem de Holt (2014), que destaca a transição do conceito de desenvolvimento sustentável para cidades resilientes, e emerge como um elemento importante na consideração desses desafios. Paralelamente, ferramentas de avaliação, como o Índice de Prosperidade Urbana, indicadas por Arslan *et al.* (2016), desempenham um papel auxiliar na transformação de bairros em centros históricos urbanos, estabelecendo uma ponte eficaz entre a teoria global dos ODS e sua aplicação prática.

A relação entre transportes e desenvolvimento urbano é complexa e abrangente, sendo necessária uma abordagem mais integrada ao planejamento (HAAG e GRUETZMANN, 2001; DIMITRIOU, 2011; SANGARADASSE e ESWARI, 2019). A estratégia tradicional de fornecer espaço para acomodar o tráfego crescente já não é viável, necessitando de uma mudança para sistemas de transporte mais sustentáveis e eficientes (CAO *et al.*, 1998; LEGACY, 2017). Isso requer repensar o papel do planejamento dos transportes na transformação do desenho urbano e do ambiente (JONES, 2014; HOOPER, 1968; CERVERO, 2013). A integração da infraestrutura de transportes e do desenvolvimento urbano é fundamental para esse processo, com foco na mobilidade sustentável e nos investimentos na infraestrutura das cidades (CERVERO, 2013).

Uma variedade de instrumentos e estratégias são utilizados por planejadores urbanos para equilibrar a demanda e oferta de transportes e de espaços de circulação. Isso inclui a gestão indireta da demanda de viagens, a recriação das ruas e a promoção de destinos com multiatividades (WEN *et al.*, 2019). A coordenação de toda a cadeia de deslocamentos por meio de instrumentos como Bike & Ride e Park & Ride, assim como o compartilhamento de carros e agências de transporte urbano, também desempenham seu papel (KAUF, 2010). Estratégias de gestão da demanda de transporte, como o redesenho do espaço viário e melhorias no transporte público, são especialmente eficazes no descongestionamento das cidades e melhoria da

mobilidade (MITTAL e BISWAS 2019). No entanto, a eficácia dessas estratégias depende da capacidade dos planejadores urbanos de equilibrar os custos sociais, fiscais e ambientais. O uso de modelos de transporte como ferramentas para avaliar estratégias de redução de viagens de veículos, incluindo aquelas que envolvem a reorganização e uso do solo urbano, também se mostram como fundamentais (SOUTHWORTH, 1995). Além disso, o papel das regulamentações locais e leis de zoneamento na criação e perpetuação do desenvolvimento e crescimento de baixa densidade não deve ser negligenciado (LEVINE, 2005). A inclusão da otimização das densidades e a identificação de condições podem criar maior valor para a cidade, essenciais para regular a densificação urbana (TELLER, 2021).

Durante os processos de planejamento, como na elaboração de planos diretores ou na atualização das leis de uso e ocupação do solo, assim como do código de edificações, o gestor municipal tem a opção de buscar reverter concentrações excessivas em determinadas áreas que possam distorcer o crescimento urbano. Esse ajuste pode ser efetuado por meio de intervenções nas regulações urbanísticas.

Entretanto, a eficácia dessas intervenções para promover o desenvolvimento equitativo e sustentável é complexa. Embora possam concentrar o crescimento urbano e fomentar o desenvolvimento compacto (ZHAO, 2011), é crucial considerar o planejamento a longo prazo para um desenvolvimento urbano (NÆSS, 2001). A integração dos regulamentos de zoneamento à dinâmica do uso do solo também desempenha um papel importante nesse processo (DOMINGO *et al.*, 2021). É relevante destacar que o desempenho dessas estratégias pode ser influenciado por contextos políticos e institucionais (ZHAO, 2009).

No Recife, a percepção desse processo de excessiva concentração da verticalização de imóveis residenciais ocorreu em 2001. A observação da necessidade de controlar a ocupação residencial e a verticalização, que causavam congestionamentos e restrições nos serviços básicos, levou à criação da Lei dos Doze Bairros pela prefeitura (RECIFE, 2001). Essa legislação buscou reduzir o potencial de área construída verticalizada e proibir o remembramento de lotes que facilitavam essa possibilidade. Embora, inicialmente, a Lei não tivesse como objetivo primário melhorar a mobilidade, sua implementação ao longo dos anos poderia trazer benefícios significativos nessa área (LACERDA, 2018).

Dois décadas após a implementação da Lei, é relevante se possuir uma abordagem para examinar as suas influências no controle do adensamento residencial

e nos benefícios indiretos associados à mobilidade, como o uso misto do solo (medido por índice de entropia), acessibilidade ao transporte público e aumento do transporte ativo.

Esta tese busca propor uma metodologia para análise da relação entre a atratividade de uma área expressa pelos seus valores imobiliários e o alcance das regulamentações urbanísticas em influenciar parâmetros reconhecidos na literatura como indutores positivos da mobilidade (CERVERO e KOCKELMAN, 1997; LOO e DU VERLE, 2017; DEGHANMONGABADI e HOŞKARA, 2020).

Nesse contexto, a pergunta central que guia esta Tese é a seguinte: "Como analisar as relações entre as políticas de regulação urbanística e os preços imobiliários, considerando os aspectos da mobilidade?". Esta indagação direciona a metodologia e a análise empírica, possibilitando a organização de uma estratégia que possibilite uma compreensão aprofundada dos mecanismos que conectam a regulação urbanística às dinâmicas de preços imobiliários, contemplando os atributos da mobilidade.

Espera-se que os resultados deste estudo ofereçam informações valiosas para pesquisadores, tomadores de decisão e profissionais do setor imobiliário que buscam aprofundar sua compreensão sobre o impacto das políticas urbanas nos preços dos imóveis e no desenvolvimento das cidades.

1.1 HIPÓTESE DA PESQUISA

Com base na pergunta central da tese, que indaga sobre como analisar as relações entre as políticas de regulação urbanística e os preços imobiliários, considerando os aspectos da mobilidade, a hipótese desta Tese se formula da seguinte maneira: Ao empregar uma abordagem metodológica que integre técnicas analíticas, junto com dados espaciais urbanos e de mobilidade, será possível identificar padrões e variáveis de indicadores urbanos e de mobilidade que exercem influência sobre os preços imobiliários.

Além disso, se busca aplicar empiricamente essa metodologia para o caso da Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001), contribuindo para a evidência da aplicabilidade dessa estratégia de análise.

1.2 OBJETIVOS

A presente tese visa organizar um processo de análise da interação entre regulação urbanística, preços imobiliários e mobilidade urbana por meio do desenvolvimento de uma metodologia inovadora. O objetivo geral é desenvolver uma abordagem analítica que permita investigar essas relações de forma abrangente e integrada, utilizando técnicas e dados espaciais urbanos e de mobilidade. Os objetivos específicos delineados compreendem desde a identificação de variáveis relevantes até a construção de modelos para compreender as influências mútuas entre políticas de regulação urbanística, mobilidade e valores imobiliários. Nesta seção, são apresentados os objetivos mais específicos da pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia para investigar as relações entre a regulação do uso do solo, os preços imobiliários e a mobilidade urbana, integrando técnicas analíticas e dados espaciais urbanos e de mobilidade, visando identificar padrões e variáveis que influenciam significativamente os preços imobiliários.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar variáveis relevantes ao fenômeno, integrar dados e gerar variáveis de mobilidade sustentável via SIG com base na literatura e nos dados disponíveis;
- b) Conduzir análises exploratórias, usando técnicas descritivas e espaciais, para mapear e compreender inicialmente a influência das políticas de regulação urbanística sobre a mobilidade;
- c) Realizar análises inferenciais, como análises bivariadas e modelagem por regressão linear, para explorar e identificar as relações e padrões dos dados, visando analisar a influência das políticas de regulação urbanística nos valores imobiliários;
- d) Desenvolver um modelo de regressão linear que contemple as variáveis tradicionais e aquelas relacionadas à mobilidade, com o objetivo de

possibilitar a compreensão das influências mútuas desses fatores nos valores imobiliários.

1.3 JUSTIFICATIVAS

A relevância desta pesquisa reside na proposição de uma metodologia para análise de três dimensões que se relacionam entre si, a regulação urbanística, a mobilidade e os preços imobiliários, o que atende a necessidade de compreender os efeitos da regulação de construções e de uso do solo no contexto do planejamento da mobilidade. À medida que as cidades continuam a enfrentar desafios complexos relacionados ao crescimento populacional e à urbanização, a busca por soluções que promovam o desenvolvimento e a equidade social está se tornando uma prioridade global.

Nesse sentido, possuir uma estratégia para se compreender como políticas específicas, como é o caso da Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001), influenciam os preços imobiliários é essencial para informar e orientar futuras iniciativas de planejamento urbano que visem promover comunidades mais atrativas, resilientes, inclusivas e ecologicamente sustentáveis.

Em um contexto global de conscientização crescente sobre as questões ambientais e socioeconômicas enfrentadas pelas cidades, compreender como intervenções específicas no planejamento urbano, a partir de uma abordagem sólida, pode contribuir para a mitigação desses problemas é de suma importância.

Além disso, a relevância desta pesquisa é evidenciada pela crescente importância de avaliação de políticas públicas que incentivem práticas de mobilidade sustentável e desenvolvimento urbano equilibrado, a exemplo da ODS 11.

Estudos anteriores indicam que políticas urbanas bem implementadas desempenham um papel vital na promoção de comunidades mais inclusivas e equitativas (GLAESER *et al.*, 2010). Políticas regulatórias eficazes podem desempenhar um papel significativo na redução das emissões de carbono e na melhoria da eficiência energética e do uso do solo, promovendo cidades mais sustentáveis (CERVERO e KOCKELMAN, 1997).

Políticas governamentais que promovem práticas de desenvolvimento sustentável podem ter efeitos diretos nos preços dos imóveis, influenciando as

decisões de investimento e os padrões de valores do mercado imobiliário (DENG *et al.*, 2013).

Promover um processo que possibilite compreender como essa legislação impacta os preços imobiliários pode oferecer achados valiosos para governos locais, urbanistas e atores do setor imobiliário, permitindo a formulação de estratégias mais eficazes para o desenvolvimento de comunidades urbanas valorizadas, resilientes e sustentáveis.

Por fim, a relevância desta tese estende-se à inovação e à aplicabilidade prática de sua abordagem. Ao apresentar uma metodologia inovadora, este trabalho não apenas enriquece a compreensão das dinâmicas urbanas e de mobilidade, mas também se destaca por sua simplicidade conceitual e de fácil adaptabilidade. A simplicidade dessa abordagem não compromete sua eficácia; ao contrário, proporciona uma ferramenta acessível e compreensível, mesmo para contextos distintos.

Essa característica torna a tese não apenas valiosa para a região e a cidade cujo método foi aplicado, mas também para outras áreas urbanas, facilitando a criação de técnicas mais acessíveis, práticas e generalistas. Assim, esta tese contribui significativamente para a construção de um conjunto de ferramentas amplamente aplicáveis na avaliação de políticas públicas urbanas e de mobilidade, fomentando uma abordagem mais eficiente no desenvolvimento de estratégias para o planejamento urbano e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Esta pesquisa contribui, assim, para o desenvolvimento de estratégias de investimento mais informadas e alinhadas com os princípios de desenvolvimento urbano sustentável.

A literatura que aborda a influência das políticas de regulação do uso do solo na mobilidade e nos valores imobiliários revela lacunas substanciais e a falta de ferramentas de apoio à formulação de políticas (SILVA, 2006). Essa deficiência é agravada pela necessidade de uma avaliação mais rigorosa dos impactos dos sistemas de transporte no uso da terra e nos valores das propriedades (STOKENBERGA, 2014). Alipour (2023) destaca que a integração de outros elementos nos modelos de uso do solo e de transporte é uma área de pesquisa pouco desenvolvida.

A criação de planos de mobilidade, com medidas e indicadores diversos, é crucial para atingir metas de desenvolvimento (SA, 2010; BRČIĆ *et al.*, 2017).

Entretanto, a variação na implementação desses planos entre cidades destaca uma lacuna na literatura: a ausência de um indicador padronizado para avaliar a mobilidade (FOLTÝNOVÁ *et al.*, 2020).

Apesar dessa lacuna, existem evidências de que as políticas de uso do solo podem ter impactos positivos, reduzindo as viagens de veículos motorizados e os impactos ambientais, especialmente ao melhorar a acessibilidade (WEE, 2016). Este estudo visa auxiliar a preencher essa lacuna e contribuir para na proposição de uma abordagem para avaliar a interação entre políticas de regulação urbanística, mobilidade e valores imobiliários.

A literatura que investiga o impacto específico das políticas de regulação urbanística na mobilidade e nos valores imobiliários caracteriza-se por reconhecer notáveis lacunas no que tange a métricas para relacionar essas dimensões (MEHARI, 2023; EDWINS, 1975). Mehari (2023) destaca a necessidade de estudos mais abrangentes, especificamente apelando para uma mudança nas abordagens de planejamento do uso do solo urbano.

Sciara (2015) e Silva (2006) salientam a importância de compreender as ligações causais entre a política de regulação urbanística, principalmente no contexto da mobilidade. Frank (2002) e Gao *et al.*, (2023) enfatizam a necessidade de mais ferramentas analíticas e estudos empíricos para uma compreensão mais profunda da relação entre políticas de regulação do uso do solo, mobilidade e valores imobiliários.

As conexões entre políticas de regulação urbanística, mobilidade e valores imobiliários revelam-se cruciais para a dinâmica urbana. Regulamentações mais rigorosas, como identificado por Kok e Quigley (2014), elevam os preços de terrenos, afetando diretamente os valores das propriedades. Wrigley *et al.* (2001) ampliam essa perspectiva, destacando o papel central da política de transportes na acessibilidade urbana, influenciando os valores imobiliários.

Landis e Reina (2021) aprofundam a compreensão ao sublinhar o impacto generalizado das regulamentações restritivas do uso do solo sobre valores e aluguéis de casas, especialmente em economias prósperas. Kim (2010) complementa, destacando os efeitos negativos potenciais de regulamentações rigorosas sobre o uso do solo e a oferta local de habitação.

Essa pesquisa visa preencher uma lacuna crítica do conhecimento, fornecendo uma forma de abordar valiosa sobre como políticas regulatórias podem influenciar a mobilidade e promover práticas de desenvolvimento mais conscientes e responsáveis.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

A estrutura da tese está organizada em cinco seções, da qual se inicia com uma revisão da literatura. Na Seção 2.1, a Mobilidade no Contexto Urbano é explorada, abordando desde os desafios enfrentados nas cidades, as escalas de planejamento da mobilidade, os 5 D's da micromobilidade, até as estratégias bem-sucedidas implementadas, destacando lições aprendidas e boas práticas. A Regulação Urbanística e o Desenvolvimento Urbano são abordados na Seção 2.2, com foco nos instrumentos de planejamento, eficácia da legislação, histórico de implementação e vínculos entre planejamento urbano, transporte e mercado imobiliário. A seção S.3 trata da Infraestrutura Urbana e Valores Imobiliários, explorando modelos imobiliários, variáveis tradicionais, influência de infraestruturas urbanas nas propriedades, políticas urbanas e iniciativas de mobilidade sustentável com impactos nos preços imobiliários.

A Seção 3 detalha a metodologia adotada na pesquisa. A coleta de dados (3.1) abrange aspectos como preços de imóveis, dados cadastrais, dados espaciais e de origem-destino. O levantamento das variáveis relevantes (3.2) seguida pela geração de variáveis de mobilidade (3.3) é explicada. No (3.4) inclui a explanação das análises exploratórias e espacial, e as análises inferenciais (3.5) são delineadas para oferecer uma compreensão mais profunda do processo metodológico.

A Seção 4, Resultados e Discussão, apresenta um estudo de caso, destacando a história e implementação da Lei dos Doze Bairros, apresentação dos dados coletados, variáveis, análises descritivas e espaciais, análises bivariadas e de comparação, além de modelagens com variáveis tradicionais e de mobilidade. A tese é concluída na Seção 5, onde as conclusões são apresentadas, consolidando os resultados obtidos e fornecendo as descobertas e as lacunas para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão da literatura abrange as três principais áreas de investigação, fornecendo uma compreensão sobre a mobilidade, a arquitetura legal e planejamento urbano, e a interseção entre infraestrutura urbana e valores imobiliários. Na Seção 2.1, é explorada a mobilidade no contexto urbano, destacando desafios enfrentados pelas cidades, a necessidade de políticas específicas e estratégias bem-sucedidas implementadas em diversas localidades e contextos. Em seguida, na Seção 2.2, a revisão se concentra na regulação urbanística e o desenvolvimento urbano, detalhando instrumentos de planejamento, e a eficácia das legislações. Por fim, na Seção 2.3, é explorada a influência das infraestruturas urbanas nos valores imobiliários, examinando modelos imobiliários, variáveis tradicionais, políticas urbanas e suas implicações nos preços de imóveis. Esta revisão abrange iniciativas bem-sucedidas, desafios encontrados, e aponta lacunas para pesquisas futuras.

2.1 MOBILIDADE NO CONTEXTO URBANO

A mobilidade é um elemento crucial na configuração dos ambientes urbanos, exercendo uma influência significativa no desenho das cidades e no cotidiano de seus habitantes (BERTOLINI e DIJST, 2003). A estrutura das áreas urbanas desempenha um papel determinante nas escolhas de mobilidade, sendo que cidades compactas e de alta densidade tendem a favorecer transportes públicos eficientes e viagens não motorizadas (HEINRICHS, 2016).

A crescente importância da mobilidade nos contextos sociais e urbanos levou a uma mudança de ênfase, passando da simples superação do congestionamento para a promoção da melhoria da mobilidade e acessibilidade (MIDGLEY, 2011). No entanto, essa evolução não ocorre sem desafios, uma vez que os impactos negativos da mobilidade nos ambientes naturais e sociais, aliados à necessidade de assegurar acessibilidade às infraestruturas de transporte, destacam a urgência de uma abordagem mais integrada e sustentável à mobilidade urbana (BERTOLINI, 2012; JOSHI *et al*, 2021).

A dinâmica dos ambientes urbanos é profundamente moldada pela mobilidade, sendo influenciada por fatores como desenvolvimento urbano, padrões espaciais e contexto socioeconômico (MENDIOLA *et al*, 2015; SALVATI e ZAMBON, 2018). A

integração efetiva das agendas de mobilidade e desenvolvimento urbano é crucial para alcançar o desenvolvimento urbano (BERTOLINI, 2012). O crescimento urbano e o aumento correspondente na infraestrutura de transporte urbano destacam ainda mais a importância de compreender e antecipar os padrões de mobilidade dos transportes (CAMERON, 2004).

A organização hierárquica da mobilidade urbana está intrinsicamente ligada aos principais indicadores urbanos, incluindo o uso do transporte público e as emissões de poluentes (BASSOLAS *et al*, 2019). Além disso, a mobilidade emerge como um conceito-chave nos contextos sociais e urbanos, exercendo influência sobre a política e o poder (ALBERTSEN e DIKEN, 2013). A relação entre local de trabalho e localização residencial surge como um fator crítico na estrutura espacial das áreas metropolitanas (VICKERMAN, 1984).

Num cenário de nova vida urbana, especialmente em áreas de baixa densidade, surgem oportunidades para promover a mobilidade (JARASS e HEINRICHS, 2014). Assim, a compreensão abrangente da mobilidade urbana, considerando sua interconexão com o desenvolvimento urbano, torna-se essencial para moldar ambientes urbanos mais sustentáveis e habitáveis.

2.1.1 Introdução à Mobilidade no Contexto Urbano

A mobilidade urbana é uma resposta crucial aos desafios ambientais e sociais da urbanização crescente. O rápido aumento da população nas áreas urbanas demanda a abordagem de questões como poluição do ar, congestionamento e dependência de combustíveis fósseis. Soluções como transporte público eficiente, compartilhamento de bicicletas e veículos elétricos são fundamentais para criar cidades mais verdes e habitáveis, buscando não apenas mitigar impactos ambientais, mas também aprimorar a qualidade de vida urbana através de acessibilidade, eficiência e equidade no deslocamento (KLECHA e GIANNI, 2018; D'ACIERNO *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de planos de mobilidade, que incorporem diversas medidas e indicadores, é essencial para alcançar esses objetivos (SA, 2010; BRČIĆ *et al.*, 2017). Contudo, a implementação desses planos varia entre cidades, destacando a necessidade de um indicador padrão para medir a mobilidade (FOLTÝNOVÁ *et al.*, 2020).

A complexidade dos contextos urbanos, incluindo fatores como as tecnologias de informação e o envelhecimento da população, destaca ainda mais a importância da mobilidade (DARMAILLACQ, 2011). Este conceito ganha relevância em cidades inteligentes, onde a tecnologia desempenha um papel crucial na promoção da mudança de comportamento e na participação dos cidadãos (KLECHA e GIANNI, 2018).

A mobilidade em áreas urbanas é um conceito multidisciplinar, abrangendo dimensões ambientais, econômicas e sociais (CAMPOS, 2005). Influenciada por fatores como expansão urbana, restrições energéticas e envelhecimento da população (DARMAILLACQ, 2011). A necessidade de planos sustentáveis é evidente diante de desafios como crises econômicas, mudanças climáticas e riscos à saúde (BRČIĆ *et al.*, 2017).

No entanto, a definição e implementação da mobilidade urbana podem variar entre as partes interessadas, resultando em uma lacuna entre teoria e prática (FOLTÝNOVÁ *et al.*, 2020). A adoção de soluções de micromobilidade, como serviços compartilhados e opções de micromobilidade, emerge como contribuição para a sustentabilidade ambiental (D'ACIERNO *et al.*, 2022). Em última análise, a promoção da mobilidade verde é crucial para alcançar um planejamento urbano (AMMAD ABDELAAL, 2015).

Os desafios da mobilidade nas cidades são vastos e complexos, envolvendo questões como expansão urbana ineficiente, baixa densidade populacional e segregação social (GIDUTHURI, 2015). A urgência na implementação de planos de mobilidade é ressaltada pela crise econômica, alterações climáticas e riscos à saúde (BRČIĆ *et al.*, 2017). Nesse contexto, a mudança para cidades inteligentes e sustentáveis requer uma redefinição estratégica na mobilidade urbana (KAUF, 2019).

A complexidade do futuro da mobilidade urbana é agravada por reservas limitadas de combustíveis fósseis e a necessidade premente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (WEGENER, 2013). A tecnologia é reconhecida como um agente crucial na promoção de comportamentos sustentáveis de mobilidade (KLECHA e GIANNI, 2018), mas a coordenação entre transporte e uso do solo é especialmente crucial em países em desenvolvimento (CERVERO, 2013).

Nos países em desenvolvimento, a implementação da mobilidade urbana verde enfrenta desafios como gestão fragmentada e infraestrutura inadequada (SULTAN *et al.*, 2016). A compreensão mais profunda da interação entre soluções sociais e

técnicas, aliada a iniciativas de planejamento urbano, é apontada como essencial por estudiosos como Williams (2009) e Giduthuri (2015).

A mudança no planejamento da mobilidade é destacada por Nikulina *et al.* (2019) e Kauf (2019), que enfatizam a necessidade de foco na mobilidade para construir cidades inteligentes e sustentáveis. As dificuldades de mudança no uso do solo e sistemas de transporte do mundo real são salientadas por Bertolini (2005) e Cervero (2013), enquanto Abduljabbar (2021) destaca globalmente a inadequação da maioria das cidades em lidar com os desafios de mobilidade e discute o papel da micromobilidade na formação de cidades sustentáveis.

Diante desses desafios multifacetados, é imperativo uma mudança para planos de mobilidade urbana. A integração do tráfego, o desenvolvimento de ambientes para pedestres e ciclistas seguros, e a criação de soluções inovadoras como tarifação pelo uso da via e um sistema de transporte público eficiente são propostas para combater o congestionamento de veículos (BRČIĆ *et al.*, 2017; ORTÚZAR, 2019). A visão de uma cidade inteligente e sustentável, que incorpora tecnologia, considerações ambientais e espaços públicos, emerge como um potencial quadro para enfrentar esses desafios (KAUF, 2019).

Em resumo, os desafios para a mobilidade nas cidades envolvem a expansão ineficiente e segregação social (GIDUTHURI, 2015), crises econômicas e alterações climáticas (BRČIĆ *et al.*, 2017). A falta de coordenação entre transporte e uso do solo, juntamente com infraestrutura inadequada, destaca desafios específicos, principalmente em países em desenvolvimento (CERVERO, 2013; SULTAN *et al.*, 2016). A resistência à mudança no uso do solo e nos sistemas de transporte é evidente (BERTOLINI, 2005; CERVERO, 2013), enquanto a abordagem global da mobilidade urbana é considerada inadequada (ABDULJABBAR, 2021).

2.1.2 A Necessidade de Políticas de Mobilidade nas Cidades

A implementação de políticas de mobilidade urbana e uso do solo é essencial para enfrentar desafios ambientais, de saúde e impulsionar o crescimento econômico. Diversos autores, como Macário *et al.* (2005) e Crass (2002), destacam a importância de abordagens integradas que unam medidas de uso do solo e transporte, com ênfase especial no papel do transporte público.

Van Wee e Handy (2016) e Hameed (2021) ampliam essa perspectiva ao ressaltar os benefícios das políticas de uso do solo na redução de viagens de veículos e na melhoria da acessibilidade. Por outro lado, as discussões de Doi e Kii (2012) e Owens (1998) aprofundam a análise, explorando o potencial dessas políticas para atingir eficiência, equidade e metas ambientais.

À medida que a implementação de políticas de mobilidade urbana e uso do solo avança, é possível observar exemplos concretos e práticos fornecidos por Lam e Head (2012) e Lu e Ke (2018). Eles destacam o papel essencial das opções alternativas de transporte e avaliam a eficácia dessas políticas na promoção de uma mobilidade urbana mais resiliente.

A mobilidade urbana tradicional enfrenta uma série de desafios, incluindo congestionamentos, poluição atmosférica, dependência de veículos particulares, ineficiência dos transportes públicos e impactos na qualidade de vida (LAM e HEAD, 2012; MARŠANIĆ 2015; GAO e ZHU 2022; MACÁRIO, 2000; LOWE, 1990; ORTÚZAR, 2019; ORTEGO *et al*, 2017; IRWIN 1969). Esses problemas são agravados por fatores como o crescimento assimétrico das rendas familiares, a dispersão residencial e as distâncias mais longas entre casa e trabalho (MARŠANIĆ 2015; MACÁRIO 2000). Para resolver essas questões, é necessária uma mudança para a mobilidade urbana sustentável, com foco na caminhada, no ciclismo, nos transportes públicos verdes e até na utilização compartilhada de veículos (LAM e HEAD, 2012). Essa mudança pode ser apoiada por políticas tarifárias e pelo desenvolvimento de bons sistemas de transporte público (ORTÚZAR, 2019; ORTEGO *et al*, 2017).

A necessidade de políticas de mobilidade nas cidades é enfatizada pelos benefícios significativos que podem ser alcançados, como a redução das emissões de carbono, melhoria da qualidade do ar, promoção da saúde e otimização dos recursos (LAM e HEAD, 2012). O papel crucial do planejamento urbano nesse cenário destaca-se, sendo vital para alcançar uma mobilidade mais segura e ambientalmente amigável, através de abordagens integradas que combinam o planejamento espacial e a gestão da mobilidade (TIBONI *et al.*, 2021).

Os planos de mobilidade urbana, implementados especialmente em cidades europeias, emergem como *ferramentas* fundamentais, exigindo a transição para um planejamento de tráfego integrado e a aplicação de medidas que combinam restrições e estímulos para modificar comportamentos (BRČIĆ *et al*, 2017; NIKULINA *et al*, 2019). Essa transição inclui a promoção de modos de transporte sustentáveis, como

caminhadas, ciclismo e transporte coletivo, destacando-se como um elemento crítico desses planos (FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ e FERNÁNDEZ-HEREDIA, 2018).

O desenvolvimento de um sistema de transporte que fomente ambientes para pedestres e um crescimento eficiente deve ser enfatizado (VUCHIC, 2008). Adicionalmente, a importância de indicadores padrão, a implementação de medidas integradas e a criação de redes entre cidades para compartilhamento de melhores práticas são considerações cruciais para alcançar a mobilidade desejada (NIKULINA *et al.*, 2019). Essas diversas perspectivas e estratégias destacam a complexidade e a interconexão de elementos necessários para promover efetivamente a mobilidade em ambientes urbanos.

A falta de implementação de políticas de mobilidade urbana e uso do solo nas áreas urbanas resulta em diversas consequências adversas. Essas incluem degradação urbana, associada ao declínio econômico e à desintegração social (ZHOU, 2020); crescimento urbano não planejado, resultando em fragmentação socioespacial e degradação ambiental (DISCOLI e MARTINI, 2012); e impactos negativos do transporte urbano, como congestionamentos, aumento do número de viagens, poluição e acidentes (VAN WEE, 2012; VAN WEE e HANDY, 2016; YANG e GAKENHEIMER, 2007). Essa problemática é particularmente desafiadora em países em desenvolvimento, onde o rápido crescimento populacional e a pobreza exacerbam tais questões (CERVERO, 2013).

Além disso, o fracasso na implementação de políticas ambientais é identificado como um fator-chave na incapacidade de alcançar a sustentabilidade ambiental (HOWES *et al.*, 2017; CHALFOUN, 2018). Esse fracasso muitas vezes decorre de conflitos com objetivos de desenvolvimento econômico, falta de incentivos e má articulação entre gestores e atores sociais. Estratégias de transporte, que promovem a diversidade de modos de transporte e os modos não motorizados, são propostas como solução para essas questões (REPLOGLE, 1988).

Os planos de mobilidade urbana têm o potencial de mitigar esses efeitos, mas sua implementação exige um equilíbrio delicado entre desenvolvimento urbano e proteção ambiental (LOPEZ-RUIZ *et al.*, 2013; BERNSTEIN, 1994). A integração das agendas de mobilidade e desenvolvimento urbano é crucial, demandando uma interação crítica entre diferentes disciplinas (BERTOLINI, 2012). Apesar dos desafios, existe a perspectiva de as cidades transitarem para um desenho urbano e mobilidade mais sustentáveis, por meio da adoção de opções e redes de transporte alternativos

(LAM e HEAD, 2012). Contudo, a eficácia dessas estratégias para alcançar a sustentabilidade necessita de uma exploração mais aprofundada (LOPEZ-RUIZ *et al.*, 2013).

2.1.3 Acessibilidade em Escalas Urbanas e os 5 D's

A promoção da mobilidade, fundamental para o desenvolvimento urbano, demanda uma abordagem criteriosa em sua concepção e administração, sendo necessário um processo de mensuração adequado para fundamentar a eficácia dessas estratégias (PORTUGAL, 2017). D'Acierno *et al.* (2022) destacam que a agenda de transportes sustentáveis está conquistando proeminência em políticas em âmbito internacional.

Contudo, o cenário atual revela que não há um índice padronizado universalmente aceito para avaliar a mobilidade, levando instituições a recorrerem a indicadores de forma confusa e dificultando uma compreensão abrangente (PORTUGAL, 2017).

Ao explorar a sustentabilidade na mobilidade, McQueen *et al.* (2020) apontam para uma realidade mista nos impactos da micromobilidade, demandando intervenções específicas para aprimoramento. Enquanto Gerber *et al.* (2021) e Milakis *et al.* (2020) convergem, enfatizando a importância das dimensões de escala de mobilidade na compreensão do comportamento das viagens e no potencial de sustentabilidade social.

Portugal (2017) define escala como a dimensão espacial, temporal, quantitativa ou analítica utilizada pelos cientistas para analisar e dimensionar objetos e processos. Essas escalas podem ser categorizadas em níveis, como micro, meso ou macro, dependendo do tamanho do fenômeno que está sendo investigado:

- a) Micro: Na escala microscópica, a acessibilidade concentra-se predominantemente em deslocamentos a pé ou de bicicleta, sendo extremamente influenciada pelo ambiente construído. Esta escala engloba fatores como densidade e diversidade do uso do solo, desenho urbano, disponibilidade de transporte público e destinos acessíveis, conforme sugerido por Cervero *et al.* (2009).

- b) Meso: Na escala mesoscópica, que abrange uma área maior, são incorporados os meios de transporte motorizados. Referindo-se geralmente a bairros, regiões administrativas ou até mesmo a municípios periféricos, esta escala depende do tamanho e da configuração da metrópole, bem como da densidade da rede estrutural (PORTUGAL, 2017).
- c) Macro: A escala macroscópica abarca toda a cidade ou região metropolitana, necessitando de redes de transporte eficientes e integração multimodal para facilitar o acesso aos destinos em toda a extensão territorial. Destaca-se o princípio da equidade para assegurar uma distribuição justa da acessibilidade por meio de uma rede estrutural de transporte público mais robusta, incentivando seu uso generalizado (PORTUGAL, 2017).

Wegener (2011) propõe uma abordagem inovadora para resolver o debate macro-micro no planejamento, introduzindo uma teoria de modelos multiníveis. Essa teoria destaca a necessidade de ajustar a resolução de escala conforme cada tarefa de planejamento, promovendo uma visão mais holística e integrada.

No entanto, Milakis et al. (2020) ressaltam que a micromobilidade apresenta potencial para aprimorar a sustentabilidade quando abordada em seu planejamento em nível micro. No entanto, também reconhecem desafios, incluindo possíveis efeitos adversos na utilização de transportes públicos e a exclusão de grupos sociais devido a barreiras.

Microacessibilidade envolve facilitar o acesso a atividades na vizinhança sem depender de veículos motorizados, promovendo deslocamentos curtos a pé ou de bicicleta. Isso é alcançado ao analisar o ambiente construído e elementos do urbanismo, como a diversidade de usos do solo, com o objetivo de tornar as áreas mais atrativas e favorecer a interação entre pessoas e meio ambiente (PORTUGAL, 2017).

Estes fatores são fundamentais para sistemas de transportes eficientes. Næss (1995) destaca a importância de evitar a expansão urbana, ao defender cidades mais compactas, enquanto Blums et al. (2022) sublinham que essas estratégias corroboram com a utilização eficiente dos recursos e a redução do impacto ambiental.

Nesse contexto, os 5 D's da mobilidade, identificados por Ogra e Ndebele (2014) e Portugal (2017), abrangem densidade, diversidade, desenho urbano, destino acessível e disponibilidade de transporte público.

- a) Densidade: Medida da concentração de pessoas, residências ou empregos em uma área, dada pela Equação 1, está relacionada à mobilidade, pois áreas mais densas estão associadas a mais viagens a pé e por bicicleta, além de custos per capita de infraestrutura decrescerem com o aumento da densidade (PORTUGAL, 2017). No entanto, a relação não é linear, sendo necessário equilíbrio territorial, diversidade de usos e eficiente sistema de transportes para impacto significativo no comportamento de viagens da população.

$$\rho = \frac{\eta}{A} \quad (1)$$

Onde,

ρ : densidade de uma região

η : volume de população, domicílios, ou empregos em uma região

A: área da região

- b) Diversidade: A diversidade, medida da variedade de usos do solo em uma área urbana, está ligada à uma mobilidade desenvolvida, pois bairros com mistura de atividades incentivam modos não motorizados de deslocamento, reduzindo viagens de automóveis, especialmente em ambientes mais densos e diversificados (PORTUGAL, 2017). A diversidade pode ser avaliada através do Índice de Entropia (Cervero e Kochelman, 1997), dada pela Equação 2, ou através do Índice de Dissimilaridade (Bhat e Gossen, 2004), dada pela Equação 3.

$$\varepsilon = \frac{-\sum_k p_k * \ln(p_k)}{\ln(K)} \quad (2)$$

Onde,

ε : índice de entropia

p_k : porcentagem da área com uso do solo k

k: número de categorias consideradas de uso do solo

$$\delta = 1 - \left\{ \frac{\left(\left(\frac{r}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{c}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{o}{T} + \frac{1}{3} \right) \right)}{\left(\frac{4}{3} \right)} \right\} \quad (3)$$

δ : índice de dissimilaridade

r : área de uso residencial

c : área de uso comercial

o : área de outros usos

$T = r + c + o$

- c) Desenho urbano: Abrange a distribuição espacial de vias, quadras e infraestrutura, influencia a mobilidade ao favorecer modos não motorizados, como caminhadas e ciclismo, por meio de boas conexões, atratividade e amenidades para pedestres. Os indicadores de desenho urbano sugeridos por Portugal (2017) são a densidade de quadras, Equação 4, e o índice Alpha, Equação 5.

$$dq = \frac{nq}{A} \quad (4)$$

Onde,

dq : densidade de quarteirões de uma região

nq : número de quarteirões

A : área da região

$$\alpha = \frac{u}{2v - 5} \quad (5)$$

Onde,

α : índice Alpha

v : número de nós do grafo

u : número máximo de ciclos independentes em um grafo, dado pelo número de ligações, somado ao número de subgrafos, subtraindo-se o número de nós (v).

- d) Destino acessível: refere-se à facilidade de acesso a atividades essenciais, promovendo a mobilidade ao encorajar a proximidade residencial a áreas

densas e diversificadas, reduzindo a dependência do automóvel e incentivando deslocamentos a pé ou por bicicleta (PORTUGAL, 2017).

- e) Disponibilidade de transporte público: Refere-se à acessibilidade não apenas pela distância física, mas também pela qualidade, capacidade e integração do sistema, sendo fundamental para influenciar escolhas de uso de transporte público e modos não motorizados (PORTUGAL, 2017).

2.1.4 Estratégias Bem-Sucedidas em Cidades

Na Europa, se pode citar as experiências das cidades de Copenhague, Amsterdam, Estocolmo, Viena, e Barcelona, que implementaram diversas estratégias para promover a mobilidade nas suas áreas urbanas. Na América Latina, pode-se destacar iniciativas nas cidades de Bogotá e Curitiba, bem como na Ásia, Tóquio e Cingapura, e nos Estados Unidos, Portland. Todas elas vêm adotando estratégias inovadoras para fomentar a mobilidade eficiente em seus centros urbanos.

Diversos estudos de caso revelam que cidades bem-sucedidas na implementação de políticas de mobilidade adotam estratégias específicas. Bardal *et al.* (2020) salienta a eficácia da utilização de medidas de restrição e estímulo, conhecidas como *push and pull*, aliada à busca pela eficiência dos recursos nos pacotes de políticas. Essa abordagem integrada destaca-se como fundamental, como também evidenciam Bratzel (1999) e Tiboni *et al.* (2021), que ressaltam o papel crucial das forças externas na transformação política e no planejamento urbano.

Além disso, as discussões propostas por Louro *et al.* (2019) e Næss e Andrade (2013) destacam os benefícios resultantes da incorporação de princípios de desenvolvimento sustentável e da promoção de viagens não motorizadas. Esses estudos convergem para indicar que o sucesso na implementação de políticas de mobilidade requer uma abordagem holística, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais.

- a) Copenhague, Dinamarca:

Em Copenhague, a abordagem centrada em políticas e medidas integradas destaca-se como uma prioridade no contexto da mobilidade urbana eficiente (GÖSSLING, 2013; FREUDENDAL-PEDERSEN *et al.*, 2020). O enfoque primordial

recai sobre a segurança e o conforto dos ciclistas, evidenciando um compromisso significativo com a promoção de modos de transporte mais sustentáveis na cidade. Além disso, a capital dinamarquesa utiliza estratégias de planejamento espacial para reduzir a necessidade de transporte motorizado, alinhando-se com princípios de desenvolvimento (NÆSS e ANDRADE, 2013).

Ao considerar a implementação abrangente de políticas de uso do solo e mobilidade em Copenhague, emerge um panorama complexo de sucessos e desafios. A cidade adotou uma abordagem multifacetada, buscando conter o crescimento do tráfego por meio de políticas de uso do solo, melhorias nos transportes públicos e expansões da capacidade rodoviária (NÆSS e ANDRADE, 2013; NÆSS, 2009; XUE *et al.*, 2011).

Destaca-se o notável progresso na promoção do uso da bicicleta como meio de transporte, revelando um comprometimento específico com políticas amigáveis aos ciclistas (GÖSSLING, 2013). A construção da estrutura verde urbana desempenhou um papel essencial no planejamento do uso do solo, com ênfase na coordenação e preservação regional (CASPERSEN *et al.*, 2006).

Entretanto, Copenhague enfrenta desafios significativos na implementação plena de políticas para a mobilidade. Barreiras culturais, legais, políticas, organizacionais, financeiras e relacionadas ao conhecimento representam obstáculos cruciais (BARDAL, 2020). Nesse contexto, a dimensão política do regime de mobilidade de Copenhague ganha destaque, evidenciando um "impasse de mobilidade" resultante do planejamento historicamente orientado para o automóvel (STEHLIN, 2020).

b) Amsterdã, Países Baixos:

Em Amsterdã, destaca-se a ênfase na criação de sistemas de mobilidade robustos e socialmente inclusivos (FREUDENDAL-PEDERSEN *et al.*, 2020). A cidade implementou políticas abrangentes de uso do solo e mobilidade, como a política de cidade compacta, a expansão do transporte público e a alta acessibilidade a áreas comerciais (LE CLERCQ e BERTOLINI, 2003). Essas estratégias desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento de Amsterdã como uma cidade planejada e organizada (ALPKOKIN, 2012).

Entretanto, persistem desafios, como o aumento da distância percorrida por veículos, degradação e expansão urbana (ALPKOKIN, 2012). O foco da cidade na

acessibilidade tem sido estratégico, evidenciando uma mudança para atender à acessibilidade, e não apenas a mobilidade (BERTOLINI *et al.*, 2005). A integração de políticas de uso do solo e transporte público, especialmente na região de Randstad, tem se mostrado benéfica (GEURS *et al.*, 2012).

Apesar dos sucessos, a transição para a mobilidade sustentável enfrenta barreiras de resistência de uso de veículos autônomos, incluindo a hibridização de veículos, biocombustíveis e sistemas de transporte inteligentes (FARLA *et al.*, 2008). A ambição de Amsterdã como uma metrópole europeia sustentável levou ao desenvolvimento do Conceito de Colheita Urbana, enfocando fluxos circulares de recursos (VAN DER HOEK *et al.*, 2013).

Contudo, a exportação das políticas de planejamento holandesas encontra desafios devido a diferenças contextuais (POJANI e STEAD, 2015). Metas contraditórias, como a densificação urbana e a preservação de áreas verdes, suscitam inquietações, o que pode culminar na redução de espaços verdes e no aumento da expansão urbana. (GIEZEN *et al.*, 2018).

c) Estocolmo, Suécia:

Em Estocolmo, a busca por melhorias nos transportes públicos e o aumento da capacidade rodoviária têm sido pontos-chave nas iniciativas urbanas (NÆSS e ANDRADE, 2013). Apesar dos progressos significativos na implementação de políticas eficientes de uso do solo e mobilidade, a cidade enfrenta desafios na execução efetiva dessas medidas. Os planejadores demonstraram visão avançada ao apoiar o transporte sustentável (PETTERSSON *et al.*, 2021), porém, encontram dificuldades em reduzir a dependência do automóvel enquanto buscam ampliar a capacidade rodoviária (FENTON, 2017).

Os projetos de adensamento urbano em Estocolmo depararam-se com desafios na provisão de espaços verdes (KHOSHKAR *et al.*, 2018), enquanto os investimentos nacionais em infraestrutura rodoviária têm contraposto os esforços locais para promover a mobilidade (FENTON, 2017). A cidade implementou iniciativas em bairros que buscam reduzir significativamente ou eliminar a dependência de automóveis. (SCHEURER, 2001), enfrentando obstáculos na concepção e implementação de políticas de mobilidade (BARDAL, 2020).

A necessidade de uma interação eficaz entre o planejamento urbano e os recursos disponíveis foi destacada como essencial (HÖGSTRÖM *et al.*, 2021).

Ademais, a implementação da estratégia nacional de desenvolvimento sustentável pela cidade foi examinada, ressaltando a importância da conexão entre os objetivos locais e nacionais (ROWE e FUDGE, 2003).

d) Viena, Áustria:

Viena adotou uma abordagem abrangente na implementação de políticas sustentáveis, incorporando uma combinação de medidas de restrição-estímulo em seus pacotes de políticas (BARDAL *et al.*, 2020). No âmbito das políticas de uso do solo e mobilidade, a cidade se destaca por seu conjunto coordenado de medidas que favorecem caminhadas, ciclismo e transporte público em detrimento do uso do carro (BUEHLER *et al.*, 2017). A eficácia dessas medidas é evidenciada pela bem-sucedida redução na quota do modo automóvel, alcançada através da expansão do metrô e da gestão dos estacionamentos (BUEHLER *et al.*, 2017).

Viena também se posiciona na vanguarda da mobilidade elétrica, implementando políticas como subsídios e zonas livres de emissões, contribuindo significativamente para a redução da demanda de energia no transporte rodoviário (AJANOVIC *et al.*, 2021). Apesar desses avanços, a cidade enfrenta desafios significativos para alcançar a sustentabilidade, especialmente nas áreas de expansão urbana, poluição e consumo de recursos não renováveis (PFAFFENBICHLER, 2003). A necessidade de modelos integrados de uso do solo e transportes para avaliar estratégias políticas foi ressaltada como fundamental (PFAFFENBICHLER, 2003).

As estratégias de política ambiental em Viena passaram por mudanças, com um recente foco em critérios econômicos e soluções tecno-gerenciais para as alterações climáticas (MOCCA *et al.*, 2020). Em resposta aos desafios climáticos, as paisagens urbanas da cidade estão passando por transformações notáveis (FURCHTLEHNER *et al.*, 2022). Além disso, a rede de transportes públicos, incluindo os sistemas de metrô e ônibus, foi identificada por ter uma pegada ecológica relativamente baixa, destacando a eficiência ambiental desses modos de transporte em Viena (GASSNER *et al.*, 2018).

e) Barcelona, Espanha:

Barcelona, comprometida com uma abordagem centrada em centros urbanos integrados e acessíveis por meio de deslocamentos a pé e de bicicleta (HAMEED, 2021), tem empreendido diversas iniciativas visando o desenvolvimento urbano. Entre

elas, destacam-se a implementação da estratégia de Cidade Inteligente (BAKICI *et al.*, 2013), programas de renovação urbana (ARBACI e TAPADA-BERTELI, 2012) e iniciativas voltadas para um porto mais verde (GONZALEZ-AREGALL e BERGQVIST, 2020).

Entretanto, esses esforços deparam-se com desafios significativos, como a desigualdade social e a gentrificação promovida pelo Estado (ARBACI e TAPADA-BERTELI, 2012) e a necessidade de harmonizar as tendências demográficas e migratórias com a busca pela mobilidade eficiente (GIL-ALONSO *et al.*, 2022).

O planejamento espacial de Barcelona também tem sido objeto de críticas, especialmente por sua aparente incapacidade de conter a expansão urbana (PAÛL e TONTS, 2005). Não obstante esses desafios, a cidade avançou em setores cruciais como a gestão de resíduos e a mobilidade urbana (SHAFIE, 2018). As realizações e obstáculos enfrentados por Barcelona em suas políticas de uso do solo e mobilidade refletem tendências mais amplas observadas em diversas cidades europeias (WEGENER, 2009).

f) Bogotá, Colômbia.

Bogotá, através de políticas inovadoras, realizou uma transformação significativa em seu sistema de transporte, com especial ênfase no fortalecimento do transporte público, na promoção do transporte não motorizado e na manutenção das vias urbanas (ARDILA e MENCKHOFF, 2002). Essas iniciativas não apenas resultaram em benefícios econômicos, ambientais e sociais notáveis, como o aumento do valor das propriedades, a redução das fatalidades no trânsito e a melhoria da qualidade do ar (WRIGHT e MONTEZUMA, 2004).

Um elemento central desses esforços é o TransMilenio, um sistema de BRT (Bus Rapid Transit) que não apenas aprimorou a acessibilidade urbana, mas também contribuiu para a redução da dependência do automóvel (HIDALGO, 2003; VECCHIO, 2017). Adicionalmente, Bogotá obteve êxito na promoção do ciclismo, destacando-se por políticas claras e pela promoção de uma forte cultura ciclística (ROSAS-SATIZÁBAL e RODRIGUEZ-VALENCIA, 2019).

Entretanto, persistem desafios, especialmente no que se refere à integração das decisões regionais sobre o uso do solo, bem como na abordagem dos impactos ambientais e sociais decorrentes da expansão urbana (RESTREPO, 2010).

g) Curitiba, Brasil:

Curitiba tem se destacado por uma abordagem proativa e prática em relação ao uso do solo e à mobilidade, integrando de maneira eficaz o planejamento do uso do solo com uma hierarquia de rede rodoviária e transporte público (MERCIER et al., 2015; RABINOVITCH, 1996; RABINOVITCH e HOEHN, 1995). O inovador sistema BRT da cidade, reconhecido por reduzir consideravelmente os tempos de viagem e aumentar a conveniência, representa um marco significativo (RABINOVITCH e HOEHN, 1995). Contudo, mesmo sendo bem-sucedido, o sistema BRT enfrentou desafios como superlotação e falta de integração com programas habitacionais de baixa renda (DUARTE e ULTRAMARI, 2012).

A infraestrutura cicloviária, embora presente, enfrenta subutilização, e os ciclistas enfrentam elevados riscos de sinistros de trânsito na cidade (PROCOPIUCK et al., 2020). Apesar desses desafios, Curitiba conseguiu efetivamente controlar os gastos com energia no setor de transportes, graças à integração entre o planejamento do uso do solo e o planejamento dos transportes (SMITH e RAEMAEEKERS, 1998). Avaliações positivas foram atribuídas às políticas de mobilidade urbana da cidade, mas identificaram-se deficiências nos modos de transporte não motorizados (MIRANDA e SILVA, 2012).

h) Tóquio, Japão:

Tóquio, ao longo do tempo, tem adotado uma abordagem abrangente na implementação de políticas de uso do solo e mobilidade, enfrentando tanto sucessos quanto desafios. A cidade incorporou mudanças estruturais, como incentivos ao uso do solo e a introdução de VLT (Veículo Leve sobre Trilhos), como parte de suas estratégias para promover a sustentabilidade na mobilidade urbana (BALABAN e OLIVEIRA, 2021). O desenvolvimento de corredores exclusivos, especialmente ao longo dos corredores ferroviários, emergiu como uma prioridade, destacando a integração essencial entre transporte público e uso do solo na cidade (CHORUS e BERTOLINI, 2016).

Entretanto, Tóquio enfrenta desafios persistentes, especialmente no que diz respeito à utilização ineficiente do solo e à infraestrutura pública inadequada (MIYAO, 1991). A cidade tem buscado superar essas barreiras com a implementação de políticas coordenadas entre diferentes níveis governamentais, estabelecendo

parcerias com intervenientes locais para fortalecer suas iniciativas de mobilidade (DIRGAHAYANI e NAKAMURA, 2012).

Apesar desses esforços, Tóquio ainda lida com os impactos do rápido crescimento urbano e a constante necessidade de aprimorar sua sustentabilidade urbana (OKATA e MURAYAMA, 2011).

i) Singapura, Ásia:

Singapura tem adotado uma abordagem abrangente no desenvolvimento de políticas para uso do solo e mobilidade. Com iniciativas voltadas para o transporte público e integração efetiva entre uso do solo e planejamento de transporte, a cidade-estado implementou técnicas inovadoras, como o Esquema de Licenças de Área e o Sistema de Quotas de Veículos (FWA, 2005; DIAO, 2019; WILLOUGHBY, 2000, LAM e TRINH, 2006).

Essas políticas resultaram em redução significativa da dependência do automóvel, impulsionaram o uso de transportes públicos e contribuíram para mitigar os congestionamentos (DIAO, 2019; WILLOUGHBY, 2000). Apesar dos êxitos, alguns desafios persistem. A cidade-estado enfrenta a necessidade contínua de aprimorar os níveis de serviço do transporte público, gerenciar congestionamentos e promover veículos ambientalmente sustentáveis (RAHMAN e HOONG, 2011).

Embora a abordagem eficiente de Singapura ao transporte urbano seja elogiada, há inquietações quanto à ênfase excessiva nas altas velocidades de tráfego (BARTER, 2013). Nesse sentido, a busca por soluções equilibradas permanece crucial para a cidade-estado assegurar uma mobilidade sustentável no longo prazo.

j) Portland, Estados Unidos:

Portland implementou políticas bem-sucedidas de utilização do solo e de mobilidade, resultando num centro da cidade vibrante e na redução da dependência automóvel (MIDDLETON, 1995; JUN, 2008). O "Programa de Vida Ativa por Meio do Desenho Urbano" também tem sido eficaz na promoção de comunidades saudáveis (DOBSON e GILROY, 2009).

No entanto, essas iniciativas enfrentaram desafios, incluindo a necessidade de um equilíbrio entre conhecimentos técnicos e determinantes da vida ativa (DOBSON e GILROY, 2009), e o potencial para uma estratégia de correção de sustentabilidade para despolitizar conceitos de justiça e equidade (MAHMOUDI *et al.*, 2020).

Os sucessos do desenvolvimento da cidade também foram distribuídos de forma desigual, contribuindo para a pobreza concentrada em determinadas áreas (GOODLING *et al.*, 2015). Apesar destes desafios, as políticas de gestão do crescimento urbano de Portland têm sido eficazes no direcionamento do desenvolvimento para determinadas áreas urbanas (NELSON e MOORE, 1993).

As lições aprendidas e boas práticas em mobilidade urbana, provenientes da experiência dessas cidades, compreendem diversas estratégias. Isso inclui o estímulo à mobilidade ativa, a integração efetiva do planejamento urbano com os transportes, investimentos significativos nas infraestruturas de transporte, uma abordagem de gestão integrada, e iniciativas adicionais, como estratégias de cidades inteligentes e a implementação de estruturas verdes urbanas. Cada cidade adota abordagens específicas para superar desafios e fomentar o desenvolvimento urbano, destacando-se a conscientização, a inovação e a visão avançada dos planejadores como elementos-chave desse processo.

Incentivo à mobilidade ativa:

Copenhague se destaca pelo compromisso com a segurança e conforto dos ciclistas, evidenciado pelo notável progresso na promoção do uso da bicicleta como meio de transporte (GÖSSLING, 2013; FREUDENDAL-PEDERSEN *et al.*, 2020). Enquanto Viena implementou um conjunto coordenado de medidas que favorecem caminhadas, ciclismo e transporte público, resultando em uma bem-sucedida redução na quota do modo automóvel (BUEHLER *et al.*, 2017).

Em Portland, o "Programa de Vida Ativa por Meio do Desenho Urbano" mostrou eficácia na promoção de comunidades saudáveis (DOBSON e GILROY, 2009). Já em Bogotá, destaca-se a promoção ativa do transporte não motorizado, especialmente o ciclismo, por meio de políticas claras e uma cultura ciclística forte (ROSAS-SATIZÁBAL e RODRIGUEZ-VALENCIA, 2019).

a) Integração do planejamento urbano com transportes:

As cidades de Copenhague, Barcelona, Curitiba, Tóquio e Portland têm adotado estratégias e abordagens específicas que utilizam a integração entre os planejamentos do uso do solo e dos transportes. Copenhague destaca-se pela utilização de estratégias de planejamento espacial para reduzir a dependência de transporte motorizado, adotando uma abordagem multidisciplinar que incorpora políticas de uso do solo, melhorias nos transportes públicos e expansões rodoviárias,

reconhecendo a necessidade de uma abordagem integrada (NÆSS e ANDRADE, 2013; NÆSS, 2009; XUE *et al.*, 2011; BARDAL, 2020).

Amsterdã implementou políticas abrangentes, incluindo a cidade compacta, expansão do transporte público e alta acessibilidade a áreas comerciais, com benefícios evidenciados pela integração eficaz de políticas de uso do solo e transporte público (LE CLERCQ e BERTOLINI, 2003; GEURS *et al.*, 2012). Enquanto Barcelona se comprometeu com uma abordagem centrada em centros urbanos integrados, destacando iniciativas de renovação urbana para promover o desenvolvimento (HAMEED, 2021; ARBACI e TAPADA-BERTELI, 2012).

Curitiba se destaca pela integração eficaz entre o planejamento do uso do solo e uma hierarquia de rede rodoviária e transporte público (MERCIER *et al.*, 2015; RABINOVITCH, 1996; RABINOVITCH e HOEHN, 1995).

Tóquio adotou uma abordagem abrangente ao longo do tempo, incorporando mudanças estruturais e incentivos ao uso do solo, priorizando o desenvolvimento de corredores exclusivos que destacam a integração essencial entre transporte público e uso do solo (BALABAN e OLIVEIRA, 2021; CHORUS e BERTOLINI, 2016).

Por sua vez, Portland implementou políticas bem-sucedidas de utilização do solo e mobilidade, resultando em um centro vibrante e na redução da dependência automóvel, com eficácia nas políticas de gestão do crescimento urbano direcionando o desenvolvimento para áreas urbanas específicas (MIDDLETON, 1995; JUN, 2008; NELSON e MOORE, 1993).

b) Ampliação e investimento nas infraestruturas de Transportes:

Viena está na vanguarda da mobilidade elétrica, implementando políticas como subsídios e zonas livres de emissões, contribuindo para a redução significativa da demanda de energia no transporte rodoviário. Além disso, os sistemas de metrô e ônibus em Viena possuem uma pegada ecológica relativamente baixa, destacando a eficiência ambiental desses modos de transporte (AJANOVIC *et al.*, 2021; GASSNER *et al.*, 2018). E Barcelona destaca-se pela mobilidade eficiente, evidenciado por avanços significativos na gestão de resíduos e mobilidade urbana (SHAFIE, 2018).

A experiência de Bogotá se enfatiza pelo fortalecimento do transporte público, especialmente com o inovador sistema de BRT, o TransMilenio, e investe na manutenção das vias urbanas para melhorar a qualidade e acessibilidade das

infraestruturas de transporte (ARDILA e MENCKHOFF, 2002; HIDALGO, 2003; VECCHIO, 2017).

Curitiba é reconhecida pelo sistema BRT inovador que reduz tempos de viagem e aumenta a conveniência (RABINOVITCH e HOEHN, 1995). Amsterdã destaca-se na criação de sistemas de mobilidade robustos e socialmente inclusivos (FREUDENDAL-PEDERSEN et al., 2020), enquanto Estocolmo prioriza melhorias nos transportes públicos e aumento da capacidade rodoviária como pontos-chave em suas iniciativas urbanas (NÆSS e ANDRADE, 2013).

c) Gestão e Abordagem Integrada:

Estocolmo destaca-se pela visão avançada dos planejadores no apoio ao transporte sustentável (PETTERSSON *et al.*, 2021) e pela implementação de iniciativas em bairros visando reduzir ou eliminar a dependência de automóveis (SCHEURER, 2001). Enquanto Copenhague demonstra conscientização e reconhecimento de desafios significativos, abordando barreiras culturais, legais, políticas, organizacionais, financeiras e de conhecimento (BARDAL, 2020), além de reconhecer a dimensão política do regime de mobilidade, destacando o "impasse de mobilidade" resultante do planejamento historicamente orientado para o automóvel (STEHLIN, 2020).

Amsterdã realiza uma mudança estratégica para focar na acessibilidade, não apenas na mobilidade, e busca ser uma metrópole europeia sustentável com o desenvolvimento do Conceito de Colheita Urbana, que centra esforços nos fluxos circulares de recursos (BERTOLINI *et al.*, 2005; VAN DER HOEK *et al.*, 2013). Enquanto Viena adota uma abordagem abrangente, incorporando uma combinação de medidas de restrição-estímulo em seus pacotes de políticas (BARDAL *et al.*, 2020).

Em Singapura, a busca por soluções equilibradas se aponta como vital para garantir uma mobilidade a longo prazo, considerando preocupações sobre a ênfase excessiva nas altas velocidades de tráfego (BARTER, 2013).

d) Outras iniciativas:

Barcelona adota a estratégia de Cidade Inteligente como parte integrante do desenvolvimento urbano (BAKICI *et al.*, 2013). Em Copenhague, destaca-se a construção da estrutura verde urbana como um componente essencial do

planejamento do uso do solo, com ênfase na coordenação e preservação regional (CASPERSEN *et al.*, 2006).

Viena evolui suas estratégias de política ambiental, concentrando-se recentemente em critérios econômicos e soluções tecno-gerenciais para enfrentar as alterações climáticas (MOCCA *et al.*, 2020). Enquanto Singapura inova ao implementar técnicas como o Esquema de Licenças de Área e o Sistema de Quotas de Veículos para gerenciar a mobilidade urbana, contribuindo para sua eficiência (FWA, 2005; DIAO, 2019; WILLOUGHBY, 2000, LAM e TRINH, 2006).

2.2 A REGULAÇÃO URBANÍSTICA E O DESENVOLVIMENTO URBANO

A arquitetura jurídica no planejamento e regulamentação do uso do solo é um sistema complexo de leis, regulamentos e práticas de governança que estabelecem as regras para o desenvolvimento territorial em uma área específica. Esse conjunto de normativas molda diretamente o cenário urbano e é crucial para a criação de locais bem concebidos (JUKNELIENĖ *et al.*, 2017; PENDALL e PUENTES, 2008; ELORRIETA e SÁNCHEZ-AGUILERA, 2011; NOWAK *et al.*, 2021; SEOK, 2023; IMRIE e STREET, 2011).

As diversas esferas de poder nas estruturas federativas exercem uma influência significativa nesse sistema, resultando em uma ampla gama de abordagens à governança territorial (PENDALL e PUENTES, 2008). Essa diversidade reflete as complexidades e desafios inerentes à regulação do uso do solo em diferentes contextos.

Aspectos jurídicos e administrativos da *governança* e planejamento territorial, incluindo a consideração da paisagem, desempenham um papel crucial no desenvolvimento de áreas urbanas (NOWAK *et al.*, 2021). Esses elementos não apenas moldam o ambiente físico, mas também influenciam aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Nesse contexto, os profissionais envolvidos no planejamento e na regulamentação do uso do solo desempenham um papel fundamental. Eles precisam compreender e operar dentro desses quadros legais e regulamentares para garantir uma implementação eficaz e sustentável de projetos urbanos (IMRIE e STREET, 2011). A habilidade de navegar por esses contextos jurídicos é essencial para o sucesso na criação de ambientes urbanos funcionais e equitativos.

2.2.1 Instrumentos de Planejamento e Regulação do Uso do Solo

O planejamento urbano eficaz é fundamental para promover o desenvolvimento das cidades, e para isso uma ferramenta fundamental são os instrumentos urbanísticos. Esses instrumentos são estratégias e regulamentações que orientam o uso do solo e a configuração urbana (OLIVEIRA e MEYFROIDT, 2021).

Os instrumentos destinados ao planejamento e regulação do uso do solo desempenham um papel crucial no desenvolvimento e no crescimento urbano (BOVET *et al.*, 2018; HAN *et al.*, 2020; RYDIN, 1998; OSTOJIC e GLAŽAR, 2014). Esses instrumentos têm o potencial de mitigar a expansão urbana, estabelecer governança no uso do solo e influenciar os valores dos terrenos (BOVET *et al.*, 2018; HAN *et al.*, 2020). No entanto, a eficácia desses instrumentos está intrinsecamente ligada à sua concepção e implementação, demandando metas de sustentabilidade bem definidas e uma abordagem integrada (BOVET *et al.*, 2018).

A utilização de uma variedade mais ampla de ferramentas políticas, como a avaliação ambiental, também é crucial para fortalecer os processos de planejamento (RYDIN, 1998; SILVA e ACHEAMPONG, 2015). Além disso, a evolução futura dos sistemas de planejamento do uso da terra pode apontar para uma gestão mais democrática (HEALEY, 1994). Contudo, a aplicação prática da legislação sobre o uso da terra e a exploração do potencial de técnicas não-contraditórias na resolução de disputas constituem considerações igualmente importantes (SALSICH e TRYNIECKI, 1998).

É relevante observar que o impacto das regulamentações locais sobre o uso da terra na densidade metropolitana e no crescimento urbano pode variar, apresentando abordagens algumas vezes mais restritivas e excludentes, enquanto outras se mostram mais flexíveis e inovadoras (PENDALL *et al.*, 2006). Aqui pode-se subdividir esses instrumentos nos seguintes grupos:

- a) Instrumentos de Zoneamento e Regulamentação;
- b) Instrumentos de Planejamento Urbano;
- c) Instrumentos de Controle do Direito de Construir;
- d) Instrumentos de Intervenção em Áreas Ociosas;
- e) Instrumentos Técnicos e Normativos;
- f) Instrumentos de Avaliação e Participação;
- g) Instrumentos de Regulação Econômica Urbana;

h) Instrumentos de Uso e/ou de Controle da Propriedade.

Aqui, apresentam-se grupos de tipos de instrumentos urbanísticos que desempenham papéis específicos na construção de cidades mais equitativas, funcionais e sustentáveis:

a) Instrumentos de Zoneamento e Regulamentação:

Zoneamento: é o processo que estrutura a divisão do território em zonas distintas, cada uma com regulamentações específicas voltadas para promover e equilibrar usos compatíveis, tais como residencial, comercial, industrial e agrícola. Segundo Pollard (1931), o zoneamento urbano envolve a regulamentação do uso e ocupação do solo, impondo restrições a determinados usos ou estruturas.

Leis de Uso e Ocupação do Solo: estabelecem normas detalhadas para o aproveitamento e ocupação de áreas, abordando parâmetros essenciais como limites de altura, taxa de ocupação e recuos obrigatórios. Segundo Dongfa (2003), essas leis constituem um conjunto abrangente de regulamentos que governam a distribuição e negociação dos direitos à terra, estando intrinsecamente relacionadas ao planejamento urbano. Elas englobam diversas questões, como a alocação de terras para diferentes usos, os direitos e responsabilidades dos proprietários de imóveis e a gestão dos recursos fundiários.

b) Instrumentos de Planejamento Urbano:

Licenciamento Urbanístico: Processo para aprovação de projetos de construção, garantindo conformidade com as regulamentações locais e diretrizes urbanísticas.

Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV): Avaliação que antecipa os impactos sociais e ambientais de empreendimentos, visando minimizar e compensar possíveis efeitos adversos.

Planos Diretores: Documentos que estabelecem diretrizes abrangentes para o desenvolvimento urbano, abordando temas como transporte, habitação, meio ambiente e infraestrutura. Os planos diretores são planos de longo prazo que fornecem um quadro estratégico para o desenvolvimento urbano, abordando aspectos como uso do solo, infraestrutura e gestão ambiental (QIAN, 2013).

c) Instrumentos de Controle do Direito de Construir:

Transferência do Direito de Construir: é um mecanismo que possibilita a movimentação do potencial construtivo entre diferentes áreas, com o propósito de preservar patrimônio e áreas verdes (HAN et al., 2020). Essa prática envolve a transferência de direitos de desenvolvimento de uma propriedade para outra, permitindo um crescimento mais denso em áreas específicas (DOWNS, 2007; WOODBURY, 1975).

Outorga Onerosa do Direito de Construir: proporciona a realização de construções além dos limites legais, mediante contrapartidas financeiras ou alocação de áreas para uso público. Essa prática envolve a concessão do direito de construir, sujeita a determinadas condições, como a preservação do patrimônio cultural ou ambiental (LAWSON, 2008; VIALLO *et al.*, 2021).

d) Instrumentos de Intervenção em Áreas Ociosas:

Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios: Estabelece condições para o desenvolvimento de áreas subutilizadas. Em função da regulamentação do uso do solo, implicam na imposição de subdivisão, construção ou uso obrigatório tendo como objetivo o desenvolvimento urbano (VALVERDE, 2005).

Instrumentos de Regularização Fundiária: Legaliza ocupações irregulares, garantindo acesso a infraestrutura básica. Os instrumentos de regularização fundiária, como títulos de propriedade em assentamentos não planejados, se apresentam como fundamentais no desenvolvimento comunitário (ZAKAYO *et al.*, 2018).

e) Instrumentos Técnicos e Normativos:

Código de Obras e Edificações: Estabelece padrões técnicos para a construção de edifícios, promovendo segurança e qualidade. São fundamentais para elevar o desempenho energético dos edifícios e atingir as metas de sustentabilidade (VACCARO, 2014; HAYTER e STOUT, 2019).

f) Instrumentos de Avaliação e Participação:

Avaliação do Solo: Consiste na análise da qualidade e valor das terras, proporcionando dados essenciais para a tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano. A avaliação do valor da terra, um componente fundamental desse processo, engloba a análise do incremento do valor econômico decorrente do

desenvolvimento urbano, incluindo a aplicação de instrumentos de captura de valor (GIELEN *et al.*, 2017).

Avaliação Ambiental e Socioeconômica: Envolvem a análise dos impactos ambientais e socioeconômicos de projetos, visando promover a sustentabilidade. **Instrumentos Participativos:** Englobam práticas que incorporam a comunidade ao processo decisório, assegurando representatividade e inclusão (SILVA e ACHEAMPONG, 2015; OSTOJIĆ e GLAŽAR, 2014).

g) Instrumentos de Regulação Econômica Urbana:

Controles e Fixação de Preços no Uso do Solo: Refere-se a medidas e políticas destinadas a imporem restrições ou estabelecer valores para o uso do solo (HENDERSON, 1991).

Arranjos Fiscais no Uso do Solo: Consistem em estratégias tributárias e fiscais aplicadas ao uso do solo para influenciar seu desenvolvimento. Essas estratégias podem incluir incentivos fiscais para tipos específicos de empreendimentos, a implementação de impostos progressivos com base na valorização do solo, ou outras abordagens destinadas a alinhar interesses econômicos com metas de planejamento urbano e gestão eficiente dos recursos territoriais (HANUSHEK e YILMAZ, 2015).

h) Instrumentos de Uso ou de Controle da Propriedade:

Posse Pública do Solo: refere-se à propriedade e administração direta de áreas urbanas pelo setor público.

Controle sobre o Uso Privado: refere-se à capacidade do governo de regular e influenciar como os proprietários privados utilizam suas terras, alinhado com as diretrizes do planejamento urbano (DEVAS e RAKODI, 1993).

2.2.2 Revisão sobre a Eficácia da Legislação e do Planejamento

No âmbito do desenvolvimento urbano, a eficácia das legislações e do planejamento desempenha um papel central na busca por soluções equilibradas que abordem questões ambientais, sociais e econômicas. A interconexão desses elementos emerge claramente nas contribuições de diversos pesquisadores, cujas análises delineiam estratégias integradas para a promoção da sustentabilidade nas áreas urbanas.

Dado o contexto, Morano *et al.* (2021) e Lisdiyono (2017) lançam luz sobre a importância de quadros de avaliação e análises de políticas de ordenamento do território para orientar projetos urbanos. Essas ferramentas proporcionam uma visão abrangente, destacando a necessidade de revisões consistentes alinhadas com políticas nacionais. Wheeler (1996) e Alqahtany *et al.* (2013) complementam esse enfoque ao apresentarem quadros e modelos que sublinham a necessidade de uma abordagem holística, considerando fatores ambientais, sociais e econômicos.

Nash e Whitelegg (2016) reforçam a importância de medidas estruturadas, evidenciando a necessidade de políticas eficazes para o transporte urbano. Tiboni *et al.* (2021) destacam o papel crucial de abordagens integradas para promover uma mobilidade mais segura e amiga do clima, enquanto Hickman *et al.* (2013) e Van Wee e Handy (2016) ressaltam o papel crítico do planejamento urbano e das políticas de uso do solo na mitigação dos impactos ambientais e na melhoria da acessibilidade.

Klecha e Gianni (2018) e Kiba-Janiak e Witkowski (2019) apontam para o potencial da tecnologia e do envolvimento dos cidadãos na promoção do comportamento sustentável, bem como na avaliação da eficácia dos planos de mobilidade urbana. Säynäjoki *et al.* (2014) enfatizam a importância de esquemas de sustentabilidade para certificar e comparar áreas urbanas, enquanto Ostojic e Glažar (2014) destacam que as medidas propostas para o desenvolvimento são eficazes quando cuidadosamente planejadas e implementadas em conjunto, considerando elementos físicos, sociais e econômicos do espaço urbano.

Por fim, o crescente reconhecimento da necessidade de um desenvolvimento urbano equilibrado, pautado em legislações eficazes e planejamento, reflete a urgência de uma abordagem integrada. Morano *et al.* (2021) ressaltam a conscientização acerca da imperatividade do desenvolvimento urbano que visa tanto o crescimento socioeconômico quanto a preservação ambiental.

Os estudos pesquisados apresentam abordagens metodológicas diversificadas para explorar questões relacionadas ao desenvolvimento urbano. Dentre os quais se pode destacar:

- a) Säynäjoki *et al.* (2014): Realizaram um estudo de grupo focal com 32 participantes, profissionais de planejamento urbano e sustentabilidade ambiental, para examinar o impacto do aumento da consciência ambiental no uso do solo urbano.

- b) Ostojic e Glazar (2014): Utilizaram uma metodologia de revisão e análise crítica da literatura para identificar medidas visando o desenvolvimento espacial através do planejamento do uso da terra.
- c) Morano *et al.* (2021): Desenvolveram uma metodologia que incluiu a construção de uma meta-amostra de estudo, seleção e agrupamento de estudos, avaliação com base na qualidade e impacto, análise específica da amostra, uso de métodos de avaliação e modelos matemáticos para enfrentar desafios na implementação da sustentabilidade.
- d) Lisdiyono (2017): Analisou o aspecto jurídico da mudança da política de ordenamento do território, cobrindo os níveis filosófico, normativo e de implementação.
- e) Dassen *et al.* (2013): Adotaram uma abordagem analítico-deliberativa para gerar opções integradas para políticas de desenvolvimento urbano, desenharam cenários sustentáveis e desenvolveram narrativas com base em modelos e diálogos com partes interessadas.
- f) Ameen *et al.* (2014): Utilizaram uma metodologia de revisão crítica e comparação de ferramentas de avaliação de diferentes países para identificar pontos fortes e fracos, conteúdo, ponderação, pontuação, classificação de certificados e contexto.
- g) Wheeler (1996): Conduziu uma revisão literária sobre desenvolvimento sustentável, explorando interpretações do conceito e examinando tradições de planejamento urbano em direção a um modelo sustentável.
- h) Alqahtany *et al.* (2013): Realizaram uma revisão abrangente das questões relacionadas ao desenvolvimento do planejamento urbano sustentável, avaliaram criticamente quadros existentes e propuseram um quadro escalável.
- i) Torrisi *et al.* (2020): Adotaram uma metodologia de avaliação crítica e comparativa de diretrizes de planejamento.
- j) Hickman *et al.* (2013): Combinação de revisão da literatura e análise de estudos de caso.
- k) Kiba-Janiak e Witkowski (2019): Utilizaram uma metodologia que envolveu a definição de *clusters*, grupos de critérios e subcritérios, bem como a definição de funções e limites de preferência, incluindo a comparação de variantes individuais em pares usando um índice de preferência multicritério e a obtenção de uma classificação usando fluxos de preferência negativos e positivos.

Em seguida é apresentado o Quadro 1 com o resumo das metodologias aplicadas nos artigos analisados.

Quadro 1 – Artigos analisados e as metodologias aplicadas em suas análises sobre desenvolvimento urbano.

| Artigo | Revisão da Literatura | Análise Crítica | Análise de Dados | Entrevistas/ Multicritério | Comparação/ Cenários |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Säynäjoki <i>et al.</i> (2014) | | | | X | |
| Ostojic e Glažar (2014) | X | X | | | |
| Morano <i>et al.</i> (2021) | X | | X | | X |
| Lisdiyono (2017) | X | X | | | |
| Dassen <i>et al.</i> (2013) | | | | X | X |
| Ameen <i>et al.</i> (2014) | X | X | | | |
| Wheeler (1996) | X | | | | |
| Alqahtany <i>et al.</i> (2013) | | X | | | X |
| Torrisi <i>et al.</i> (2020) | | X | | | X |
| Hickman <i>et al.</i> (2013) | X | X | | | |
| Kiba-Janiak e Witkowski(2019) | | | X | X | |

Fonte: O Autor (2024).

As lacunas teóricas identificadas em diversos estudos apontam para áreas críticas que requerem aprimoramento para avançar no entendimento do planejamento urbano. Säynäjoki *et al.* (2014) destacam a compreensão limitada do impacto global do planejamento urbano nos padrões de consumo e estilos de vida, sugerindo a necessidade de aprofundamento nesse contexto. Ostojic e Glažar (2014) ressaltam a carência de definição em aspectos como compactação de áreas urbanas, usos mistos

e acessibilidade de funções urbanas, realçando a importância de estabelecer parâmetros claros nessas áreas.

Dassen *et al.* (2013) enfatizam a necessidade de direcionar mais atenção à viabilidade tecnológica, institucional e social em pesquisas futuras, sublinhando a importância de considerar não apenas aspectos técnicos, mas também fatores institucionais e sociais para promover práticas sustentáveis. Van Wee e Handy (2016) apontam para a limitação nas avaliações de políticas de uso do solo, sugerindo a importância de uma abordagem mais abrangente que vá além da redução de viagens de veículos, incorporando impactos ambientais mais amplos.

Ameen *et al.* (2014) destacam a tendência dos instrumentos de avaliação existentes de se concentrarem nas questões ambientais e sociais do desenho urbano, negligenciando os indicadores econômicos. Além disso, apontam a ambiguidade no mecanismo de adoções locais e participação comunitária como uma lacuna a ser abordada para fortalecer as práticas sustentáveis. Por sua vez, Klecha e Gianni (2018) propõem a necessidade de empregar estratégias de mudança de comportamento baseadas na aprendizagem reflexiva e promover o envolvimento dos cidadãos com métodos participativos, indicando que a eficácia dessas abordagens ainda requer aprofundamento.

Finalmente, Alqahtany *et al.* (2013) apontam para a ausência de um modelo abrangente e integrado no contexto do planejamento urbano sustentável. Essa lacuna destaca a necessidade de desenvolver um quadro conceitual abrangente que possa integrar diferentes dimensões para orientar práticas mais sustentáveis no planejamento urbano.

As lacunas instrumentais e metodológicas identificadas por Säynäjoki *et al.* (2014) apontam para limitações no método de pesquisa baseada em grupos focais e por entrevistas, indicando a necessidade de explorar outras abordagens mais eficazes para compreender o impacto do planejamento urbano.

Ostojíc e Glažar (2014) destacam a ausência de estudos que incluam elementos mensuráveis de planejamento com valores-alvo, sublinhando a importância de estabelecer critérios claros e mensuráveis para orientar práticas sustentáveis no planejamento urbano. Morano *et al.* (2021), por sua vez, ressaltam a necessidade de utilizar métodos e ferramentas de avaliação adequados para gerir um processo interativo de controle e avaliação da consistência entre fatores multidimensionais, enfatizando a importância de abordagens robustas para a avaliação urbana.

A exploração de técnicas inovadoras para apoiar a avaliação urbana é apontada por Morano *et al.* (2021) como uma área que merece maior atenção, indicando a necessidade de incorporar abordagens mais avançadas na análise e avaliação de projetos urbanos. Alqahtany *et al.* (2013) destacam a exploração potencial de novas tecnologias e abordagens baseadas em dados, ressaltando a importância de incorporar a tecnologia de forma eficaz no planejamento urbano.

Klecha e Gianni (2018) apontam a falta de exploração das oportunidades decorrentes da tecnologia onipresente como uma lacuna a ser preenchida, sublinhando a importância de incorporar plenamente os avanços tecnológicos no desenvolvimento urbano. Ameen *et al.* (2014) reforçam a necessidade de explorar o potencial de tecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para aprimorar o processo de avaliação, indicando que a integração eficaz dessas ferramentas pode fortalecer a precisão e confiabilidade dos resultados.

Kiba-Janiak e Witkowski (2019) destacam a necessidade de um maior desenvolvimento das ferramentas de avaliação para avaliar a eficácia de planos de transportes, indicando a importância de ferramentas robustas e adaptáveis para orientar práticas sustentáveis no transporte urbano.

Sobre as lacunas de experiências e estudos de caso, Tiboni *et al.* (2021) ressaltam a necessidade de comparar diferentes estudos de caso em diversas escalas, desde pequenas até grandes, a fim de analisar a eficácia de políticas urbanas e abordagens de planejamento.

Lisdiyono (2017) destaca a falta de uma revisão abrangente dos aspectos sociais, legais e ambientais nos países em desenvolvimento. Essa lacuna evidencia a necessidade de uma compreensão mais aprofundada das complexidades e desafios específicos enfrentados por essas nações em sua busca por desenvolvimento urbano.

A extensão de estudos de caso a cidades de variados continentes é enfatizada por Kiba-Janiak e Witkowski (2019). Ampliar o escopo geográfico da pesquisa permitiria uma compreensão mais abrangente em diferentes partes do mundo.

Hickman *et al.* (2013) apontam a necessidade de mais pesquisas para desenvolver estratégias futuras para a forma urbana e o investimento em transportes em várias escalas. Esta lacuna destaca a importância de abordar o desenvolvimento urbano de maneira holística.

A necessidade de estudos longitudinais para avaliar os impactos a longo prazo é mencionada por Alqahtany *et al.* (2013). Isso destaca a importância de uma

perspectiva temporal na pesquisa, permitindo uma compreensão mais profunda das implicações e resultados das iniciativas de planejamento urbano ao longo do tempo

2.2.3 Vínculos entre Planejamento Urbano, Transporte e Mercado Imobiliário

A convergência entre planejamento urbano, transporte e mercado imobiliário é um tema amplamente investigado por diversos estudos. Neste contexto, Martínez (2009) evidencia que a proximidade de linhas de metrô exerce um impacto significativo nos valores das propriedades, realçando a relevância do transporte público. Complementando essa perspectiva, Wrigley (2001) destaca a importância de considerar os impactos locais e urbanos das novas infraestruturas de transporte.

Jayantha (2015) e Bao (2020) reforçam a visão positiva ao enfatizar os efeitos benéficos das melhorias nos transportes sobre os preços dos imóveis. Entretanto, deve-se levar em consideração a complexidade dessas relações, pois o impacto das infraestruturas de transporte nos preços imobiliários é influenciado por diversos fatores, incluindo características de desenho urbano e mudanças na acessibilidade ao longo do tempo (LIESKE, 2021; IACONO, 2017). Um exemplo disso, é o efeito negativo nos preços imobiliários com a proximidade de determinadas infraestruturas evidenciados por Efthymiou e Antoniou (2014). Embora as melhorias nos transportes possam afetar a economia em geral, não necessariamente resultam em melhorias nas rendas imobiliárias e locais (GOLDBERG, 1970).

Andrade e Maia (2009) afirmam que a falta de dinamismo no mercado imobiliário, somada à ausência de ações estratégicas públicas, pode resultar na estagnação ou degradação de áreas impactadas por infraestruturas de transporte. Contrariamente ao que afirma a teoria econômica urbana.

Goldberg (1970) e Ahlfeldt (2013) reforçam a necessidade de uma compreensão diferenciada dessas relações, destacando o potencial para um modelo de acessibilidade do mercado de trabalho do tipo gravitacional, permitindo prever os efeitos das inovações nos transportes nos preços dos imóveis.

Em resumo, as instituições de planejamento urbano possuem potencial para influenciar a escolha residencial e os valores das propriedades (KULMER *et al.*, 2014; KAUKO, 2019). Complementando essa visão, Wegener (2004) confirma o potencial das políticas públicas para moldar eficazmente o comportamento da cidade. Nesse contexto, Colonna *et al.* (2012) propõem uma abordagem dedutiva para a

compreensão das interações entre planejamento urbano, transporte e mercado imobiliário.

2.3 INFRAESTRUTURA URBANA E VALORES IMOBILIÁRIOS

A valorização de propriedades é influenciada por diversas necessidades de serviços e infraestruturas na comunidade, como água, eletricidade e vias, conforme destacado por Ajibola *et al.* (2013). A mera expectativa de desenvolvimento de novas infraestruturas, incluindo serviços e transporte, pode impactar positivamente os valores das propriedades (TORRE *et al.*, 2015; BUJANDA e FULLERTON, 2017). Nesta seção, se buscará através da revisão da literatura, como que ocorre essa relação e quais principais aspectos.

2.3.1 Modelos Imobiliários e Variáveis Tradicionais

Tradicionalmente, métodos como o comparativo, do custo, involutivo, evolutivo, residual e de capitalização da renda têm dominado a prática (PAGOURTZI *et al.*, 2003; ADETILOYE e EKE, 2014; SCARRETT e OSBORN, 1990; DANTAS, 2012). No entanto, críticas surgem em relação à sua adaptação desses métodos às complexidades do mercado e à dependência de dados históricos (LAY FRICS, 1988).

Apesar dessas críticas, a precisão do método comparativo com inferência estatística, também chamados de modelos clássicos de regressão múltiplas (MCRL) dado pela Equação 6, cuja hipótese-chave é definida pela Equação 7, tem sido amplamente reconhecida e adotada na prática (SCHULZ, 2002; DANTAS, 2012; ABIDOYE *et al.*, 2019; PAGOURTZI *et al.*, 2007). No entanto, embora os métodos tradicionais permaneçam proeminentes, a busca por maior precisão impulsiona a exploração de métodos avançados, como as redes neurais artificiais (RNAs) entre outros (PAGOURTZI *et al.*, 2007; ABIDOYE *et al.*, 2019).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (6)$$

Onde, para k+1 parâmetros:

Y: variável dependente, ou explicada

X_1, \dots, X_k : variáveis independentes, ou explicativas

β_0 : intercepto

β_1, \dots, β_k : parâmetros ou coeficientes das variáveis independentes

ε_i : termo de erro

$$\mathbb{E}[\varepsilon_i | X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}] = 0 \quad (7)$$

Vale ressaltar que a escolha do método é fortemente influenciada pela compreensão do avaliador sobre o ciclo de vida da propriedade e seu potencial econômico, também pela disponibilidade e qualidade dos dados comparáveis disponíveis (KUPEC, 2019; DANTAS, 2012).

Para além da coleta de muitos dados, se destaca a necessidade urgente de políticas eficazes para melhorar a qualidade dessas informações. Diante desse desafio, os avaliadores têm buscado abordagens alternativas (SMALL et al., 2016).

A avaliação imobiliária para o planejamento urbano frequentemente se utiliza de modelos de regressão estatística, nos quais variáveis, tanto intrínsecas quanto extrínsecas, são fundamentais e desempenham funções distintas na análise (CARBONARA et al., 2021; MANGANELLI et al., 2014; WANG et al., 2020).

As características intrínsecas das propriedades, como área útil, presença de garagem, idade e tipo de construção, normalmente são consideradas em modelos de regressão (CARBONARA et al., 2021). Fatores extrínsecos, como a localização e a qualidade urbana, também são fundamentais na determinação dos valores imobiliários (MANGANELLI et al., 2014; WANG et al., 2020).

Adicionalmente, variáveis como índices de valorização dos preços imobiliários, o crédito bancário e os fundos privados e estrangeiros de habitação também são podem ser considerados em tais modelos (LIU et al., 2016). A influência de variáveis macroeconômicos, como a renda dos residentes, e o nível de consumo é também normalmente explorada em análises de regressão linear múltipla (AIYIN e XU, 2018).

Por fim, vale ressaltar que as prioridades do mercado imobiliário variam significativamente conforme as condições de cada área e as distintas necessidades dos usuários do espaço. Dessa forma, diferentes regiões podem apresentar conjuntos variados de variáveis explicativas para a variabilidade dos preços imobiliários (RENIGIER-BILOZOR et al., 2017; DANTAS, 2012). Compreender isso é essencial para uma análise abrangente do mercado imobiliário, pois implica a identificação e

exploração das hipóteses, ou seja, das variáveis, que podem ser incorporadas na modelagem imobiliária.

Os métodos de avaliação imobiliária evoluíram em resposta ao desenvolvimento urbano de diversas maneiras importantes. O papel dos avaliadores imobiliários mudou para abraçar soluções tecnológicas modernas e ferramentas analíticas, particularmente no contexto do desenvolvimento urbano (ŻRÓBEK *et al.*, 2020)

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na avaliação de imóveis surge como uma área promissora, proporcionando uma visão mais abrangente ao considerar a localização espacial (ISMAIL e BUYONG, 1998). Essa abordagem ganha importância, particularmente no desenvolvimento de variáveis de localização e na visualização dos valores das propriedades (CICHOCIŃSKI e PARZYCH, 2008; YU e LIU, 2016; PACHECO, 2009). Contudo, o desafio persistente na avaliação de terrenos escassos em áreas urbanas ressalta a necessidade de superar obstáculos relacionados à falta de transparência e disponibilidade de dados (ADAIR *et al.*, 2001).

Em resposta a esse desafio, a integração de dados cadastrais multifinalitários e modelagem 3D para avaliação em massa em áreas urbanas é outra frente explorada, ampliando as possibilidades de análise e precisão (TOMIĆ *et al.*, 2012).

Essas tecnologias e abordagem também auxiliaram para expansão da econometria espacial, que melhorou a compreensão dos valores do solo (KRAUSE e BITTER, 2012), visto que a aplicação de modelos lineares na análise de dados imobiliários é desafiada pela dependência espacial, (VAZQUEZ, 2020). São também chamados de modelos de regressão ponderada geograficamente (GWR) e de regressão ponderada geográfica e temporalmente (GTWR) que melhoram a precisão da avaliação imobiliária ao incorporar elementos de correlação espacial aos modelos (WANG *et al.*, 2020; BIDANSET e LOMBARD, 2014; SOLTANI *et al.*, 2021).

Alternativamente e pouco usual, há experiências da avaliação imobiliária no contexto da financeirização, limitados a imóveis comerciais e empreendimentos de base imobiliária, como é o caso do Reino Unido (CROSBY e HENNEBERRY, 2016).

Por fim, o uso da inteligência artificial, particularmente das redes neurais artificiais, tem sido explorado como forma de lidar com a complexidade da avaliação imobiliária em áreas urbanas (PAGOURTZI *et al.*, 2007). Essas técnicas não lineares de aprendizagem automática, com base em *big data*, podem ser aplicadas para

identificar variáveis influentes no valor dos imóveis, como por exemplo o número de bancas de jornais e a percentagem de habitações por vagas (MA *et al.*, 2020).

No entanto, a utilização de inteligência artificial, redes neurais e econometria espacial nesses modelos tem sido criticada pelo seu potencial para introduzir preconceitos e complexidade (PAGOURTZI e VASSILIS, 2003; RUBIO *et al.*, 2008). Apesar destas críticas, a integração do SIG com a tecnologia de visualização 3D demonstrou melhorar a abordagem de inferência estatística e regressão na avaliação imobiliária (YU *et al.*, 2014).

2.3.2 Influência de Infraestruturas Urbanas nas Propriedades

A literatura tem amplamente explorado a relação entre infraestruturas urbanas e de transporte na valorização imobiliária. A acessibilidade aos transportes públicos, especialmente a proximidade de estações de metrô, é consistentemente apontada como um fator significativo com efeitos positivos nas propriedades (LEONTEV e MAYBUROV, 2021; ZHANG *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2019; DORANTES *et al.*, 2011). A relevância da acessibilidade ao transporte público para a valorização de imóveis residenciais é ressaltada por Voith (1991). Contudo, é importante considerar que o impacto a curto prazo dos investimentos públicos em infraestrutura pode ter efeitos negativos sobre o valor das propriedades (DENG *et al.*, 2019).

O impacto dessas infraestruturas não é uniforme e pode ser influenciado por fatores como a idade das infraestruturas, a equidade na distribuição de benefícios externos e a presença de externalidades negativas durante a fase de construção (LEONTEV e MAYBUROV, 2021; GALLO, 2020; EFTHYMIOU e ANTONIOU, 2014). Alguns estudos sugerem que os sistemas ferroviários urbanos podem contribuir para desigualdades (GALLO, 2020).

A natureza específica da infraestrutura também desempenha um papel crucial, com investimentos em vias públicas e aeroportos apresentando impactos significativos nos valores das propriedades (COHEN e PAUL, 2007). Além disso, as dimensões temporal e espacial indicam que o impacto das infraestruturas urbanas nos valores das propriedades pode variar entre positivo e negativo (BUJANDA e FULLERTON, 2017).

Foi demonstrado que a presença de linhas de metrô aumenta os valores das propriedades em Lisboa, Portugal (MARTÍNEZ e VIEGAS, 2009), Roma e Santander,

Itália (CORDERA *et al.*, 2019) e Madrid, Espanha (DORANTES *et al.*, 2011). Da mesma forma, descobriu-se que a proximidade a estações de metrô e estações de veículos elétricos aumenta o valor das propriedades em Yekaterinburg, Rússia (LEONTEV e MAYBUROV, 2021). Em Xangai, na China, descobriu-se que a presença de serviços públicos e privados, bem como a acessibilidade, moldam o mercado imobiliário (LI *et al.*, 2019).

Em Hong Kong, apenas o anúncio de um novo projeto de infraestrutura de transportes teve um efeito positivo nos preços imobiliários (JAYANTHA *et al.*, 2015). Enquanto em Paris, os conflitos legais sobre projetos de infraestrutura afetaram as percepções do mercado (TORRE *et al.*, 2015). Em contraposição ao efeito positivo, em Salónica, na Grécia, a proximidade de certas infraestruturas de transporte, como o porto e a estação ferroviária, gerou um impacto negativo nos preços dos imóveis (EFTHYMIIOU e ANTONIOU, 2014).

No que diz respeito às características urbanas, em Amsterdã se descobriu que os espaços verdes têm uma influência positiva nos preços dos imóveis (DAAMS *et al.*, 2019). No oeste de Sydney, Austrália, as características do desenho urbano e a dependência espacial foram consideradas determinantes na elevação dos preços dos imóveis (LIESKE *et al.*, 2021). Em seguida, se apresenta cada experiência analisada:

- a) Lisboa, Portugal: O caso de Lisboa revela que a proximidade de uma ou duas linhas de metrô está associada a mudanças substanciais nos valores das propriedades. Além disso, os resultados indicam que o modelo clássico de regressão é uma ferramenta confiável para prever alterações nos valores imobiliários resultantes de investimentos em infraestrutura de transporte (MARTÍNEZ e VIEGAS, 2009).
- b) Roma e Santander, Itália: Este caso aponta que a acessibilidade por meio de transportes públicos é um fator positivo que influencia os valores imobiliários em ambas as cidades, embora com diferentes indicadores significativos em cada localidade. Além disso, a pesquisa ressalta a importância de considerar não apenas a acessibilidade aos serviços de transporte, mas também a acessibilidade que elimina barreiras, enfatizando a compreensão integral do impacto nos preços dos imóveis (CORDERA *et al.*, 2019). Observou-se que em Roma as áreas verdes urbanas desempenham um papel crucial nas decisões

habitacionais, sendo um fator importante. Além disso, observa-se que diferentes tipos de espaços verdes urbanos exercem impactos distintos nos preços da habitação (MORANO *et al.*, 2019).

- c) Madrid, Espanha: Nesta pesquisa, descobriu-se que uma melhor acessibilidade às estações do Metrosur teve um impacto positivo nos valores imobiliários, especialmente quando se tratava de casas à venda. Surpreendentemente, a proximidade de outras famílias nem sempre era vantajosa, sugerindo que a privacidade e a prevenção de problemas relacionados com a vizinhança eram fatores importantes na avaliação imobiliária. Além disso, a pesquisa revelou que a distância até as estações Cercanias era mais economicamente relevante do que a distância até as estações Metrosur, indicando a influência significativa dos trens suburbanos na avaliação imobiliária (DORANTES *et al.*, 2011).
- d) Yekaterinburg, Rússia: Esta pesquisa destaca que a proximidade da infraestrutura de transporte público, especialmente das estações de metrô, exerce um impacto significativo no custo de imóveis residenciais urbanos. As evidências empíricas indicam que a proximidade das estações de metrô é o fator mais relevante para o valor de uma propriedade. As conclusões têm implicações importantes para prever o crescimento da base tributável do imposto sobre a propriedade durante a construção de novas linhas de transporte (LEONTEV e MAYBUROV, 2021).
- e) Xangai, China: Este caso revela que o mercado residencial de Xangai exibe uma estrutura monocêntrica. Além disso, atributos estruturais, acessibilidade e a presença de serviços públicos e privados desempenham papéis significativos na moldagem desse mercado imobiliário. Destaca-se que as preferências por comodidades habitacionais diferem entre áreas centrais ou centros expandidos da cidade e os subúrbios (LI *et al.*, 2019).
- f) Hong Kong, China: O estudo analisa se potenciais compradores de propriedades estão dispostos a pagar antecipadamente pelos benefícios um novo desenvolvimento de infraestrutura de transporte. Os resultados indicaram que o projeto teve externalidades positivas e os potenciais compradores

mostraram disposição em considerar as melhorias esperadas na infraestrutura de transporte como um fator positivo ao determinar seus preços de oferta por propriedades (JAYANTHA *et al.*, 2015).

- g) Paris, França: O estudo investiga como os conflitos legais provocados por residentes próximos impactam as expectativas e percepções de mercado em relação a projetos de infraestrutura. A suposição central é que as expectativas estão vinculadas à probabilidade de conclusão do projeto, e essa variação na certeza influencia as percepções do mercado (TORRE *et al.*, 2015).
- h) Salónica, Grécia: Contrariamente a outras experiências, este caso revela que a proximidade do porto e da estação ferroviária está associada a efeitos negativos nos preços dos imóveis, enquanto a proximidade do aeroporto tem um impacto positivo (EFTHYMIU e ANTONIOU, 2014).
- i) Amsterdã, Países Baixos: Esta experiência indicou que o efeito positivo dos espaços verdes sobre os preços das casas diminuiu gradualmente com a distância, tornando-se insignificante para casas a mais de 1 km. Além disso, o estudo sugeriu implicações relevantes para o planejamento do uso do solo e para investimentos públicos em espaços verdes em áreas densamente povoadas (DAAMS *et al.*, 2019).
- j) Sydney, Austrália: Se evidenciou que as características do desenho urbano têm um impacto significativo nos preços dos imóveis. Além disso, a proximidade das estações ferroviárias demonstra efeitos variados nos preços das propriedades, inclusive variáveis relativas à frequência dos trens nas horas de pico (LIESKE *et al.*, 2021).

2.3.3 Políticas Urbanas e Efeitos nos Preços Imobiliários

O impacto das políticas urbanas sobre os sistemas de transporte é evidente, com mudanças estruturais e nos padrões de uso do solo sendo reconhecidas como elementos cruciais para a eficiência e sustentabilidade das viagens urbanas de passageiros (EDWARDS e SCHOFER, 1976). O entendimento dessa

interdependência é fundamental para desenvolver cidades mais eficientes e integradas.

A estrutura espacial das cidades, um reflexo direto das decisões de planejamento urbano, desempenha um papel fundamental na determinação das quantidades e proporções de viagens realizadas pelos diferentes modos de transporte (NÆSS, 2007). Cheng-Ri (2010) aprofunda essa relação, destacando a importância do fluxo de tráfego ordenado e do desenvolvimento orientado ao trânsito na dinâmica urbana. É uma relação cíclica, onde as decisões de transporte moldam os padrões de uso do solo e vice-versa, conforme evidenciado por Kelly (1994).

Haring et al. (1976) discutem o impacto dos sistemas de transporte alternativos na estrutura urbana, enfatizando a relevância da capacidade de transporte. Hooper (1968) destaca a necessidade premente de um processo mais racional e produtivo no desenho urbano e planejamento de transportes, sublinhando a importância de abordagens eficazes na construção de cidades mais sustentáveis.

A interação dinâmica entre o planejamento urbano, os transportes e a estrutura urbana é complexa. A acessibilidade, conforme destacado por Sha (2009) e Wei (2006), é um fator chave nessa interação, com implicações diretas na evolução da estrutura espacial urbana. Wegener e Fürst (2004) e Pandya e Katti (2012) ressaltam a influência do uso do solo nos fluxos de tráfego e o impacto das instalações de transporte no desenvolvimento circundante, sublinhando a importância dessas dinâmicas na avaliação de políticas urbanas e de transportes.

Eboli *et al.* (2012) e Goldberg (1972) contribuem para uma compreensão mais profunda da relação entre uso do solo e transportes, utilizando abordagens de modelagem e análise estrutural. Cao *et al.* (1998) ressaltam a necessidade de coordenação e compreensão da dinâmica tripartida entre uso do solo, desenvolvimento urbano e procura de viagens, consolidando a importância de uma abordagem integrada para o planejamento urbano e de transportes. Por fim, ressalta-se a influência vital da internet, dos SIG e da participação pública no processo de planejamento de transportes (TANG e WATERS, 2005).

A interligação entre legislação, regulamentação do uso do solo e preços imobiliários tem sido um tema consistente na literatura, evidenciando uma correlação positiva entre esses fatores (BROXTERMAN e LIU, 2019; CHO *et al.*, 2003; LIN e WACHTER, 2020; HUANG e TANG, 2012; ADAMS, 2008; MORAN, 2007; KIM, 2011). A influência significativa da legislação e do planejamento urbano no mercado

imobiliário é inegável, com alterações normativas frequentemente impulsionando flutuações e níveis elevados de preços (DYKUSOVA e GOLOVINA, 2019).

As regulamentações, que abrangem leis de zoneamento, códigos de construção e restrições ambientais, frequentemente resultam em preços imobiliários mais elevados, isso devido a limitação da disponibilidade de terrenos para desenvolvimento (BROXTERMAN e LIU, 2019; CHO *et al.*, 2003; LIN e WACHTER, 2020). Essa influência é significativa, mas é importante reconhecer que as forças do mercado podem mitigar esses efeitos (MASER *et al.*, 1977).

As dinâmicas entre preços de habitação e terrenos são profundamente influenciadas por mudanças na política fundiária (DU *et al.*, 2011). Este impacto é amplificado pelas regulamentações ambientais que incentivam o setor imobiliário a adotar práticas sustentáveis (PARSA e FARSHCHI, 1996).

Essas restrições não apenas moldam a paisagem urbana, mas também têm repercussões significativas nas finanças públicas, especialmente as regras aplicadas sobre as propriedades comerciais (HANUSHEK e QUIGLEY, 1990). Os instrumentos de regulação que controlam a área útil, também exercem influência direta nos valores dos terrenos urbanos, conforme explorado por Han *et al.* (2020).

Decisões de planejamento, como a aprovação de planos de desenvolvimento espacial, exercem influência direta nos valores da terra nos mercados imobiliários locais (FORYS e PUTEK-SZELAG, 2015). Um exemplo marcante é a política de fornecimento de terrenos urbanos na China, que é integrada ao macrocontrole estatal sobre o mercado imobiliário (YUNNAN, 2009).

Ainda, o efeito das regulamentações sobre os preços imobiliários pode ser acentuado por restrições geográficas e implicações regulamentares (LIN e WACHTER, 2020, HUANG e TANG, 2012). No entanto, em determinados contextos, as regulamentações podem contribuir para a prosperidade econômica regional, indicando a possibilidade de efeitos compensatórios (KIM, 2011).

As iniciativas e planos de mobilidade exercem uma influência significativa nos valores imobiliários. Estudos conduzidos em diferentes contextos, como na Itália (MANGIALARDO *et al.*, 2018) e nos Estados Unidos (MASSIMO, 2012), evidenciaram que edifícios comerciais com certificação verde não apenas valorizam, mas também têm uma absorção mais rápida pelo mercado. Essa tendência também se reflete no mercado imobiliário residencial, onde variáveis relacionadas à sustentabilidade,

abrangendo dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais, são capitalizadas (MIRONIUC *et al.*, 2021).

A valorização das propriedades também está associada a bairros transitáveis, caracterizados por uma maior densidade de desenvolvimento, infraestrutura para pedestres e uma combinação eficiente de uso do solo (SOHN *et al.*, 2012).

No contexto de políticas públicas de mobilidade, a proximidade do transporte público, componente essencial desse enfoque, mostra-se como um fator significativo na dinâmica urbana e na determinação dos valores da habitação (HOPKINS, 2018). O impacto positivo se notou em rotas de ônibus, sistema ferroviário urbano e ferrovias de alta velocidade (KOUTSOPOULOS, 1977; RUNGSKUNROCH *et al.*, 2020; ZHANG e JIAO, 2019).

Essas conclusões alinham-se com a tendência emergente na pesquisa de avaliação imobiliária, que reconhece os incrementos de valor associados ao desenvolvimento (KRAUSE e BITTER, 2012). Contudo, vale considerar a incerteza desses impactos para as novas infraestruturas de transporte, uma vez que podem não apenas aumentar os ganhos, mas também os reprimir (WRIGLEY *et al.*, 2001).

2.3.4 Iniciativas de Políticas Urbanas e de Mobilidade com efeitos nos Preços Imobiliários

Os seguintes estudos destacam a importância da integração entre sistemas de uso do solo e transporte para promover a sustentabilidade urbana. Carpentieri *et al.* (2019) propõem uma metodologia baseada em SIG para avaliar os impactos de intervenções ferroviárias em Nápoles, enquanto Siripanich *et al.* (2019) enfatizam o papel positivo do transporte público nos valores das propriedades em Brisbane. Mironiuc *et al.* (2021) analisam a relação entre preços de imóveis e sustentabilidade na União Europeia e Reino Unido, evidenciando a transformação do setor imobiliário em direção a práticas sustentáveis.

Xangai, China: O estudo de Rungskunroch *et al.* (2020) se concentra no impacto socioeconômico das infraestruturas ferroviárias de alta velocidade em Xangai, com ênfase no crescimento econômico, uso do solo e mobilidade urbana. Para examinar a dinâmica urbana e preços imobiliários foram aplicadas análises estatísticas, como ANOVA e regressão. Se observou que os serviços ferroviários de alta velocidade têm um papel insignificante na urbanização da região de Xangai, mas

mostram influência em outras regiões. O estudo destaca a importância dessas infraestruturas como catalisadoras do crescimento econômico global desde a sua introdução em 1964 no Japão, sendo a China um exemplo notável de crescimento associado às linhas de alta velocidade, como Pequim-Xangai e Wuhan-Guangzhou.

Milão, Itália: O estudo de Mangialardo *et al.* (2018) analisou 55 projetos de desenvolvimento de edifícios comerciais em Milão. O objetivo foi investigar se a demanda valoriza ativos imobiliários verdes e avaliar o possível incremento de valores em projetos sustentáveis. Utilizando certificações ambientais, como LEED, os resultados mostraram um incremento nos valores, especialmente para níveis mais elevados de sustentabilidade. A taxa de absorção de imóveis certificados refletiu a preferência do mercado por imóveis verdes, absorvidos em menos tempo que os não certificados.

Salatiga, Indonésia: A pesquisa de Hidayat *et al.* (2019) utiliza métodos quantitativos para investigar a correlação entre a acessibilidade e a mobilidade proporcionadas pela rede rodoviária e os preços do solo. Os resultados revelam uma correlação positiva entre mobilidade e preço da terra, destacando a influência significativa da infraestrutura viária no mercado imobiliário. O estudo aborda a interação entre o crescimento populacional, políticas habitacionais, planejamento urbano e mobilidade, com ênfase na rede rodoviária, e fornece observações sobre aspectos sustentáveis. No entanto, a acessibilidade apresenta uma correlação mais fraca, sugerindo que outros fatores podem desempenhar um papel na formação dos preços.

União Europeia e Reino Unido: O estudo de Mironiuc *et al.* (2021) analisa a relação entre os preços dos imóveis residenciais e alguns atributos de sustentabilidade nos países da União Europeia e Reino Unido durante o período de 2000-2018. Destaca a relevância do mercado imobiliário sustentável, impulsionado pela interação entre a demanda e a sensibilidade dos preços imobiliários em relação às dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais da sustentabilidade. Empregando dados em painel e modelos de regressão, evidenciam-se influências mais marcantes em países líderes na implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O artigo destaca a transformação da sustentabilidade no setor imobiliário de uma tendência de nicho para uma prática generalizada. A indústria imobiliária, agora adotando políticas globais de

desenvolvimento sustentável, procura atender às demandas dos promotores da agenda da sustentabilidade, usuários finais e da sociedade.

Brisbane, Austrália: A pesquisa de Siripanich et al. (2019) ressalta a importância do transporte público na valorização das propriedades residenciais em Brisbane, Austrália, propondo que investimentos públicos em serviços e infraestruturas de transporte contribuem positivamente para o mercado imobiliário. Além disso, destaca o valor adicionado ao mercado imobiliário resultante de investimentos públicos em infraestrutura de transporte, apoiando a adoção de mecanismos de financiamento, como impostos de captura de valor. O estudo investiga a relação entre os valores de imóveis e indicadores de acessibilidade derivados de dados de cartões inteligentes de transporte público. O artigo emprega modelos econométricos espaciais, como o modelo de erro espacial e regressão geograficamente ponderada. Ao analisar a acessibilidade ao transporte público, o estudo revela que propriedades bem conectadas e acessíveis geralmente apresentam incrementos em seus valores.

Nápoles, Itália: Aplicada em Nápoles, a pesquisa de Carpentieri *et al.* (2019) aborda a integração entre os sistemas de uso do solo e transporte visando a sustentabilidade urbana. Enfatiza a necessidade de políticas integradas para lidar com o uso sustentável do solo, transição para modos de transporte ecologicamente corretos e equidade na acessibilidade aos serviços de transporte. O estudo propõe uma metodologia baseada em SIG para avaliar os impactos de intervenções ferroviárias nas áreas urbanas, utilizando os valores imobiliários como *proxy* de requalificação urbana. A metodologia proposta demonstrou utilidade na avaliação quantitativa dos impactos pós-intervenção na integração entre sistemas de transporte e uso do solo.

Aqui serão apresentadas as estratégias e desafios encontrados pelas cidades analisadas:

a) Xangai, China:

A implantação e expansão dos serviços ferroviários de alta velocidade em Xangai, evidenciou o aumento da acessibilidade, impulsionando benefícios como aumento da taxa de emprego, renda média, produção e a dinâmica urbana e de preços imobiliários. Apesar dos benefícios econômicos, o estudo critica a visão unicamente positiva sobre o impacto das ferrovias de alta velocidade.

As características espaciais de Xangai são apontadas como barreiras estruturais que limitam o impacto desses sistemas em escalas mais amplas, indicando que, em algumas regiões, esses serviços têm um impacto relativamente baixo na dinâmica populacional e no preço do solo, desafiando a expectativa de benefícios uniformes. Ainda, ressalta-se que o sucesso desses projetos requer investimentos significativos (RUNGSKUNROCH *et al.*, 2020).

b) Milão, Itália:

A política implementada em Milão concentrou-se na promoção da sustentabilidade no setor da construção, reconhecendo-o como um significativo poluente e consumidor de energia. A União Europeia desempenha um papel regulador ao estabelecer padrões para a redução do consumo de energia em novas construções. Nesse contexto, certificações ambientais, como o LEED, ganham destaque, sendo enfatizadas para diferenciar edifícios verdes e proporcionar comparações significativas de investimentos.

O desafio central identificado foi a falta de um sistema mais amplo de classificação de sustentabilidade, resultando em diferentes protocolos de certificação em cada país. Isso dificulta a comparação entre edifícios certificados internacionalmente (MANGIALARDO *et al.*, 2018).

c) Salatiga, Indonésia:

A implementação da política de mobilidade na Indonésia é limitada pelo contexto de desenvolvimento do país. Apesar dos esforços para categorizar a rede rodoviária em diversas classes, incluindo estradas urbanas e locais, as políticas priorizam principalmente a expansão das vias urbanas.

Essa abordagem evidencia a ênfase dada à conectividade nas áreas urbanas, deixando lacunas significativas em termos de estratégias abrangentes para a mobilidade. Embora a ênfase em políticas de construção de moradias populares seja uma medida positiva, revela uma abordagem centrada na demanda habitacional, negligenciando aspectos críticos relacionados ao planejamento urbano e à eficácia das infraestruturas.

O estudo destaca que a expansão contínua da rede rodoviária influencia o crescimento habitacional descontrolado, estabelecendo uma relação recíproca. Essa interação, por sua vez, impõe limitações à acessibilidade e mobilidade na região. A

variação nos preços do solo, especialmente em áreas verdes e instalações públicas, representa um desafio decorrente do crescimento populacional e do planejamento urbano inadequado. Essas limitações destacam a necessidade de políticas mais abrangentes que integrem planejamento urbano, mobilidade e desenvolvimento habitacional de maneira mais equilibrada (HIDAYAT *et al.*, 2019).

d) União Europeia e Reino Unido:

Os países da União Europeia destacam-se na liderança de políticas abrangentes de mobilidade, impulsionadas por organizações como a Agência Europeia do Ambiente. Iniciativas notáveis incluem investimentos em transporte público, estímulo a veículos elétricos, fomento ao ciclismo e a criação de zonas de baixas emissões.

A falta de transparência e eficiência, especialmente em países menos empenhados nos ODS, é associada a fraca governança, aumento da corrupção e influência limitada das dimensões ambientais e institucionais sobre os preços. A pesquisa destaca a necessidade de melhorias na gestão do quadro institucional e na compreensão mais aprofundada de aspectos ambientais no mercado imobiliário (MIRONIUC *et al.*, 2021).

e) Brisbane, Austrália:

Brisbane aprimorou a infraestrutura de transporte, com investimentos públicos notáveis a partir de 2013, motivadas pelos dados do censo de 2011. O foco primordial foi o aprimoramento da infraestrutura de transporte, com ênfase em ações sustentáveis, implantação de tecnologias e na captura de valor. Essas ações resultaram em melhorias na mobilidade, conectividade e acessibilidade.

O estudo confrontou a limitação inerente à natureza bidirecional da relação entre os valores das propriedades e a acessibilidade, onde alterações em um podem influenciar o outro. Dada a disponibilidade apenas de dados transversais, a pesquisa limitou-se a analisar a correlação entre os valores das propriedades e a acessibilidade. No entanto, a capacidade de investigar a causalidade e a ordem temporal entre esses fatores seria valiosa para informar políticas e planejamento mais eficazes (SIRIPANICH *et al.*, 2019).

f) Nápoles, Itália:

Nápoles adota uma abordagem integrada em suas políticas urbanas e de mobilidade, buscando harmonizar o Sistema de Uso do Solo com os Sistemas de Transporte. Destacando-se como exemplo de desenvolvimento integrado, a cidade investiu em infraestruturas ferroviárias, como o metrô, associadas a intervenções de renovação urbana.

Desde o documento programático de 1994, que delineia a prioridade da integração entre uso do solo e transportes, a administração municipal desenvolveu diversos instrumentos, como o Plano Municipal de Transportes (1997) e o Plano de Estações Ferroviárias (2003). A ênfase na acessibilidade urbana foi reforçada pelo Plano das 100 Estações, focando na qualidade arquitetônica e funcional das estações e áreas adjacentes. O plano, inovador ao liderar a renovação urbana por meio da infraestrutura ferroviária, considera características distintas das estações e promove intervenções para torná-las acessíveis e catalisadoras de atividades.

Os tomadores de decisão reconhecem a necessidade imperativa de implementar políticas de integração entre uso do solo e planejamento de transporte, porém enfrentam desafios na definição de papéis, contribuições individuais e interações não lineares entre planejamento urbano, engenharia de tráfego e planejamento da mobilidade e acessibilidade (CARPENTIERI *et al.*, 2019).

O estudo sobre o caso de Xangai (RUNGSKUNROCH *et al.*, 2020), destaca lacunas na compreensão aprofundada das relações entre os serviços ferroviários de alta velocidade com o planejamento urbano sob a ótica da sustentabilidade. A pesquisa destaca a necessidade de abordagens mais sofisticadas e adaptáveis para avaliar os efeitos das infraestruturas de mobilidade em diferentes contextos urbanos.

No caso de Milão, apesar dos resultados positivos, há uma lacuna na literatura sobre a variação da Taxa Interna de Retorno (TIR) em empreendimentos imobiliários sustentáveis. Além disso, a pesquisa destaca a necessidade de investigar se a valorização da sustentabilidade pelo mercado imobiliário se estenderá a outras cidades e segmentos de mercado (MANGIALARDO *et al.*, 2018).

A partir da experiência de Salatiga, se observa que em países em desenvolvimento a compreensão da interconexão entre acessibilidade, mobilidade e preço do solo exige uma análise mais aprofundada, apresentando uma ampla lacuna para investigações (HIDAYAT *et al.*, 2019). Além disso, a lacuna de pesquisa identificada por Siripanich *et al.* (2019), é a ausência de estudos na literatura sobre a relação entre valores de propriedades e indicadores de acessibilidade.

No caso da investigação sobre a União Europeia e Reino Unido, Mironiuc *et al.* (2021) destaca a falta de dados de longo prazo para alguns países. O estudo revela como lacuna significativa, a necessidade de capitalização e identificação dos atributos de sustentabilidade sobre os preços dos imóveis residenciais.

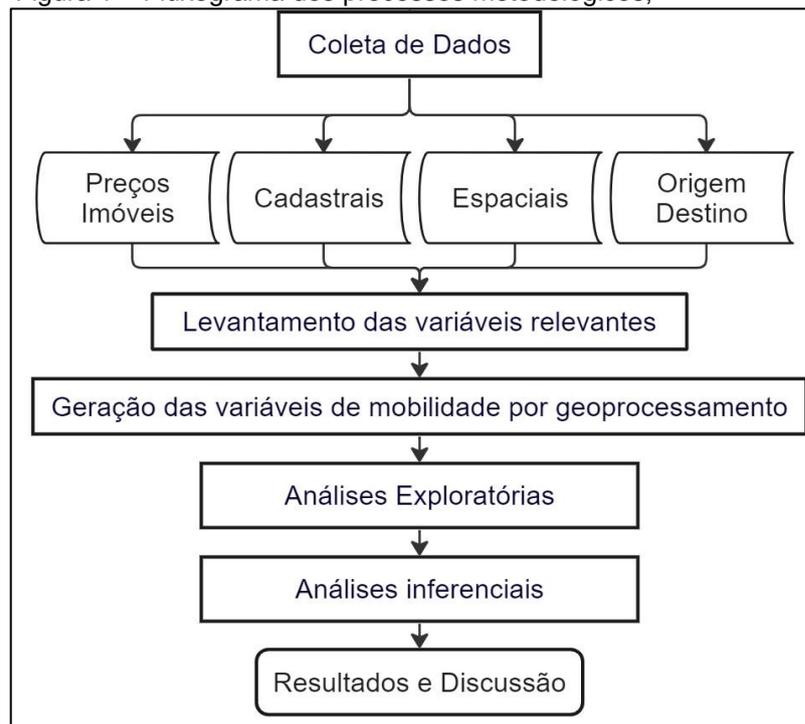
E por fim, a pesquisa de Carpentieri *et al.* (2019) em Nápoles, destaca a urgência no desenvolvimento de novas abordagens e ferramentas para analisar quantitativamente as interações entre uso do solo, planejamento de transporte e preços de imóveis, considerando a complexidade dessas dinâmicas nas áreas urbanas. O estudo sugere uma extensão da aplicação de metodologias baseada em SIG para apoiar a implementação de estratégias em diferentes contextos territoriais. Além disso, destaca a necessidade de considerar indicadores como equidade social, percepções de segurança e gênero, para uma compreensão mais abrangente dos efeitos das políticas integradas.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentada a metodologia proposta para investigação das relações entre a regulação do uso do solo, os preços imobiliários e a mobilidade urbana, integrando técnicas analíticas e dados espaciais urbanos e de mobilidade, visando identificar padrões e variáveis que influenciam significativamente os preços imobiliários.

O processo metodológico envolve as seguintes etapas: coleta de dados, geração das variáveis de mobilidade, levantamento das variáveis, análise exploratória e a modelagem inferencial de acordo com os métodos de análise do Quadro 1 no que tange a literatura que adotou análise crítica, de dados e de comparação e cenários. O Fluxograma da Figura 1 apresenta a estrutura da metodologia desta Tese.

Figura 1 – Fluxograma dos processos metodológicos;



Fonte: O Autor (2024).

3.1 COLETA DE DADOS

A fase de coleta de dados abrange os doze bairros da pesquisa e será realizada considerando três períodos temporais distintos (2000, 2010 e 2020). Essa abordagem abrange uma gama de informações, do qual inclui preços imobiliários, dados

cadastrais territoriais, informações espaciais relacionadas à infraestrutura urbana e transportes, bem como dados oriundos de pesquisas de origem-destino. Além da coleta desses dados, foi efetuado um processo de compilação de informações oficiais provenientes de diversas fontes, tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Prefeitura da Cidade do Recife e Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS, 2022). Essa abordagem visa garantir uma base de dados abrangente e confiável para a condução das análises e modelagens inferenciais.

3.1.1 Preços de Imóveis

A coleta de dados referentes aos preços de imóveis envolve informações sobre transações imobiliárias nos anos de referência (2000, 2010 e 2020). Fontes confiáveis, como registros oficiais de transações da Secretaria de Finanças da Prefeitura do Recife, foram exploradas para garantir a precisão e a representatividade dos preços considerados. Esses dados das transações de imóveis residenciais verticais atendem a critérios de qualidade internos da Secretaria de finanças utilizados para modelagens econométricas, que dizem respeito a precisão, integridade, consistência, confiabilidade, padronização e completude dos dados.

3.1.2 Cadastrais

A coleta de dados cadastrais abrange informações essenciais, incluindo detalhes sobre a propriedade, localização, tamanho, tipo de imóvel, entre outras variáveis tradicionais que influenciam os valores de propriedades, disponibilizados pela Secretaria de Finanças da Prefeitura do Recife. A integração desses dados cadastrais permite uma compreensão aprofundada das características físicas e do ambiente urbano em cada recorte temporal. Esses dados servem como base para análises que exploram as relações entre a infraestrutura urbana, os preços imobiliários e as políticas de mobilidade.

3.1.3 Espaciais

A partir da coleta de dados espaciais, incluindo ortofotos e vetores da divisão territorial e das infraestruturas urbanas, é realizada uma análise detalhada de

elementos como redes viárias, transporte público, áreas verdes e equipamentos urbanos. Esses dados estão disponíveis no Sistema ESIG (2022). A utilização de técnicas de georreferenciamento, como as ferramentas de geovisualização e operações vetoriais de união, recorte e intersecção, permitem mapear a distribuição espacial desses elementos ao longo do tempo. Esses dados espaciais contribuem para avaliar como a infraestrutura urbana influencia os padrões de valorização imobiliária (ESIG, 2022).

3.1.4 Origem-Destino

A coleta de dados provenientes de pesquisas de origem-destino é fundamental para compreender os padrões de deslocamento da população ao longo dos diferentes períodos temporais.

As informações foram coletadas por meio de pesquisas realizadas nos anos de 1997 e 2018 (ICPS, 2022), abrangendo dados sobre os padrões de viagem, quantificação de viagens por zonas de tráfego e os diferentes modos de transporte utilizados pela população do Recife. Vale destacar que, no caso da pesquisa de 1997, da qual necessita realizar a expansão dos dados. Esse procedimento pode ser realizado com base nos fatores disponibilizados no próprio banco de dados, visando ajustar os valores amostrais para refletir de maneira mais precisa o panorama completo das viagens nas diversas zonas de tráfego.

A análise desses dados permite identificar padrões de mobilidade e correlacioná-los com as mudanças nos preços imobiliários (ICPS, 2022).

3.2 LEVANTAMENTO DAS VARIÁVEIS RELEVANTES

Nesta etapa, desenvolve-se o levantamento das variáveis alicerçadas na literatura e nas informações coletadas, conforme descrito no item 2.3.1.1, enfatizando as variáveis tradicionais para explicar a variabilidade de preços no mercado imobiliário (CARBONARA et al., 2021; MANGANELLI et al., 2014; WANG et al., 2020). As variáveis intrínsecas e extrínsecas aos imóveis, bem como as relacionadas com os indicadores de mobilidade.

3.3 GERAÇÃO DE VARIÁVEIS DE MOBILIDADE

Antes da manipulação e geração de dados por meio do geoprocessamento, é fundamental lidar com a diversidade do conjunto de dados coletados, preços de imóveis, informações cadastrais, dados espaciais e de origem-destino. Esses dados provêm de fontes diversas, incluindo diferentes setores e secretarias, como na colaboração da Prefeitura do Recife. A interconexão ou "ligação" entre essas informações é indispensável, visando estabelecer a aglutinação entre as variáveis das diversas fontes à suas respectivas células básicas, neste caso, pelas unidades imobiliárias.

A chave primária escolhida para efetuar essa integração por meio de geoprocessamento é o número de inscrição imobiliária. Em determinadas situações, a própria localização espacial pode ser utilizada como parâmetro, identificada pelos respectivos pares de coordenadas.

Seguindo a fase do processo, serão geradas as variáveis para a compreensão da mobilidade. Utilizando os dados espaciais, serão calculados índices fundamentais, tais como os de microacessibilidade, desenho urbano, diversidade do uso do solo e densidades (BHAT e GOSSEN, 2004; CERVERO e KOCHELMAN, 1997; PORTUGAL, 2017). Além disso, será realizado um tratamento específico das informações provenientes dos dados de origem-destino, relacionando-os às suas respectivas zonas de tráfego.

A obtenção dessas variáveis ocorrerá por meio de operações clássicas de geoprocessamento vetoriais, incluindo *buffers*, interseção, união e entre outros, conforme detalhado no Quadro 2. A aplicação de operações aritméticas se dá por meio de operações na respectiva tabela de atributos dos dados descritivos, o que resulta nos índices de mobilidade almejados. Este processo proporciona uma melhor compreensão das relações entre os padrões espaciais de mobilidade e os valores imobiliários.

Quadro 2 – Quadro resumo das operações para obtenção das variáveis de mobilidade.

Continua

| Variável | Descrição | Procedimento de obtenção |
|------------|---------------------------|---|
| Dist_ViaPr | Distância à via principal | Através da ferramenta "Distância do Hub", do plugin "Proximidade" |

Continuação

| | | |
|-------------|--|---|
| Dist_Pracas | Distância à praça/parque mais próximo | Igual a descrição acima |
| DENSQ3 | Densidade de quadras dentro de um raio de 150 metros do dado | Criação de buffers em torno dos pontos da amostra e, para cada recorte de quadra, conversão dos polígonos em pontos centróides usando a função "Centróides" para posterior contagem de interseções com os buffers. |
| ALPHA | Índice Alpha de desenho urbano | Utilização da ferramenta "Interseções de Linhas" para gerar uma camada de pontos a partir da malha viária do (ESIG, 2022), representando os nós das vias. Posteriormente, se conta os nós dentro de cada buffer dos dados da amostra. Combinando essas informações com a contagem de quarteirões gerada anteriormente para cada buffer, se aplica a equação do índice Alpha, realizando observação manual do ajuste para cada buffer. |
| N4_PAR_ON | Número de Paradas de Ônibus dentro de um raio de 400 metros do dado | Contagem de pontos dentro de polígonos de um buffer usando a ferramenta "Contagem de Pontos em Polígonos". |
| QNT400_LIN | Número de Linhas de Ônibus dentro de um raio de 400 metros do dado | Interseção de buffers com linhas e conversão de cada linha em um ponto centróide utilizando a função "Ponto no Centróide", para possibilitar uma contagem subsequente. |
| DENSIDADE | Densidade de habitantes agregados em setores censitários | Vinculação dos dados descritivos do IBGE(2022) com informações espaciais dos setores censitários utilizando a ferramenta de junção (join) por meio de uma chave única, como o identificador do setor censitário. |
| TX_ME_ | Taxa de concentração de empresas/autônomos com cadastro mercantil registrado na PCR para um raio de 150 metros do dado | Contagem de pontos dentro de polígonos de um buffer usando a ferramenta "Contagem de Pontos em Polígonos". |

Continuação

| | | |
|----------|--|---|
| NV_MIC | Nº de Viagens Dentro da própria ZT | Vinculação dos dados descritivos das pesquisas de Origem-Destino com informações espaciais das zonas de tráfego usando a ferramenta de junção (join) por meio de uma chave única, como o identificador da zona de tráfego. |
| NV_MEZ | Nº de Viagens para ZT vizinhas | Igual a descrição acima |
| NV_MAC | Nº Viagens Fora da própria ZT e Vizinhas | Igual a descrição acima |
| NV_TT | Nº Total de Viagens de origem na ZT | Igual a descrição acima |
| NV_MPRIV | Nº de Viagens Motorizadas Privada na ZT | Igual a descrição acima |
| NV_MPUB | Nº de Viagens Motorizadas Público na ZT | Igual a descrição acima |
| NV_ATV | Nº de Viagens Ativas na ZT | Igual a descrição acima |
| NV_OUTR | Nº de Viagens de Outros tipos na ZT | Igual a descrição acima |
| A_COMERC | Área total de imóveis comerciais para um raio de 150 metros do dado | Utilizar a ferramenta "Selecionar por Expressão" para isolar os lotes de uso específico na camada de lotes do (ESIG, 2022). Criar uma camada a partir da seleção. Em seguida, utilizar a ferramenta "Interseção" para cruzar os buffers gerados das posições dos dados com a camada de lotes de uso específico. Por fim, utilize a ferramenta "Calculadora de Campos" para calcular a área de uso correspondente a cada buffer. |
| A_OUTROS | Área total de imóveis (outros usos) para um raio de 150 metros do dado | Igual a descrição acima |
| A_RESID | Área total de imóveis residenciais para um raio de 150 metros do dado | Igual a descrição acima |

Conclusão

| | | |
|--------|--|--|
| A_EDUC | Área total de imóveis educacionais para um raio de 150 metros do dado | Igual a descrição acima |
| A_SAUD | Área total de hospitais raio de 150 metros do dado | Igual a descrição acima |
| Entrop | Índice de Entropia, de diversidade do uso do solo, para um raio de 150 metros do dado | Utilizar a ferramenta "Unir Atributos por Localização" para combinar as informações de áreas de cada camada sobre usos gerados anteriormente. Em seguida, utilizar a "Calculadora da Tabela de Atributos" para calcular a área total do buffer e a porcentagem correspondente a cada tipo de uso. Finalmente, aplicar a equação do índice na "Calculadora da Tabela de Atributos" para gerar o índice correspondente para cada ponto de dado da amostra. |
| Dissim | Índice de Dissimilaridade, de diversidade do uso do solo, para um raio de 150 metros do dado | Igual a descrição acima |

Fonte: O Autor (2024).

3.4 ANÁLISES EXPLORATÓRIAS

A análise exploratória dos dados abrange diversas perspectivas. Na presente Tese, inclui análises de estatísticas descritivas para compreender a distribuição e tendências das variáveis e análises espaciais para identificar padrões. Essas análises visam uma compreensão aprofundada da estrutura das informações e dos fenômenos abordados neste estudo, além de refinarem as variáveis identificadas na literatura (SCHULZ, 2002; DANTAS, 2012; ABIDOYE *et al.*, 2019; PAGOURTZI *et al.*, 2007).

Foram criados gráficos individuais de dispersão para cada variável independente em relação à variável dependente, que, neste caso, corresponde aos preços imobiliários. Essa abordagem visa analisar de forma visual as tendências, dispersões e relações entre as variáveis, permitindo uma observação direta de como cada fator isoladamente influencia os preços imobiliários. Essa análise gráfica oferece uma melhor compreensão sobre a natureza das relações e permite comparar as

observações com as expectativas estabelecidas na literatura, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos padrões e comportamentos presentes no conjunto de dados (DANTAS, 2012).

Ao final dessa etapa, almeja-se uma compreensão mais ampla do impacto da regulação do uso do solo ao longo do tempo. Isso inclui não apenas os efeitos nos preços imobiliários, mas também nos padrões de deslocamentos entre as zonas de tráfego e nos indicadores de mobilidade.

3.4.1 Análise Espacial

Adicionalmente, nesta fase de análises exploratórias, pretende-se consolidar os dados levantados por meio de espacialização e interligação dessas informações, demandando ajustes nos sistemas de referência geodésicos e de projeção cartográfica.

No estágio inicial da análise, foram gerados mapas que destacam as variáveis que permanecem inalteradas ao longo do período investigado, abrangendo elementos como a infraestrutura urbana e de transporte, juntamente com indicadores de desenho urbano. Posteriormente, foram gerados os mapas que evidenciam as variáveis que sofreram alterações ao longo dos três recortes temporais em estudo. Esses incluem o mapa que ilustra a evolução da verticalização urbana, os mapas das zonas de tráfego e a dinâmica das viagens, o mapeamento das densidades demográficas e de registros de atividades mercantis. Além disso, foi gerado o mapa que representa os indicadores de diversidade do uso do solo (CORDERA *et al.*, 2019; DORANTES *et al.*, 2011; LEONTEV e MAYBUROV, 2021).

Por fim, foi elaborado o mapa resultante da interpolação por krigagem ordinária dos preços imobiliários, proporcionando uma visão detalhada da transformação e evolução do ambiente urbano ao longo do tempo.

A compreensão e síntese dessas informações são fundamentais para estruturar e selecionar as variáveis relevantes, inclusive para orientar a estratégia das modelagens inferenciais, servindo como base para as próximas etapas da pesquisa (EFTHYMIU e ANTONIOU, 2014; JAYANTHA *et al.*, 2015; LIESKE *et al.*, 2021).

3.5 ANÁLISES INFERENCIAIS

Ao que se refere às análises inferenciais, inicialmente se destaca a análise bivariada para examinar os recortes temporais de cada variável, com o emprego do teste de Kruskal-Wallis para detectar diferenças entre grupos (CONOVER, 1999). Simultaneamente, a regressão linear, iniciada com variáveis tradicionais de modelos de preços de imóveis e subsequentemente expandida para incluir fatores de mobilidade. Ao final do processo inferencial, se realiza testes dos pressupostos dos modelos de regressão, para validar ou refinar as hipóteses iniciais (MARTÍNEZ e VIEGAS, 2009; MORANO *et al.*, 2019).

3.5.1 Análise Bivariada

Esta etapa envolve a condução de uma análise bivariada para comparar os recortes temporais de cada variável. Esse procedimento pode ser realizado por meio do teste de Kruskal-Wallis (CONOVER, 1999), uma abordagem não paramétrica adequada para avaliar diferenças significativas entre múltiplos grupos. Nesse teste, a hipótese nula é de que não há alterações estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$) entre os três horizontes temporais para cada variável considerada.

Após a aplicação do teste, serão gerados gráficos box-plot para aprofundar a comparação entre recortes e variáveis. Esses gráficos fornecerão uma representação visual das distribuições das variáveis ao longo dos diferentes períodos investigados, facilitando a identificação de padrões, tendências e discrepâncias entre os recortes temporais.

Essa abordagem permite uma compreensão mais aprofundada das mudanças nos dados ao longo do tempo, sobre a evolução das variáveis em análise e destaca potenciais relações ou diferenças significativas entre os recortes temporais.

3.5.2 Modelos de Regressão Linear

O processo de modelagem por regressão linear se inicia com a abordagem tradicional de preços imobiliários, incorporando variáveis intrínsecas dos imóveis, como área, andar, idade e padrão construtivo. Posteriormente, ocorre a inclusão de variáveis derivadas de índices de mobilidade, notadamente aquelas associadas aos

5D's (CERVERO e KOCKELMAN,1997; LOO e DU VERLE,2017; DEGHANMONGABADI e HOŞKARA, 2020) – densidades, diversidade de uso do solo, desenho urbano, disponibilidade de transporte público e destinos acessíveis.

Na última etapa do procedimento, a modelagem conduz à análise inferencial, onde são testados os pressupostos fundamentais dos modelos de regressão, e são verificadas as hipóteses e variáveis previamente levantadas. Tal qual apresentado no item 2.3.1, este estágio proporciona uma avaliação da relação entre os preços imobiliários e as variáveis consideradas, para validar ou refinar as hipóteses formuladas no início do processo (ABIDOYE *et al.*, 2019; DANTAS, 2012; PAGOURTZI *et al.*, 2007).

O MCRL deve atender a pressupostos básicos que são: dados sem perturbações, parâmetros constantes, modelo linear na forma da Equação 6 e matricialmente na forma da Equação 8, erros com distribuição normal, baixa correlação entre as variáveis independentes, homoscedasticidade e aleatoriedade dos resíduos com esperança nula (Equação 7).

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (8)$$

Onde,

Y: Vetor de retorno, de variáveis dependentes.

β : Vetor de parâmetros

X: Matriz de variáveis independentes

ε : Vetor de resíduos, ou de erro aleatório não explicado.

Para minimizar os resíduos e aperfeiçoar o paradigma ao conjunto conforme descreve a Equação 9, este método permite estimar os parâmetros na forma da Equação 10.

$$\sum_{i=0}^n e_i^2 \quad (9)$$

$$b = (X'X)^{-1} X'y \quad (10)$$

Para eficiência desse método, a medida da qualidade do modelo em relação a estimação correta do vetor resposta será dada pelo coeficiente de determinação da

Equação 11, que deve apresentar valor igual ou superior a 80% (PAGOURTZI *et al.*, 2003; ADETILOYE e EKE, 2014; SCARRETT e OSBORN, 1990; DANTAS, 2012).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (11)$$

Deve-se atender também aos testes de significância dos coeficientes para estimadores com distribuição centrada em β e variância do erro ($\sigma^2(X'X)^{-1}$), dado pela estatística t para a variável j na forma da Equação 12, onde a_{jj} é elemento de $((X'X)^{-1})$, e aplicando t_j na curva acumulada da distribuição t de Student com $(n - k - 1)$ graus de liberdade, se espera que essa significância seja inferior a 5% (SCHULZ, 2002; DANTAS, 2012; ABIDOYE *et al.*, 2019; PAGOURTZI *et al.*, 2007).

$$t_j = \frac{b_j}{s\sqrt{a_{jj}}} \sim t(n - k - 1) \quad (12)$$

E para o teste de significância global do modelo ao utilizar o teste F através da estatística da Equação 13, onde testa a hipótese nula ($H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$) para nenhuma variável explicando o fenômeno e a hipótese alternativa (H_1 ao menos $\beta_j(j = 1, \dots, k) \neq 0$) onde ao menos uma variável contribui na variabilidade de preços, se espera que essa significância seja inferior a 5% (SCHULZ, 2002; DANTAS, 2012; ABIDOYE *et al.*, 2019; PAGOURTZI *et al.*, 2007).

$$F_c = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2} \times \frac{(n - k - 1)}{k} \quad (13)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados da aplicação da metodologia proposta, neste caso, se busca a aplicabilidade da abordagem proposta por meio da análise que busca compreender como os preços imobiliários são afetados por indicadores do impacto da Lei dos Doze Bairros na promoção da mobilidade. Ao seguir as etapas metodológicas detalhadas no capítulo anterior, foram coletados dados de diversas fontes e conduzidas análises a fim de compreender as relações entre a regulação urbanística, os preços imobiliários e a mobilidade. Os resultados obtidos proporcionam descobertas sobre o funcionamento da dinâmica urbana, e as implicações diretas sobre o mercado imobiliário em relação à mobilidade.

4.1 ESTUDO DE CASO

Este estudo concentra-se na análise da região composta por doze bairros no Recife, delimitada pela Lei Municipal nº 16.719 (RECIFE, 2001), conhecida como a "Lei dos Doze Bairros". Abrangendo os bairros Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro Tamarineira. A Figura 2 fornece uma representação visual da região.

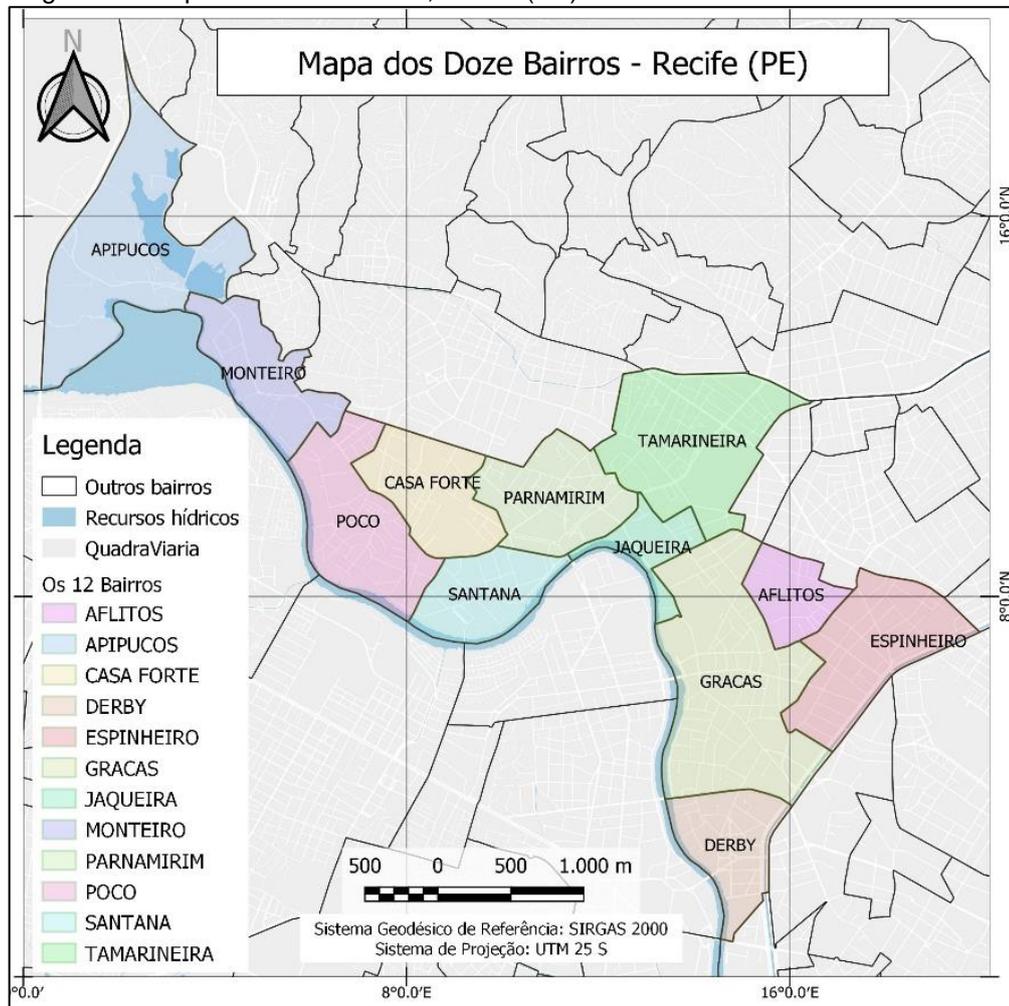
4.1.1 História e Implementação da Lei dos Doze Bairros

A denominada "Lei dos Doze Bairros" é a Lei Municipal 16.719/2001 da cidade do Recife (RECIFE, 2001), que estabeleceu novas diretrizes para uma parte da cidade. Essa legislação foi criada com o objetivo de promover o ordenamento e o desenvolvimento urbano em doze bairros da zona norte do Recife: Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro da Tamarineira (até o limite da Avenida Norte). Essa região foi identificada como área com potencial para realinhamento do seu crescimento ordenado e sustentável.

A criação da Lei dos Doze Bairros em 2001 no Recife (RECIFE, 2001), se torna especialmente relevante em um contexto em que a cidade enfrenta questões como o desenvolvimento especulativo e a gentrificação. Esses desafios evidenciam a necessidade de uma intervenção regulatória para equilibrar o crescimento urbano com

preocupações sociais e preservação do espaço urbano (MONTEIRO e CARVALHO, 2016; LEITE e PEIXOTO, 2009).

Figura 2 – Mapa dos Doze Bairros, Recife (PE).



Fonte: O Autor (2024).

Almeida e Corrêa (2012) e Reynaldo *et al.* (2013) contribuem para a contextualização ao discutir o impacto da urbanização e a reconfiguração da estrutura espacial da cidade. A Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001), ao ser criada em 2001, surge em um cenário em que a urbanização intensa e as mudanças na estrutura urbana demandam uma abordagem regulatória para orientar o desenvolvimento.

Silva e Vries (2022) e Maia (1995) complementam essa narrativa explorando o direito à cidade e a regulamentação do uso do solo, especialmente com um foco na inclusão de comunidades marginalizadas. A criação da Lei reflete, assim, uma tentativa de garantir não apenas o desenvolvimento urbano, mas também a equidade e a participação de diversos grupos na construção da cidade.

O ciclo de legislações de regulação urbana no Recife teve início no início do século XX, quando a cidade passou por um processo de modernização e expansão urbana. A cidade enfrentava desafios relacionados à infraestrutura, moradia e saúde pública. O crescimento desordenado, aliado à precariedade das condições de vida em determinadas áreas urbanas, evidenciava a necessidade de políticas públicas voltadas para a melhoria das condições de vida da população (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2008 *apud* STORCH, 2000; NUNES, 2017).

A Lei Municipal 1.051 de 11 de setembro de 1919 (RECIFE, 1919) foi a primeira legislação a estabelecer uma divisão da cidade com o objetivo de ordenar o crescimento urbano. A cidade foi dividida em quatro perímetros radiais concêntricos, denominados Principal, Urbano, Suburbano e Rural, e subordinou as construções e reformas do Recife às disposições nela estabelecidas, visando estabelecer padrões para as intervenções no espaço urbano. Ao longo do tempo, foram estabelecidos limites de altura para edifícios em determinadas áreas da cidade, visando controlar o adensamento e a verticalização urbana (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2008; NUNES, 2017).

Na década de 1960, o Recife passava por um período de intensas transformações urbanas, impulsionadas pelo crescimento populacional e industrialização, com a persistência dos mesmos problemas do início do século XX. Dentro desse contexto, o Código de Obras e Posturas de 1961 (RECIFE, 1961) e a Lei 14.511 de 1983 (RECIFE, 1983) representaram importantes avanços na tentativa de ordenar o crescimento urbano (NUNES, 2008 *apud* STORCH, 2000).

O Código de Obras e Posturas de 1961 (RECIFE, 1961) representou um marco na regulamentação urbanística do Recife. Dividiu a cidade em três setores: Setor Urbano, Setor Suburbano e Setor Rural, cada um com suas especificidades e normas de ocupação. Estabeleceu normas para as construções, reformas e demais intervenções no espaço urbano, normas para a ocupação e uso de terrenos, bem como definiu áreas para uso residencial, comercial, industrial, entre outros (NUNES, 2008 *apud* STORCH, 2000).

Além disso, estabeleceu regras para a instalação de equipamentos urbanos, como postes de iluminação e telefones públicos. Definiu normas para a segurança das edificações, e de higiene e saúde pública, como a obrigatoriedade de instalação de sistemas de esgoto e água potável. Embora o código não tenha especificado

gabaritos para as edificações, sua abrangência e detalhamento contribuíram para uma maior organização do espaço urbano (LACERDA *et al.*, 2018; NUNES, 2017).

A Lei 14.511 de 1983 (RECIFE, 1983) representou um avanço significativo ao estabelecer diretrizes específicas para o uso e ocupação do solo no Recife. A lei dividiu a cidade em áreas de Expansão Urbana e Área Urbana, cada uma com suas particularidades e diretrizes específicas. Além disso, a lei definiu zonas com parâmetros urbanísticos diferenciados, como Zonas de Atividades Múltiplas, Zonas Residenciais, Zonas Industriais, Zonas Especiais e Zonas Verdes. Essa divisão permitiu uma abordagem mais detalhada e específica para o desenvolvimento urbano, levando em consideração as diferentes necessidades e características de cada área da cidade (LACERDA *et al.*, 2018; NUNES, 2017).

A lei definiu parâmetros urbanísticos específicos para cada zona e setor, contemplando aspectos como gabarito, taxa de ocupação e recuos. Com ela, foram estabelecidas diretrizes específicas para a ocupação urbana, considerando aspectos como preservação natural, proteção especial e ocupação urbana de baixa densidade, contemplando normas para preservação do patrimônio histórico e cultural (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Em 1996, a Lei 16.176 (RECIFE, 1996) revogou a Lei 14.511 (RECIFE, 1983), a partir de então a cidade foi dividida em quatro macrozonas: Zonas de Urbanização Preferencial (ZUP), Zonas de Urbanização de Morros (ZUM), Zona de Urbanização Restrita (ZUR) e Zonas de Diretrizes Específicas (ZDE). A nova lei simplificou alguns parâmetros e tornou-se a mais flexível de todas as suas antecessoras, referindo-se ao planejamento adequado quanto ao uso e ocupação do solo tendo como diretriz o desenvolvimento da cidade e a sua política urbana. A partir da Lei 16.176 (RECIFE, 1996), foram estabelecidos novos parâmetros urbanísticos para a cidade, como a definição de coeficiente de aproveitamento, faixa de solo natural e regras de afastamentos (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Na década de 1990, a cidade passou por um processo acelerado de expansão imobiliária, com a construção de edifícios cada vez mais altos e a ocupação de áreas antes destinadas a outros usos. Esse processo gerou diversos problemas como congestionamentos, sobrecarga nos serviços públicos e perda de áreas verdes e de patrimônio histórico e cultural. Além disso, a falta de regulamentação específica para o uso e ocupação do solo em algumas áreas da cidade contribuiu para a baixa

diversificação de usos do espaço urbano e elevação da especulação imobiliária (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).

O bairro das Graças é um ponto de conexão entre diversas áreas da cidade do Recife, estabelecendo ligações entre a zona oeste e a Avenida Caxangá, bem como entre o bairro do Derby e a Avenida Agamenon Magalhães, proporcionando acesso a Olinda e aos bairros da zona sul. Sua localização central e tradicional foram fatores atrativos para o mercado imobiliário, resultando em congestionamentos e deficiências nos serviços públicos.

Em contraste, Casa Forte destacou-se como uma nova opção no mercado imobiliário, oferecendo áreas verdes, baixa densidade populacional e um tráfego equilibrado, sugerindo um padrão de qualidade de vida atrativo. No entanto, a crescente presença de torres habitacionais, conhecidas como "espigões", provocou inquietação e oposição por parte dos moradores (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).

Na época, moradores das Graças protestaram contra torres recentemente aprovadas, enquanto Casa Forte se mobiliza para evitar tornar-se semelhante ao primeiro. Esses protestos envolvem políticos, a igreja católica e representações sociais, alcançando o Executivo Municipal. Ambos os bairros buscam melhorias na qualidade de vida, refletindo uma tendência mais ampla de mobilização popular em bairros de classe média e média-alta, como é observado também em Espinheiro (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

A Prefeitura do Recife conduziu um estudo abrangente sobre o adensamento construtivo, verticalização, impacto no sistema viário e preservação das condições habitacionais em diversas áreas da cidade. O estudo revelou saturação no tráfego em bairros como Derby, Graças, Espinheiro e Aflitos, com indicativos de saturação iminente em Casa Forte, além de preocupações com a degradação ambiental. Destacando a importância econômica da atividade imobiliária, enfatizou-se a necessidade de colaboração entre o poder público e a sociedade para criar alternativas locacionais e instrumentos urbanísticos (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Diante dessas conclusões, o Conselho de Desenvolvimento Urbano (CDU) do Recife formou grupos de trabalho para identificar novas áreas para investimentos imobiliários e estabelecer parâmetros urbanísticos, especialmente para os doze bairros específicos. Propôs-se ampliar as restrições existentes, aplicadas inicialmente

ao Poço da Panela e às Graças, a esses doze bairros, com a Prefeitura compartilhando a responsabilidade de legitimar essa decisão. Essas restrições basearam-se nos Decretos Municipais 18.397/99 e 18.415/99, que suspendiam a análise de projetos de edificações com mais de sete andares (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).

Em 11 de junho de 2001, o Executivo Municipal emitiu o Decreto 18.844/01, suspendendo por sessenta dias a análise de projetos iniciais e consultas de viabilidade para edificações com mais de sete pavimentos e/ou mais de cem vagas de veículos nos doze bairros, inaugurando assim a "Lei dos Doze Bairros" (RECIFE, 2001). Posteriormente, esse decreto teve seu prazo prorrogado pelo Decreto 18.909/01 em 10 de agosto de 2001 (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Em 2001, durante as reuniões do CDU, uma parte significativa das discussões abordou o impacto do tráfego decorrente de novas construções, considerando fatores como ruas estreitas e aumento do fluxo de veículos. A Prefeitura expressou preocupações com o aumento projetado de 2.439 vagas de veículos na região dos Doze Bairros, resultando na decisão de manter o Decreto 18.844/01. Além disso, foram apresentadas as propostas dos grupos de trabalho estabelecidos por esse decreto, as quais receberam apoio da Prefeitura (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Posteriormente, um segundo estudo introduziu a "Área de Reestruturação Urbana" com condições específicas de uso e ocupação do solo. Esse estudo também incorporou o parâmetro urbanístico do gabarito, juntamente com coeficientes de utilização, taxa de solo natural e afastamentos iniciais já previstos na legislação vigente (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).

Em 14 de setembro de 2001, o CDU votou e aprovou o Anteprojeto de Lei para a criação da Área de Reestruturação Urbana, concluindo os novos parâmetros urbanísticos propostos para os doze bairros (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

A Seção I da Zona de Reestruturação Urbana, conforme definida no Artigo 6º (RECIFE, 2001), estabelece a composição dessa zona em três setores distintos: SRU1, SRU2 e SRU3. Cada setor é caracterizado por diferentes padrões de adensamento, uso do solo e características ambientais.

O Setor de Reestruturação Urbana 1 (SRU1) é designado como:

área adensada construtivamente, diversificada em usos, com habitações predominantemente multifamiliares e com as principais vias saturadas em termos de fluxo, requerendo parâmetros urbanísticos capazes de contribuir

para um melhor equilíbrio entre a área construída e a oferta de infraestrutura viária (RECIFE, 2001).

O Setor de Reestruturação Urbana 2 (SRU2) é identificado como:

área que apresenta um acelerado processo de transformação no que se refere ao uso e à ocupação do solo, requerendo parâmetros urbanísticos capazes de evitar um desequilíbrio entre área construída e oferta de infraestrutura e conservar elementos singulares ainda existentes em termos de sua tipologia arquitetônica (RECIFE, 2001).

O Setor de Reestruturação Urbana 3 (SRU3) é delimitado como:

área que margeia o Rio Capibaribe e apresenta tipologia predominantemente unifamiliar, requerendo parâmetros urbanísticos capazes de conservar elementos singulares ainda existentes em termos de sua paisagem natural (RECIFE, 2001).

A Lei definiu instrumentos e parâmetros urbanísticos, como limites de gabarito para as construções, o que reduziu a altura dos novos edifícios em algumas áreas. Estabeleceu afastamentos mínimos para as construções em relação às vias públicas, o que contribuiu para a melhoria da qualidade do espaço urbano, além de outras condições de uso e ocupação do solo e diretrizes para a melhoria da infraestrutura urbana.

A Seção III da Lei (RECIFE, 2001) aborda o parcelamento nas diferentes zonas de reestruturação urbana (SRU). O Artigo 13 permite “o remembramento na SRU 1, exclusivamente, para implantação de edificação com no máximo 60,00m (sessenta metros) de gabarito desde que atendidos os requisitos especificados no Anexo 6 desta Lei.” (RECIFE, 2001). O Parágrafo Único exclui dessa permissão os Setores de Preservação Rigorosa (SPRs) das Zonas Especiais de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural (ZEPHs) na SRU 1, cujos parâmetros estão detalhados nos anexos da Lei (RECIFE, 2001).

De maneira análoga, o Artigo 14 estabelece permissões semelhantes para a SRU 2, com gabarito máximo de 36,00m, e o Artigo 15 para a SRU 3, com gabarito máximo de 12,00m (RECIFE, 2001). Os parágrafos únicos em ambos os artigos excluem os SPRs das ZEPHs nas respectivas SRUs, com seus parâmetros especificados no Anexo 8 da Lei (RECIFE, 2001).

A Seção IV trata do Sistema Viário na ARU (RECIFE,2001). O Artigo 16 estabelece que o sistema viário regula os usos e atividades permitidos na ARU, em conformidade com Lei nº 16.176 (RECIFE, 1996).

O Artigo 17 destaca que o “sistema viário da ARU integra o Sistema Viário do Município, composto pelos Corredores de Transporte Rodoviário e demais vias

urbanas, sendo classificadas, conforme o Artigo 34 da Lei 16.176/96”. O Parágrafo Único especifica que esses Corredores de Transporte estão listados no Anexo 3, modificando o disposto na Lei nº 16.176 (RECIFE, 1996).

O Artigo 18 (RECIFE,2001) complementa a classificação das vias urbanas na ARU, além da prevista no Artigo 34 da Lei nº 16.176 (RECIFE, 1996), categorizando-as com base no dimensionamento médio de suas seções transversais. As categorias são: nível A para vias com as maiores dimensões, nível B para aquelas com dimensões médias e nível C para as de menores dimensões (RECIFE,2001).

Os detalhes e a listagem das vias e suas categorias de dimensionamento estão no Anexo 4 da Lei (RECIFE,2001). O § 2º destaca que “novas vias e aquelas não previstas no Anexo 4 desta Lei serão objeto de análise e classificação pelo Órgão Municipal competente” (RECIFE,2001).

A Seção IV trata do Sistema Viário na ARU (RECIFE,2001). O Artigo 16 estabelece que o sistema viário regula os usos e atividades permitidos na ARU, em conformidade com Lei nº 16.176 (RECIFE, 1996).

O Capítulo V da Lei (RECIFE, 1996) trata da ocupação do solo na ARU, com a Seção I especificando os Parâmetros Urbanísticos. O Artigo 28 estabelece os “parâmetros urbanísticos reguladores da ocupação do solo na ARU: I - Gabarito máximo - Gm; II - Taxa de solo natural do terreno - TSN; III - Coeficiente de utilização do terreno - μ ; IV - Afastamentos das divisas do terreno - Af., Al. e Afu.” (RECIFE, 1996). O resumo dos parâmetros urbanísticos do Anexo 6 da Lei (RECIFE,2001) está na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos parâmetros urbanísticos do Anexo 6 da Lei RECIFE (2001)

| Categoria de dimensionamento das vias | Gabarito (metros) | Afastamentos iniciais mínimos (Af) | | | SRU1 | | SRU2 | | SRU3 | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | Frontal | Lateral e fundos | | TSN (%) | μ | TSN (%) | μ | TSN (%) | μ |
| | | | Edf. \leq 2 pavtos. | Edf. $>$ 2 pavtos. | | | | | | |
| A | \leq 60 | 7,00 | Nulo/1,50 | 3,00 | 30 | 3,50 | 50 | 3,00 | 60 | 2,00 |
| B | \leq 48 | 7,00 | Nulo/1,50 | 3,00 | 30 | 3,50 | 50 | 2,50 | 60 | 2,00 |
| C | \leq 24 | 7,00 | Nulo/1,50 | 3,00 | 30 | 3,50 | 50 | 1,50 | 60 | 2,00 |

Fonte: RECIFE (2001)

No panorama dos estudos sobre a Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001), embora com número de pesquisas limitada, alguns achados destacam nuances significativas. Inicialmente, Nunes (2008) evidencia a migração de empreendimentos

de verticalização para bairros circunvizinhos aos Doze Bairros, impactando órgãos de planejamento e a oferta de serviços públicos na região.

Contrapondo essa visão, Lacerda *et al.* (2018) argumentam que a legislação conteve o aumento da área construída nos Doze Bairros, redirecionando os investimentos em verticalização para áreas adjacentes e difundindo os desafios antes concentrados naquela região, inclusive os relacionados à mobilidade.

Contudo, a análise de Barros (2018) sugere que a política não atingiu efetivamente seus objetivos, resultando em efeitos negativos nas regiões vizinhas. Empiricamente, observa-se um aumento populacional de cerca de 37% nessas áreas não afetadas, acompanhado por maior verticalização e acréscimo no número de domicílios.

Ao considerar a interação entre bairros, a pesquisa de Nunes (2017) revela que a intervenção urbana atuou de forma isolada, privilegiando uma fração da cidade com o controle da verticalização e saturação das infraestruturas. A implementação da Lei não evitou a conjuntura desejada, mas indicou a intenção de mitigar uma situação já consolidada, especialmente ao desconsiderar parâmetros como o controle da densidade construtiva.

Leal Junior *et al.* (2019) acrescentam uma perspectiva adicional ao destacar evidências de uma transformação no uso do solo na região, anteriormente predominantemente residencial. A pesquisa ressalta a importância de avaliar os impactos na mobilidade ao revisar legislações de uso do solo, sugerindo estudos mais detalhados em várias dimensões da acessibilidade local, incluindo análises comparativas entre a situação pré e pós-regulação.

Por fim, o estudo de Duarte *et al.* (2016), ao analisar os preços de imóveis, revela resultados não homogêneos, indicando um impacto desigual da legislação. Este conjunto de estudos revela a complexidade das implicações da Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001) na dinâmica urbana do Recife, destacando a necessidade de considerar outras abordagens para compreender plenamente seus efeitos.

A partir da literatura disponível e dos objetivos delineados no artigo 4º da Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001), destacam-se as seguintes análises:

- a) Revitalização e Requalificação de Espaços Urbanos: A lei contempla a promoção de ações para revitalizar e requalificar espaços urbanos degradados. O foco está na recuperação de áreas subutilizadas, contribuindo não apenas

para o desenvolvimento urbano, mas também para a preservação do patrimônio histórico e cultural, valorizando a identidade local (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

- b) **Diversificação de Usos:** As novas condições estabelecidas para a aprovação de licenças de construção, reformas e instalação de atividades na região têm como objetivo principal a diversificação de usos, desde que estejam em conformidade com os limites estabelecidos. Essa abordagem visa criar um ambiente dinâmico e multifuncional, incentivando a diversidade de atividades para contribuir com uma economia mais robusta e resiliente (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).
- c) **Equilíbrio entre Infraestrutura Existente e Novas Construções:** A lei propõe um equilíbrio meticuloso entre a infraestrutura já existente nos doze bairros e as novas construções planejadas. Essa abordagem visa garantir que o desenvolvimento urbano seja condicionado pela capacidade de suporte da rede viária e dos serviços públicos, como abastecimento de água, energia elétrica, esgotos e outras utilidades essenciais (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).
- d) **Preservação de Áreas Verdes e Patrimônio Histórico:** A lei prioriza a preservação de áreas verdes e do patrimônio histórico. Busca-se não apenas a proteção desses espaços, mas também sua utilização adequada pela população, contribuindo para a promoção de um ambiente urbano mais saudável e culturalmente enriquecido (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).
- e) **Desenvolvimento Urbano Equilibrado:** O foco está em promover um desenvolvimento urbano equilibrado, considerando as necessidades e aspirações da população local. A legislação busca evitar a especulação imobiliária desenfreada, assegurando que o crescimento da região esteja alinhado com as demandas reais da comunidade (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).

Adjacente a esses objetivos, a Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001) reflete uma abordagem abrangente e proativa para orientar o desenvolvimento urbano,

proporcionando uma série de diretrizes destinadas a promover a diversificação de usos nas áreas contempladas (LACERDA *et al*, 2018). Essas diretrizes não apenas almejam criar oportunidades de negócios e serviços, mas também buscam aprimorar a infraestrutura urbana e elevar a qualidade de vida da comunidade. Indiretamente a esses objetivos, também podemos destacar:

- a) Controle da Verticalização: Diretrizes claras são estabelecidas para controlar a verticalização, limitando a altura dos edifícios. Essa medida tem o propósito de preservar a paisagem urbana, assegurando a manutenção da qualidade de vida dos moradores e evitando a descaracterização do ambiente (LACERDA *et al*, 2018; NUNES, 2017).
- b) Incentivo à Mobilidade Urbana: A legislação promove a mobilidade urbana, incentivando alternativas ao transporte individual motorizado. A implementação de transporte público eficiente, ciclovias, calçadas acessíveis e outras medidas busca não apenas reduzir a dependência de veículos particulares, mas também melhorar a acessibilidade urbana (NUNES, 2008 apud STORCH, 2000).

Em síntese, a Lei dos Doze Bairros (RECIFE, 2001) emerge como um instrumento que não apenas visa a promoção da diversificação econômica, mas também a criação uma cidade mais equitativa, sustentável e resiliente.

4.1.2 Apresentação dos Dados

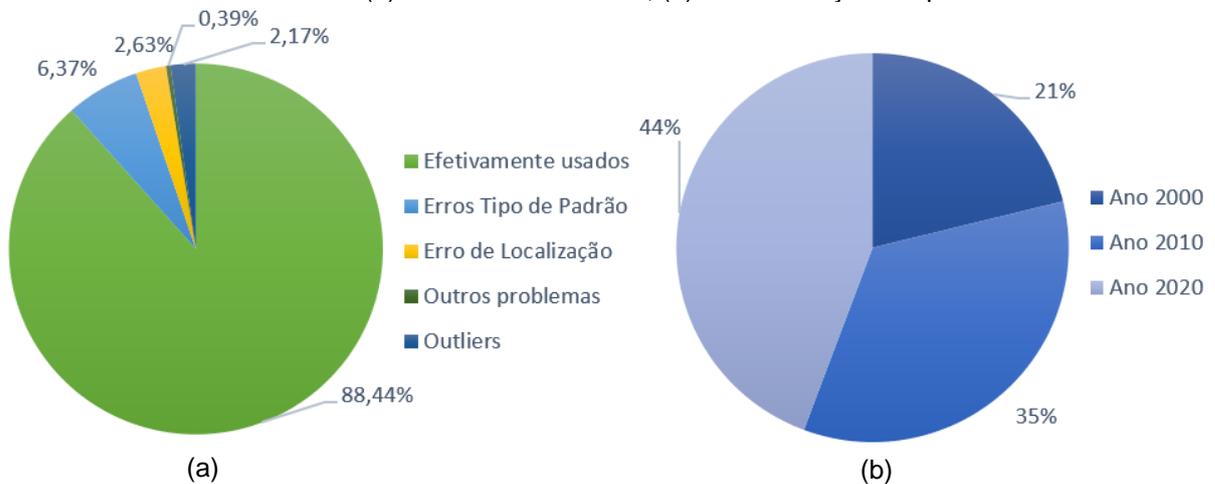
Para dar início à apresentação dos resultados, é fundamental compreender os dados coletados ao longo da pesquisa. A etapa de coleta se refere a três períodos distintos (2000, 2010 e 2020) e reuniu informações sobre preços imobiliários, dados cadastrais territoriais, informações espaciais relacionadas à infraestrutura urbana e de transportes, bem como dados oriundos de pesquisas de origem-destino.

Além de compilar informações oficiais de diversas fontes, como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), da Prefeitura do Recife e do Instituto Pelópidas Silveira (ICPS, 2022), a coleta de dados incluiu informações geoespaciais, que foram devidamente ajustadas em termos de sistemas de referência geodésicos e projeção cartográfica, garantindo a precisão e a coerência dos dados.

Foram coletados, no total, 4.884 dados de transações imobiliárias por meio da Prefeitura do Recife, a qual mantém um banco de dados abrangente para o observatório de valores imobiliários com fins tributários. No entanto, dos dados obtidos, apenas 4.275 foram utilizados de forma efetiva. Dentre esses, 905 pertencem ao recorte de 2000, 1.476 ao de 2010 e 1.894 ao de 2020, como indicado na Gráfico 1b.

Os demais dados foram descartados devido a problemas mencionados na Gráfico 1a. Esse processo possibilitou a criação de um banco de dados integrado que servirá como base para as análises subsequentes.

Gráfico 1 – Gráfico de setores (a) dos dados utilizados; (b) da distribuição temporal da amostra.



Fonte: O Autor (2024).

4.1.3 Apresentação das Variáveis

As variáveis oriundas das pesquisas de origem-destino baseiam-se nos dados coletados pelo ICPS (2022) para os anos de 1997 e 2018. Com base nessas informações, os recortes temporais da pesquisa foram ajustados, considerando os dados de 1997 para o recorte de 2000 e os dados de 2018 para o recorte de 2020.

Ainda, as variáveis relacionadas à diversidade de uso do solo foram obtidas a partir do Cadastro Multifinalitário do ESIG, que forneceu dados de 2012 e 2021 (ESIG, 2022). Nesse sentido, os dados de 2012 foram admitidos para o recorte de 2010, enquanto os dados de 2021 foram utilizados para o recorte de 2020.

No que diz respeito aos dados de preços imobiliários, a coleta agregou os valores dos anos 2000 a 2002 no recorte de 2000, os valores de 2010 a 2012 no recorte de 2010 e os valores de 2020 a 2022 no recorte de 2020.

Todo o processo desde a manipulação inicial até a geração de mobilidade foi efetuado conforme descrito na sessão 3.2. Inicialmente, lidou-se com a diversidade dos dados, no entanto, a interconexão dessas informações foi realizada por geoprocessamento, utilizando o número de inscrição imobiliária como chave primária.

As variáveis para a compreensão da mobilidade foram obtidas por meio de operações clássicas de geoprocessamento vetoriais, gerando índices que se encontram resumidos no Quadro 3.

Quadro 3 – Quadro resumo das variáveis obtidas, geradas e analisadas, com respectivas descrições e observações.

Continua

| Variável | Descrição | Unidade | Fonte | Observações |
|-------------|--|----------------|-----------------------------|---|
| | | | | |
| VD | Preço declarado do imóvel | R\$ | PCR | Os dados referentes aos anos 2000, 2001 e 2002 foram agregados no recorte 2000; Os dos anos 2010, 2011 e 2012 agregados em 2010; E os dos anos 2020, 2021 e 2022 agregados em 2020; |
| COORD_X | Leste UTM 25S - SIRGAS 2000 | m | PCR | Conforme sugerido por Manganelli <i>et al.</i> (2014) e Wang <i>et al.</i> (2020) |
| COORD_Y | Norte UTM 25S - SIRGAS 2000 | m | PCR | Igual a descrição acima |
| Dist_ViaPr | Distância à via principal | m | Autor (Adaptado ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| Dist_Pracas | Distância à praça/parque mais próximo | m | Autor (Adaptado ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| ANO_2000 | Dicotômica associada ao ano 2000 | Dicotômica | Autor (Adaptado PCR) | Codificação binária, conforme sugerido por Dantas (2012) |
| ANO_2010 | Dicotômica associada ao ano 2010 | Dicotômica | Autor (Adaptado PCR) | Igual a descrição acima |
| AREA_TOTAL | Área construída do imóvel | m ² | PCR | Conforme sugerido por Carbonara <i>et al.</i> (2021) e Dantas (2012) |
| ANDAR | Andar do imóvel | Unitário | PCR | Igual a descrição acima |
| SUBUNIDADE | Quantidade total de apartamentos do edifício | Unitário | PCR | Variável adotada pelos avaliadores da Prefeitura do Recife |

Continuação

| PAVIMENTOS | Quantidade total de pavimentos do edifício | Unitário | PCR | Conforme sugerido por Carbonara <i>et al.</i> (2021) e Dantas (2012) |
|------------|--|--------------------|-----------------------------|--|
| PADRAO_COD | Padrão construtivo definido conforme a tipologia classificada pelo CBIC (2023) | Proxy em R\$ (CUB) | PCR | O padrão foi classificado conforme CUB divulgado pelo CBIC(2023) referente a março de 2023. Conforme sugerido por Carbonara <i>et al.</i> (2021) e adaptação da variável por Dantas (2012) |
| IDADE | Idade do edifício | anos | PCR | Conforme sugerido por Carbonara <i>et al.</i> (2021) e Dantas (2012) |
| DENSQ3 | Densidade de quadras dentro de um raio de 150 metros do dado | nº quadra/m² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Conforme Equação 4, no item 2.1.3.1, sugerido por Portugal (2017) |
| ALPHA | Índice Alpha de desenho urbano | índice | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Conforme Equação 5, no item 2.1.3.1, sugerido por Portugal (2017) |
| N4_PAR_ON | Número de Paradas de Ônibus dentro de um raio de 400 metros do dado | Unitário | Autor (Adaptado ICPS, 2022) | Portugal (2017) |
| QNT400_LIN | Número de Linhas de Ônibus dentro de um raio de 400 metros do dado | Unitário | Autor (Adaptado ICPS, 2022) | Portugal (2017) |
| DENSIDADE | Densidade de habitantes agregados em setores censitários | nº habitantes/m² | IBGE (2022) | Portugal (2017) |
| TX_ME_ | Taxa de concentração de empresas/autônomos com cadastro mercantil registrado na PCR para um raio de 150 metros do dado | nº empresas/m² | Autor (Adaptado PCR) | Conforme Equação 1, no item 2.1.3.1, sugerido por Portugal (2017) |

Continuação

| | | | | |
|----------|--|----------------|--------------------------------|--|
| A_COMERC | Área total de imóveis comerciais para um raio de 150 metros do dado | m ² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Os recortes temporais obtidos do Cadastro Multifinalitário ESIG (2022) (dados do uso do solo e da configuração dos lotes) são apenas de 2012 e de 2021. Dessa forma se admitiu os dados de 2012 para o recorte 2010, e de 2021 para o recorte 2020. (CERVERO e KOCHELMAN, 1997; BHAT e GOSSEN, 2004) |
| A_OUTROS | Área total de imóveis (outros usos) para um raio de 150 metros do dado | m ² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Igual a descrição acima |
| A_RESID | Área total de imóveis residenciais para um raio de 150 metros do dado | m ² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Igual a descrição acima |
| A_EDUC | Área total de imóveis educacionais para um raio de 150 metros do dado | m ² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Igual a descrição acima |
| A_SAUD | Área total de hospitais para um raio de 150 metros do dado | m ² | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Igual a descrição acima |
| Entrop | Índice de Entropia, de diversidade do uso do solo, para um raio de 150 metros do dado | Índice | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Conforme Equação 2, no item 2.1.3.1, sugerido por Cervero e Kochelman (1997) |
| Dissim | Índice de Dissimilaridade, de diversidade do uso do solo, para um raio de 150 metros do dado | Índice | Autor (Adaptado ESIG, 2022) | Conforme Equação 3, no item 2.1.3.1, sugerido por Bhat e Gossen (2004) |
| NV_MIC | Nº de Viagens Dentro da própria ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Os recortes temporais obtidos do ICPS (2022) são referentes apenas das pesquisas origem-destino dos anos 1997 e de 2018. Dessa forma se admitiu os dados de 1997 para o recorte 2000, e de 2018 para o recorte 2020. (PORTUGAL, 2017) |
| NV_MEZ | Nº de Viagens para ZT vizinhas | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |

Conclusão

| | | | | |
|----------|---|-------------------------------|---------------------|---|
| NV_MAC | Nº Viagens Fora da própria ZT e Vizinhas | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| NV_TT | Nº Total de Viagens de origem na ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| NV_MPRIV | Nº de Viagens Motorizadas Privada na ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| NV_MPUB | Nº de Viagens Motorizadas Público na ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| NV_ATV | Nº de Viagens Ativas na ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| NV_OUTR | Nº de Viagens de Outros tipos na ZT | Unitário | (ICPS, 2022) | Igual a descrição acima |
| IPCA | Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo | Proxie Número-Índice | IBGE (2022) | Proxie associada ao Número-Índice do IPCA para cada período. (LIU <i>et al.</i> , 2016; AIYIN e XU, 2018) |
| PIB | Produto Interno Bruto | Proxie em R\$ (milhões reais) | IBGE (2022) | (LIU <i>et al.</i> , 2016; AIYIN e XU, 2018) |
| IGPM | Índice Geral de Preços – Mercado | Proxie Número-Índice | FGV (2023) | Proxie associada ao IGPM para cada período (LIU <i>et al.</i> , 2016; AIYIN e XU, 2018). |

Fonte: O Autor (2024).

4.1.4 Análises Descritivas e Espaciais

Durante o processo de formulação de hipóteses e identificação de variáveis relevantes, baseado nas informações coletadas, são enfatizadas as variáveis cruciais para explicar as variações nos preços do mercado imobiliário e aquelas essenciais para a geração dos indicadores de mobilidade. Todas as variáveis obtidas foram consideradas significativas para o estudo, contribuindo de forma expressiva na compreensão dos fenômenos analisados. As variáveis foram elaboradas considerando o formato de codificação e agregação das informações, assegurando a pertinência das variáveis tanto no mercado imobiliário quanto na mobilidade.

Na fase de análise exploratória dos dados, foi realizada uma investigação abrangente por meio de estatísticas descritivas, análises espaciais por mapas temáticos.

As estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 2 forneceram uma visão detalhada das tendências centrais e da dispersão das variáveis em cada período, que serão melhores analisadas em conjunto com as análises seguintes.

Tabela 2 – Síntese das estatísticas descritivas analisadas.

| Variável | Média | | Desvio Padrão | | Amplitude | | Coef. Variação | |
|-------------|----------|----------|---------------|----------|-----------|----------|----------------|------|
| | 2000 | 2020 | 2000 | 2020 | 2000 | 2020 | 2000 | 2020 |
| VD | 9,38E+04 | 5,75E+05 | 3,24E+04 | 2,66E+05 | 3,63E+05 | 2,51E+06 | 0,35 | 0,46 |
| COORD_X | 2,90E+05 | 2,90E+05 | 636,06 | 1002,44 | 4139,59 | 5728,14 | 0,00 | 0,00 |
| COORD_Y | 9,11E+06 | 9,11E+06 | 575,39 | 656,72 | 2499,38 | 3591,53 | 0,00 | 0,00 |
| Dist_ViaPr | 69,39 | 91,80 | 38,18 | 51,23 | 318,10 | 416,35 | 0,55 | 0,56 |
| Dist_Pracas | 224,53 | 211,90 | 72,37 | 78,52 | 542,14 | 529,92 | 0,32 | 0,37 |
| ANO_2000 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| ANO_2010 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | - |
| AREA_TOTAL | 159,60 | 154,88 | 49,46 | 62,20 | 455,08 | 437,10 | 0,31 | 0,40 |
| ANDAR | 7,80 | 7,49 | 4,68 | 4,32 | 26,00 | 32,00 | 0,60 | 0,58 |
| SUBUNIDADE | 48,19 | 46,83 | 26,49 | 19,73 | 136,00 | 143,00 | 0,55 | 0,42 |
| PAVIMENTOS | 17,17 | 16,45 | 6,63 | 5,08 | 35,00 | 42,00 | 0,39 | 0,31 |
| PADRAO_COD | 2244,29 | 2285,79 | 210,69 | 216,28 | 1461,64 | 1461,64 | 0,09 | 0,09 |
| IDADE | 32,27 | 17,92 | 9,53 | 12,41 | 51,00 | 74,00 | 0,30 | 0,69 |
| DENSQ3 | 53,51 | 58,67 | 14,73 | 18,23 | 127,32 | 155,62 | 0,28 | 0,31 |
| ALPHA | 0,29 | 0,27 | 0,04 | 0,05 | 0,31 | 0,36 | 0,14 | 0,18 |
| N4_PAR_ON | 10,64 | 10,48 | 2,22 | 2,59 | 20,00 | 21,00 | 0,21 | 0,25 |
| QNT400_LIN | 41,81 | 37,19 | 18,04 | 17,59 | 86,00 | 98,00 | 0,43 | 0,47 |
| DENSIDADE | 133,21 | 158,11 | 47,96 | 64,59 | 275,98 | 414,15 | 0,36 | 0,41 |
| TX_ME_ | 1,75 | 4,65 | 0,57 | 1,50 | 5,23 | 10,19 | 0,33 | 0,32 |
| A_COMERC | 5726,26 | 4767,82 | 3040,70 | 3141,90 | 1,68E+04 | 3,26E+04 | 0,53 | 0,66 |
| A_OUTROS | 1,14E+04 | 1,08E+04 | 5831,68 | 5282,66 | 4,23E+04 | 4,41E+04 | 0,51 | 0,49 |
| A_RESID | 3,51E+04 | 3,51E+04 | 6627,60 | 6589,80 | 4,81E+04 | 5,37E+04 | 0,19 | 0,19 |
| A_EDUC | 84,95 | 239,07 | 160,70 | 425,03 | 3921,18 | 6623,10 | 1,89 | 1,78 |
| A_SAUD | 1060,92 | 1229,86 | 1593,23 | 1847,90 | 1,74E+04 | 2,37E+04 | 1,50 | 1,50 |
| Entrop | 0,63 | 0,70 | 0,07 | 0,06 | 0,53 | 0,87 | 0,10 | 0,08 |
| Dissim | 0,53 | 0,72 | 0,08 | 0,10 | 0,74 | 0,97 | 0,16 | 0,14 |
| NV_MIC | 2514,53 | 2680,83 | 1188,21 | 890,05 | 3650,00 | 2593,00 | 0,47 | 0,33 |
| NV_MEZ | 3831,40 | 5394,90 | 1447,83 | 2438,56 | 6120,00 | 1,04E+04 | 0,38 | 0,45 |
| NV_MAC | 1,60E+04 | 2,81E+04 | 8823,16 | 1,85E+04 | 3,37E+04 | 6,44E+04 | 0,55 | 0,66 |
| NV_TT | 2,23E+04 | 3,62E+04 | 1,07E+04 | 1,83E+04 | 3,88E+04 | 6,87E+04 | 0,48 | 0,51 |
| NV_MPRIV | 7360,94 | 11247,74 | 4579,60 | 6382,04 | 1,13E+04 | 1,98E+04 | 0,62 | 0,57 |
| NV_MPUB | 1,16E+04 | 1,91E+04 | 6948,07 | 1,37E+04 | 2,66E+04 | 4,42E+04 | 0,60 | 0,72 |
| NV_ATV | 2880,37 | 4324,84 | 576,35 | 1140,58 | 1792,00 | 4275,00 | 0,20 | 0,26 |
| NV_OUTR | 469,34 | 1568,53 | 375,38 | 843,50 | 939,00 | 2976,00 | 0,80 | 0,54 |
| IPCA | 1598,41 | 5331,42 | 1,55E-11 | 6,46E-11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PIB | 1873,40 | 276,93 | 2,77E-11 | 1,13E-11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| IGPM | 180,30 | 741,33 | 3,87E-12 | 1,77E-11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

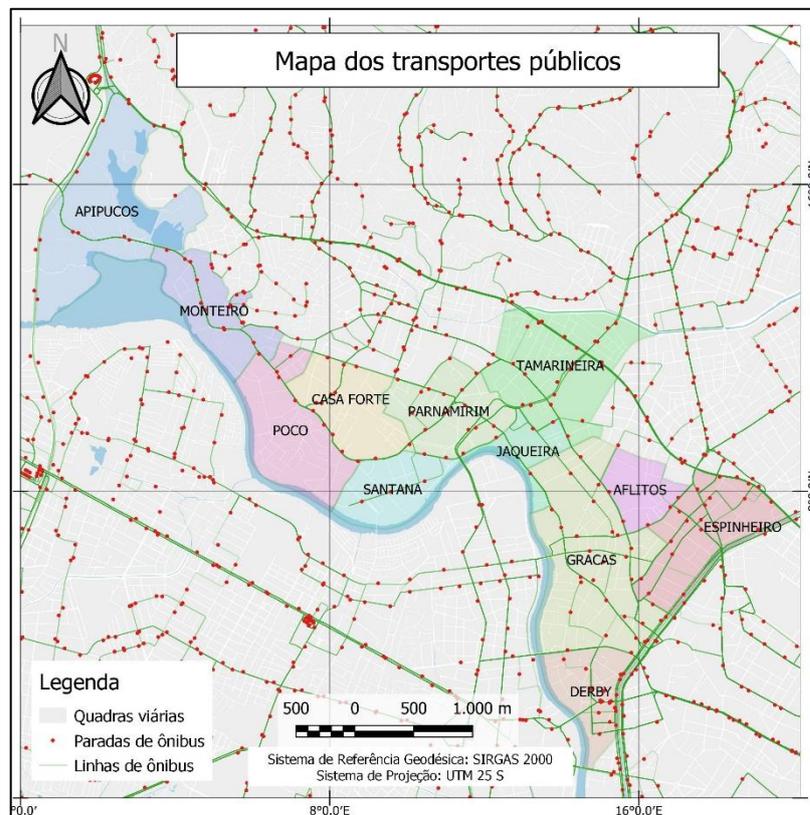
Fonte: O Autor (2024)

A criação de gráficos de dispersão, conforme documentado no Apêndice A, juntamente com os coeficientes de correlação associados, revelou que as tendências observadas estão alinhadas com as expectativas da literatura. Os resultados evidenciaram níveis diversos de variância e dispersão para cada variável, fornecendo uma análise visual robusta das relações entre os elementos estudados.

Foram utilizados mapas temáticos para explorar padrões geospaciais nos dados. A distribuição dessas variáveis ao longo do tempo revela tendências e características distintas de áreas geográficas específicas.

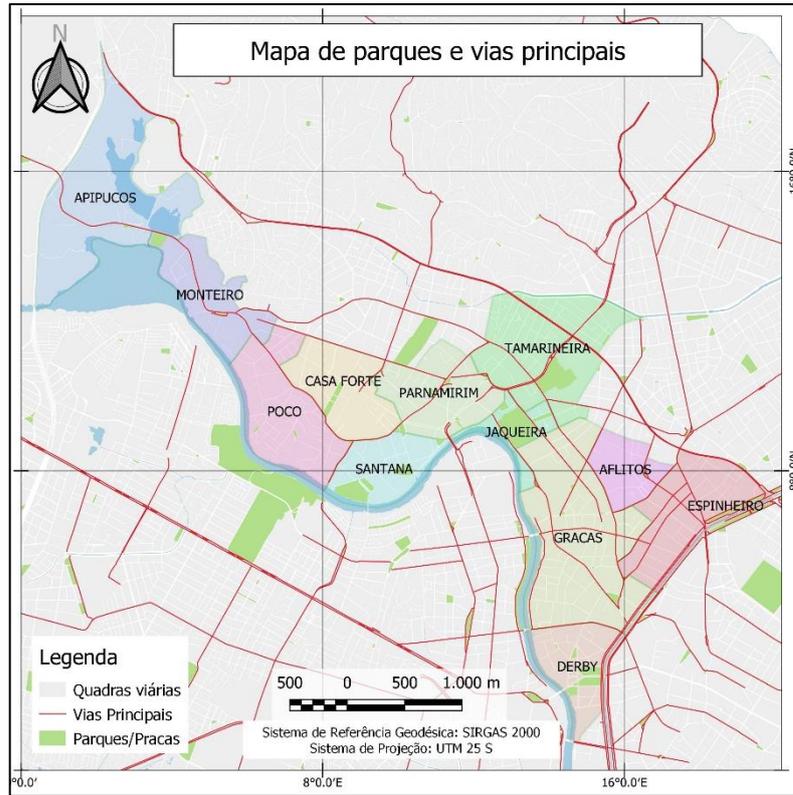
Inicialmente, são apresentados os mapas que retratam as variáveis que se mantêm praticamente inalteradas ao longo do período de análise. Isso inclui o mapeamento da infraestrutura urbana e de transportes nos Doze Bairros estudados, Figuras 3 e 4, juntamente com o mapa dos indicadores de desenho urbano, Figuras 5 e 6.

Figura 3 – Mapa temático das linhas e paradas de ônibus



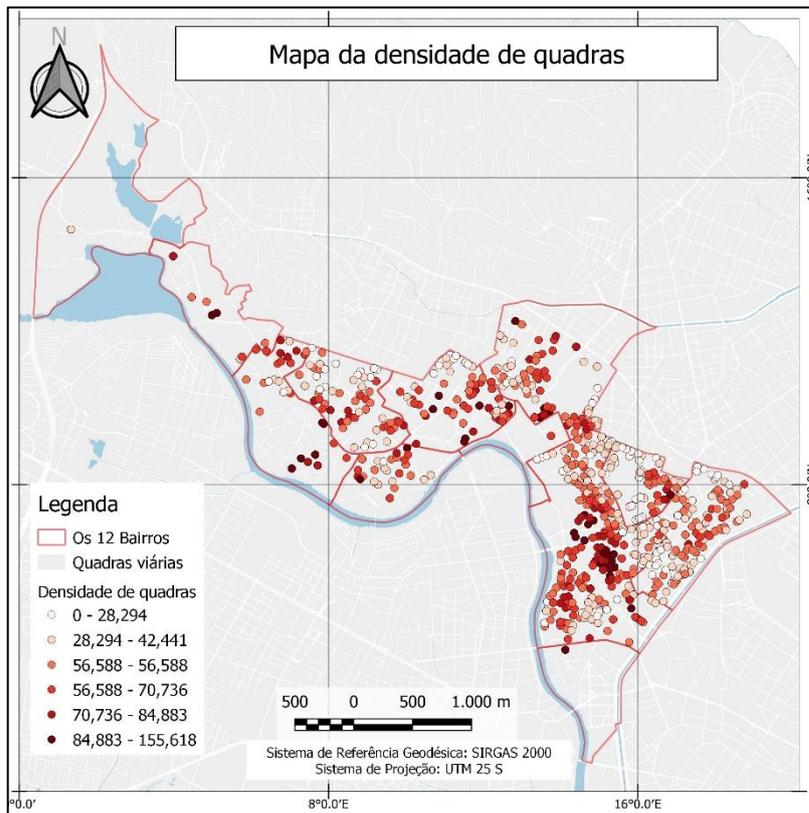
Fonte: O Autor (2024).

Figura 4 – Mapa temático das vias principais, parques e praças



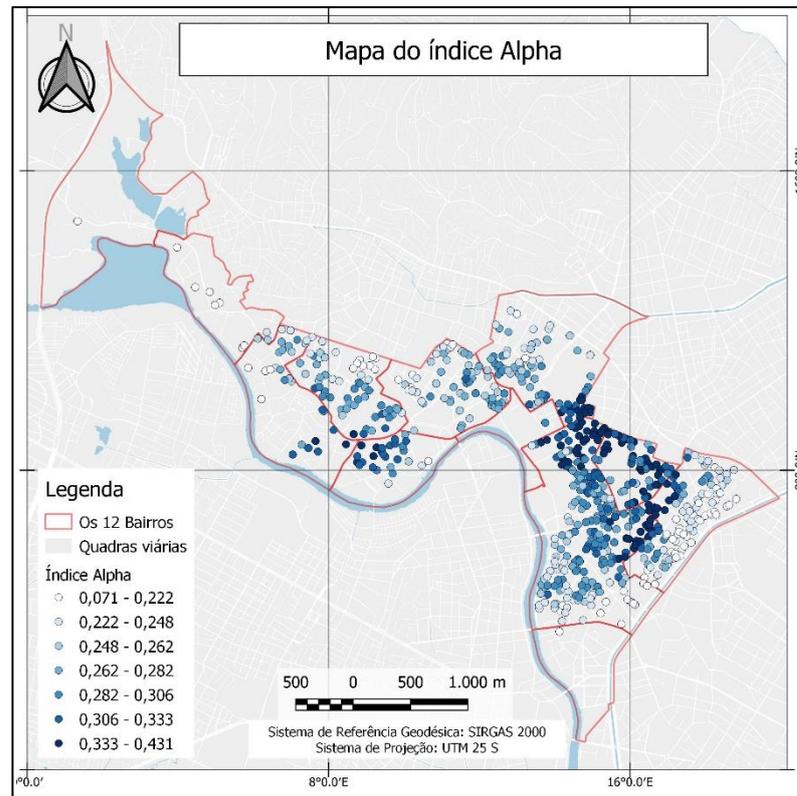
Fonte: O Autor (2024).

Figura 5 – Mapa temático dos índices de densidade de quadras



Fonte: O Autor (2024).

Figura 6 – Mapa temático dos índices Alpha

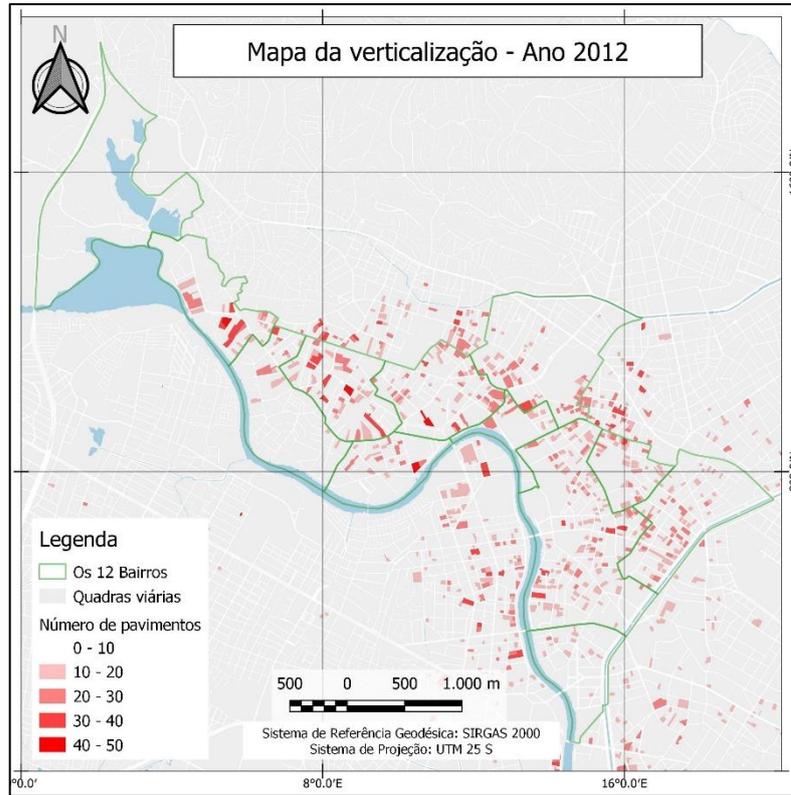


Fonte: O Autor (2024).

No Mapa da infraestrutura do Transporte Público, Figura 4, nota-se uma distribuição geralmente equitativa, exceto no centro do bairro do Poço da Panela, onde a preservação histórica pode limitar a acessibilidade aos transportes públicos, apesar da alta valorização imobiliária. O Mapa de praças, parques e vias principais, Figura 4, evidencia uma oferta mais expressiva na região do bairro da Jaqueira e seus arredores. Quanto aos Mapas da Densidade de Quadras, Figura 5, e do Índice Alpha, Figura 6, o primeiro, embora homogêneo nos doze bairros, concentra-se mais nas Graças e Espinheiro, bairros tradicionais, enquanto o Índice Alpha destaca-se na Jaqueira, Aflitos e Espinheiro. Essa tendência de concentração, especialmente na região da Jaqueira, coincidente com a maior valorização imobiliária.

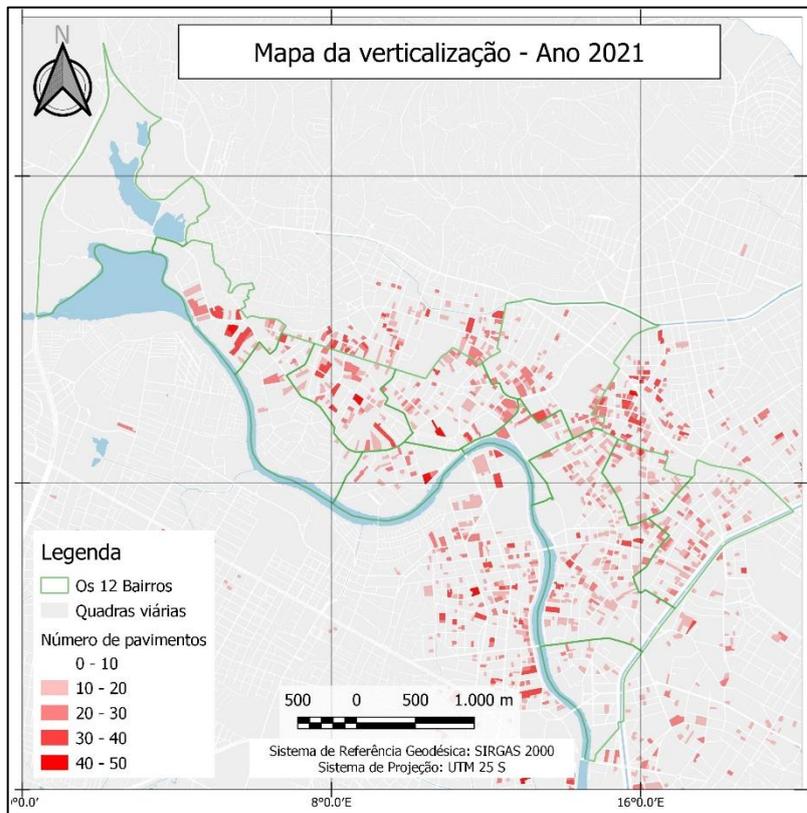
Em seguida, são exibidos os mapas que representam as variáveis que se alteraram durante os três recortes temporais investigados. Estes incluem o mapa de evolução da verticalização urbana, Figuras 7 e 8, os mapas das zonas de tráfego e a evolução das viagens, Figuras 9 a 12, bem como o mapa de densidades demográficas e mercantis. Além disso, é apresentado o mapa dos indicadores de diversidade do uso do solo e por fim o mapa de valores gerados através de interpolação por krigagem ordinária.

Figura 7 – Mapa temático da verticalização nos Doze Bairros, ano 2012.



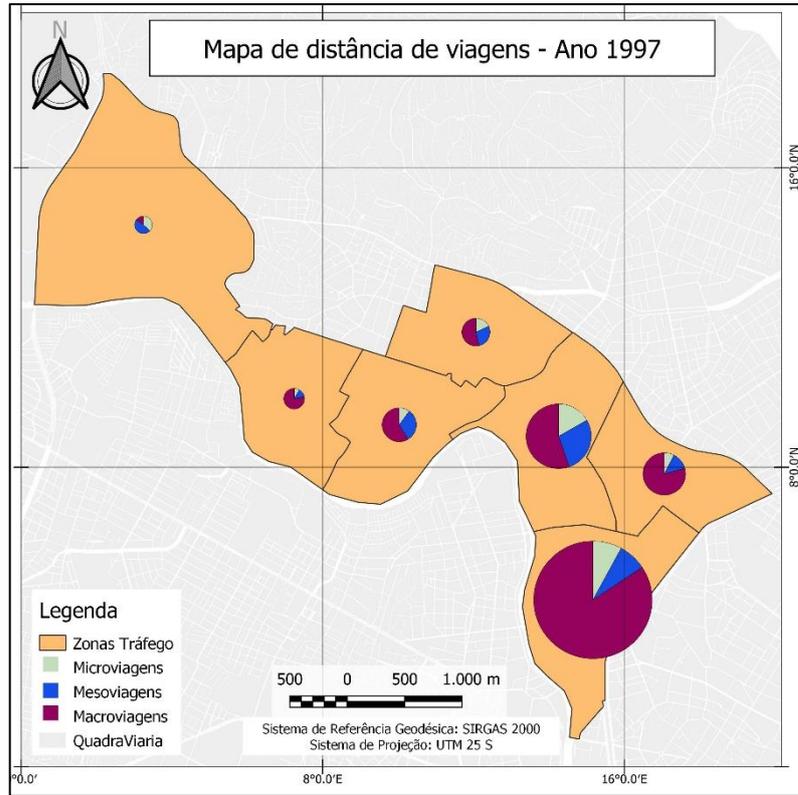
Fonte: O Autor (2024).

Figura 8 – Mapa temático da verticalização nos Doze Bairros, ano 2021.



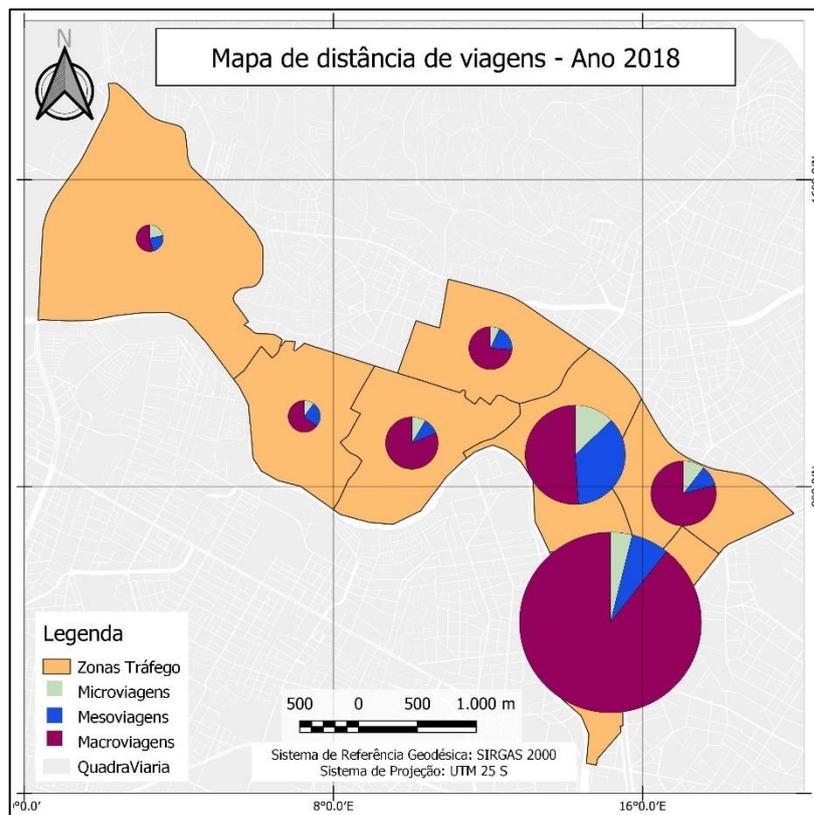
Fonte: O Autor (2024).

Figura 9 – Mapa temático das distâncias percorridas no ano de 1997.



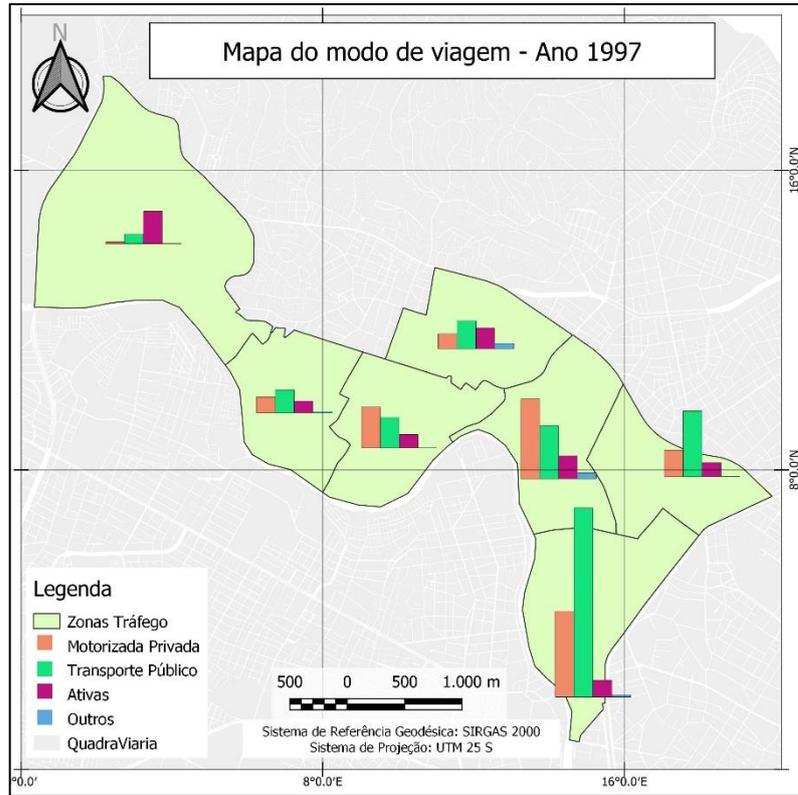
Fonte: O Autor (2024).

Figura 10 – Mapa temático das distâncias percorridas no ano de 2018.



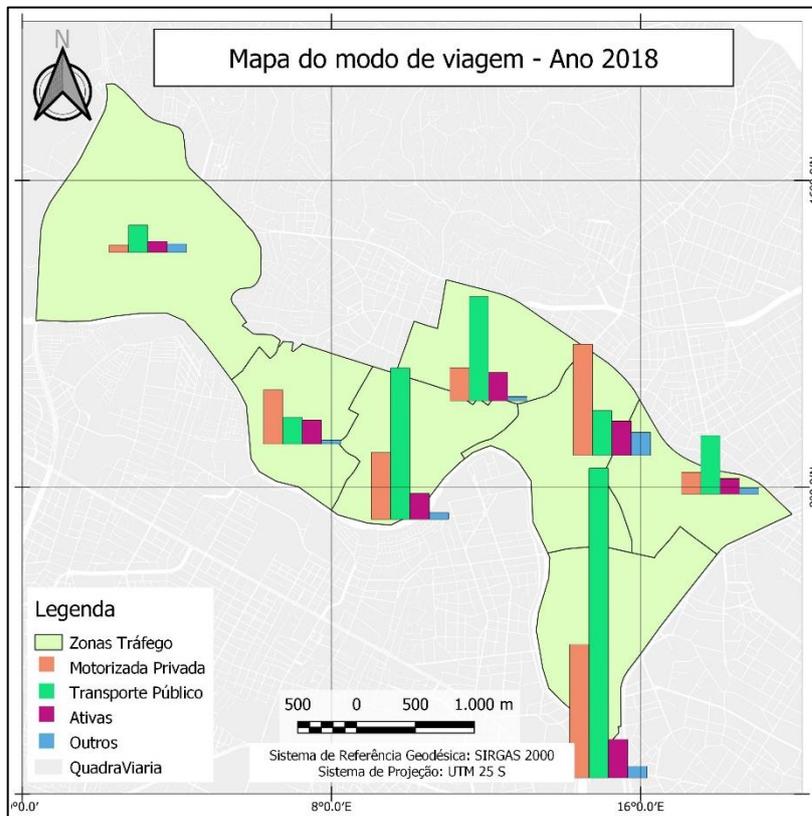
Fonte: O Autor (2024).

Figura 11 – Mapa temático dos modos de viagem no ano de 1997.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 12 – Mapa temático dos modos de viagem no ano de 2018.



Fonte: O Autor (2024).

Após duas décadas da aplicação da regulação do uso do solo, observa-se um avanço na verticalização, sugerindo que, mesmo antes da implementação da nova política, empreendedores possivelmente agiram preventivamente, acelerando a aprovação de empreendimentos na Prefeitura nos anos que antecederam a regulamentação. Esse avanço é ainda mais evidente nos bairros adjacentes não afetados pela nova regulamentação.

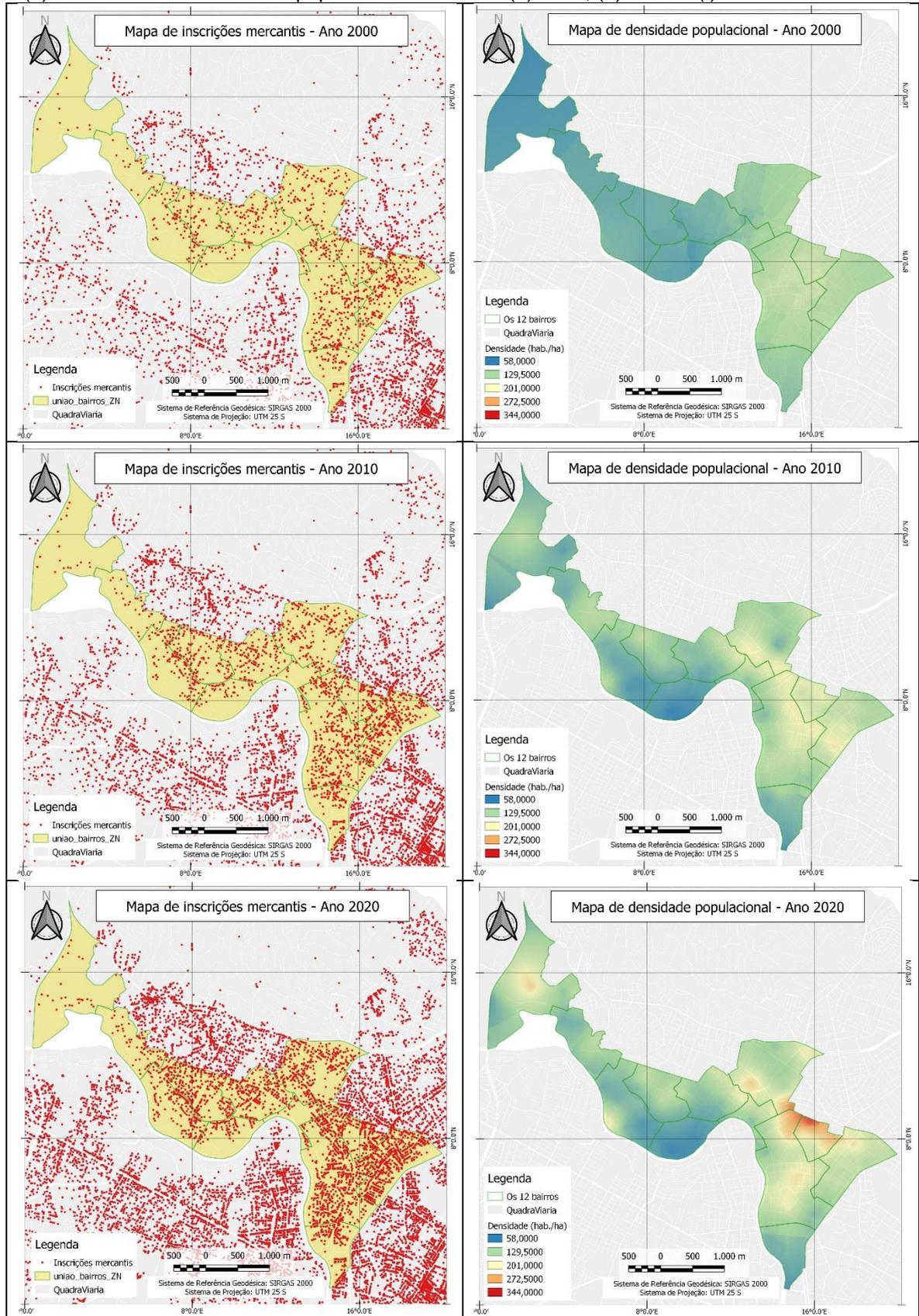
A análise dos mapas de comparação de distâncias de viagens entre os recortes temporais de 1997 e 2018, Figuras 9 e 10, não revela uma tendência significativa de redução nas viagens de longa distância após a implementação da política de uso do solo nos doze bairros. Isso sugere a possível ineficiência dessa política na diminuição de deslocamentos mais extensos. Essa falta de redução pode ser atribuída à ausência de polos geradores de empregos compatíveis com o perfil da população residente na região. Apesar do aumento de pequenas atividades comerciais, como restaurantes e mercados, a região não se destaca por complexos comerciais, empresas de tecnologia ou centros públicos, que se caracterizem como grandes empregadores.

Observa-se, inclusive, uma diminuição proporcional de viagens curtas, ou microviagens, em todas as zonas, exceto na Zona de Tráfego do bairro da Jaqueira, que se manteve estável. Quanto ao tipo de viagem, Figuras 11 e 12, verificou-se uma estabilidade proporcional na maioria das zonas, com exceção de Casa Forte e Tamarineira, que apresentaram um aumento nas viagens por transporte motorizado público, e Parnamirim, com um aumento nas viagens motorizadas privadas.

A Figura 13 apresenta mapas temáticos que destacam a evolução, ao longo de três recortes temporais, do número de atividades mercantis, abrangendo tanto autônomos quanto empresas, distribuídos de maneira espacial nos Doze Bairros. Além disso, a Figura 13 também exibe a evolução das densidades populacionais nos Doze Bairros, utilizando mapas gerados por krigagem ordinária a partir dos dados agregados do IBGE (2022).

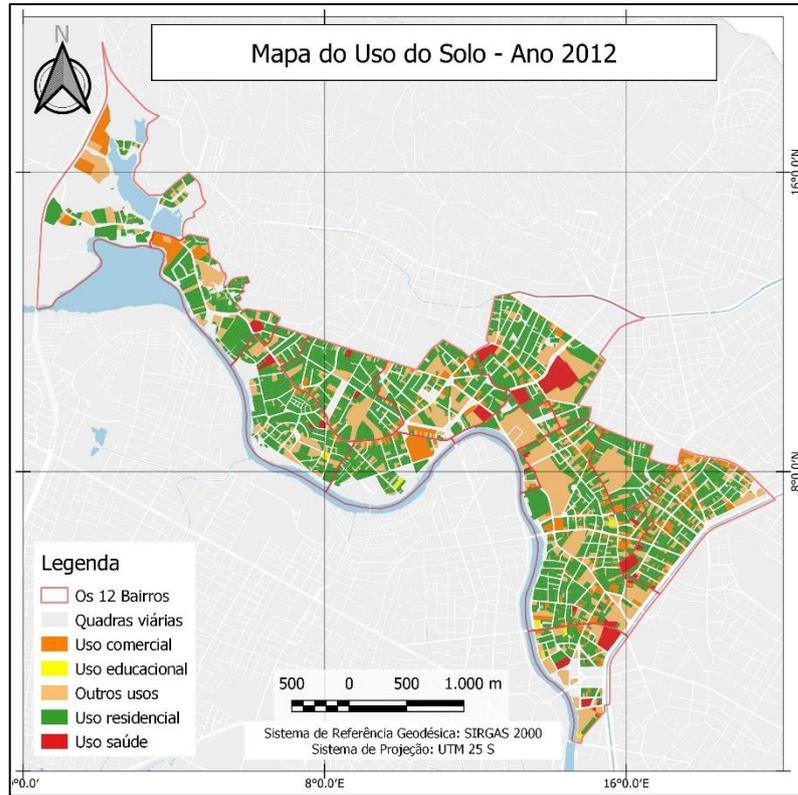
A análise espacial dos mapas de densidade de atividades mercantis e populacional revela um aumento uniforme no número de atividades mercantis em toda a região do estudo. No entanto, destaca-se um expressivo aumento na densidade populacional na região de divisas entre Espinheiro, Aflitos, Jaqueira e Tamarineira. Adicionalmente, observa-se um aumento menos evidente da densidade populacional nos bairros das Graças e em uma área de interesse social em Apipucos.

Figura 13 – Mapa temático da evolução das atividades mercantis nos anos (a) 2000, (c) 2010 e (e) 2020. Além da densidade populacional nos anos (b) 2000, (d) 2010 e (f) 2020.



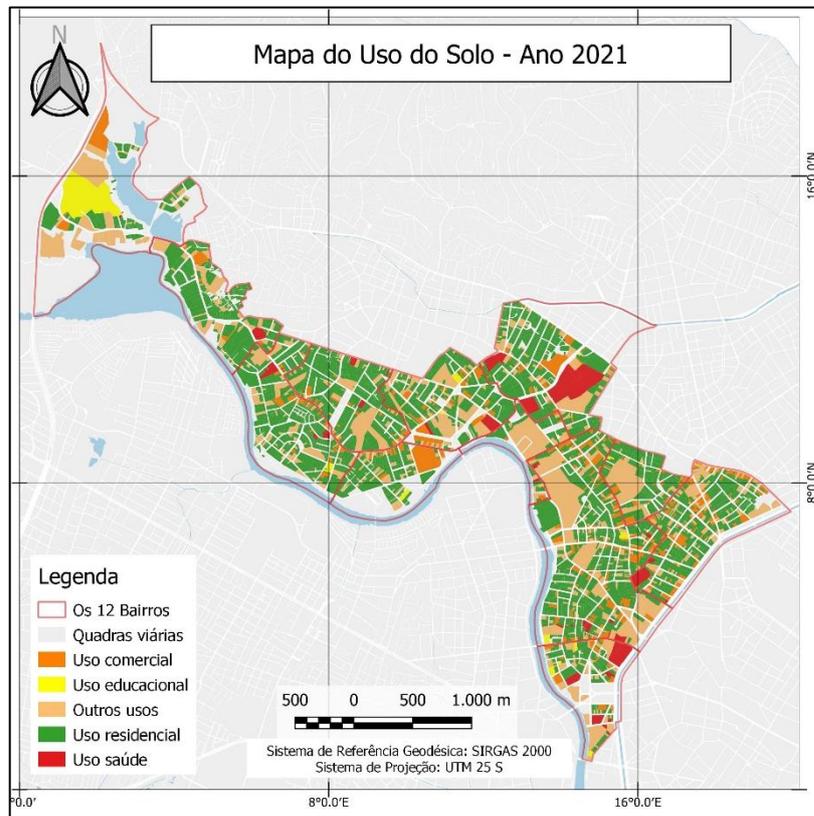
Fonte: O Autor (2024).

Figura 14 – Mapa temático da diversidade do uso do solo, ano 2012.



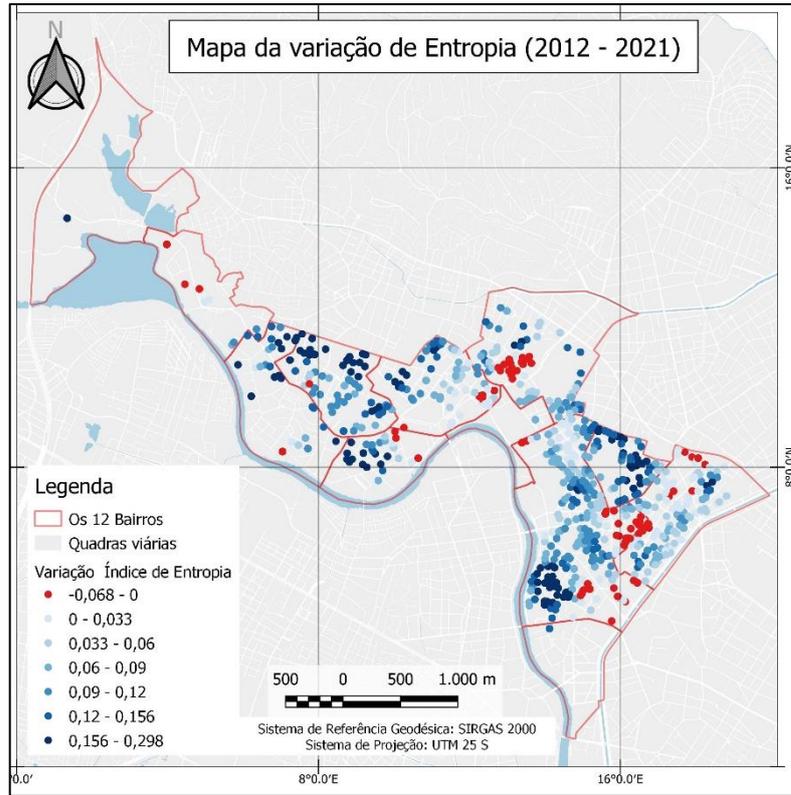
Fonte: O Autor (2024).

Figura 15 – Mapa temático da diversidade do uso do solo, ano 2021.



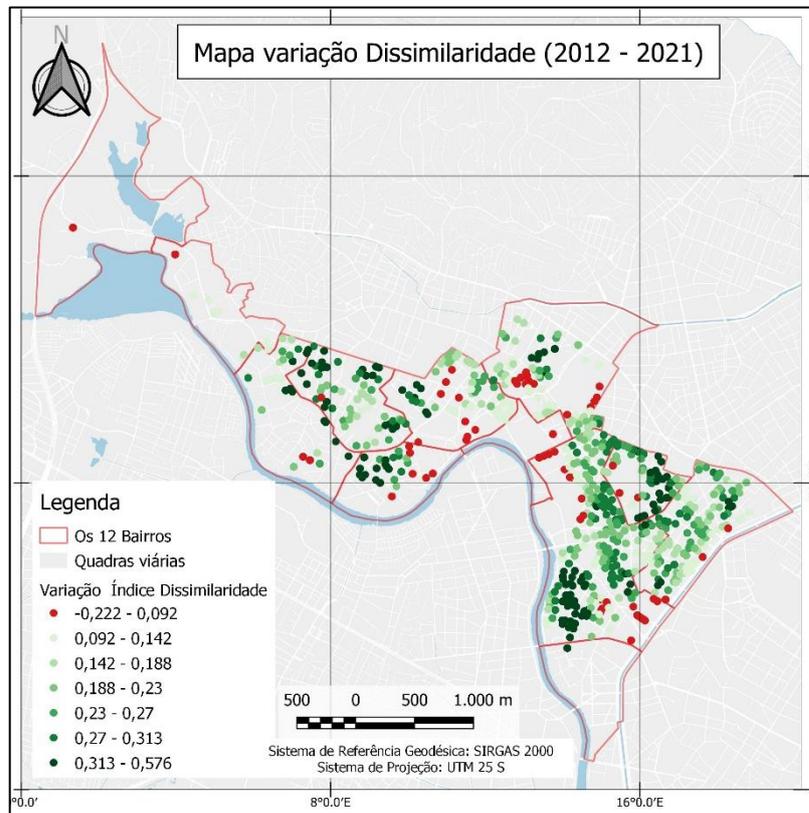
Fonte: O Autor (2024).

Figura 16 – Mapa temático da evolução da entropia.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 17 – Mapa temático da evolução da dissimilaridade.



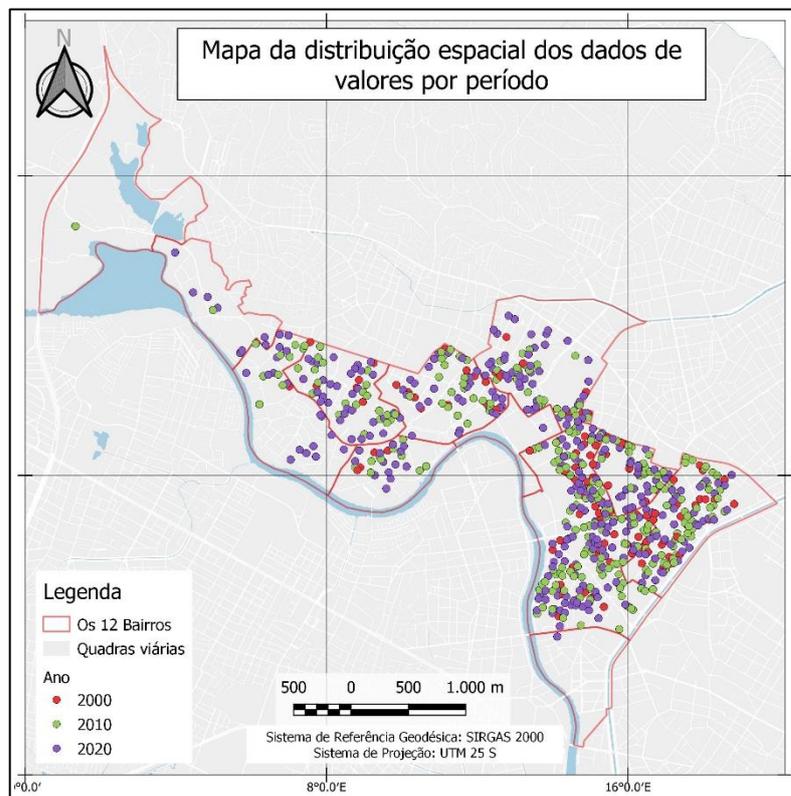
Fonte: O Autor (2024).

A análise dos mapas de diversidade do uso do solo, Figuras de 14 a 17, revela uma tendência de aumento na entropia e dissimilaridade, conforme indicado pela média geral. Entretanto, ao examinar os mapas de pontos, observamos variações significativas nos índices de uso do solo entre os dois recortes temporais.

Os pontos em vermelho, Figuras 16 e 17, apontam para áreas onde a diversidade do uso do solo diminuiu, indicando que esse fenômeno não ocorreu de maneira homogênea em toda a região de estudo. A análise em grande escala identifica essas regiões como predominantemente residenciais, sugerindo que, mesmo com a implementação da política, persistiram "ilhas" residenciais com pouca diversidade no uso do solo. Este resultado destaca a necessidade de considerar abordagens mais específicas para promover a diversificação do uso do solo.

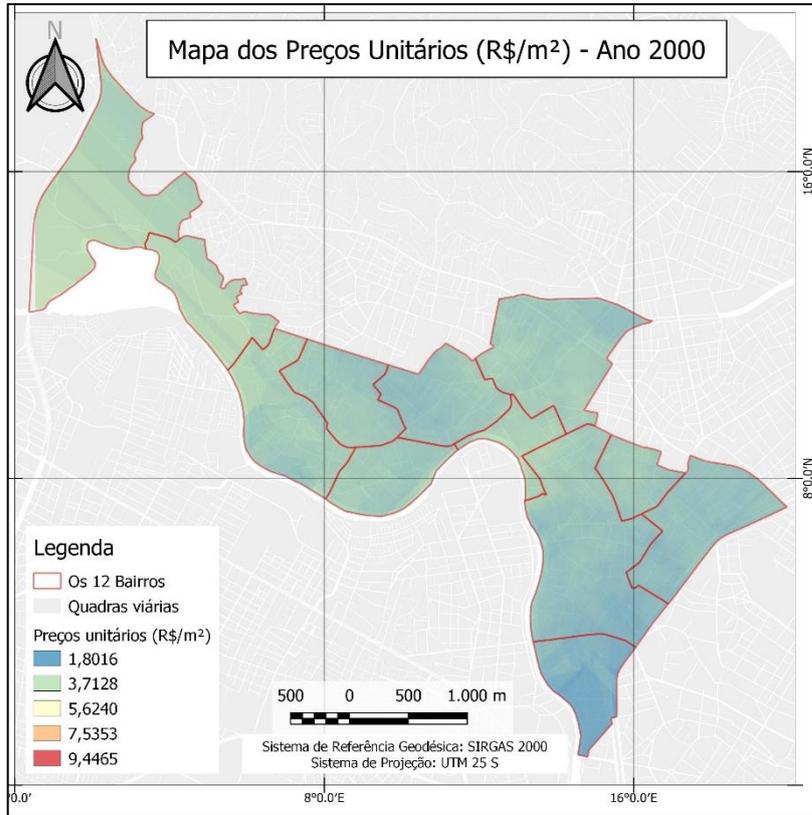
Por fim, a distribuição espacial dos dados de valores imobiliários na região dos Doze Bairros é apresentada na Figura 18, que revela a distribuição geográfica dos valores imobiliários na região, bem como a variação significativa ao longo dos anos 2000, 2010 e 2020, a partir dos quais os mapas gerados por meio de krigagem ordinária, Figuras de 19 a 21, proporcionam uma visualização clara da evolução dos valores imobiliários.

Figura 18 – Mapa temático da distribuição espacial dos dados de valores.



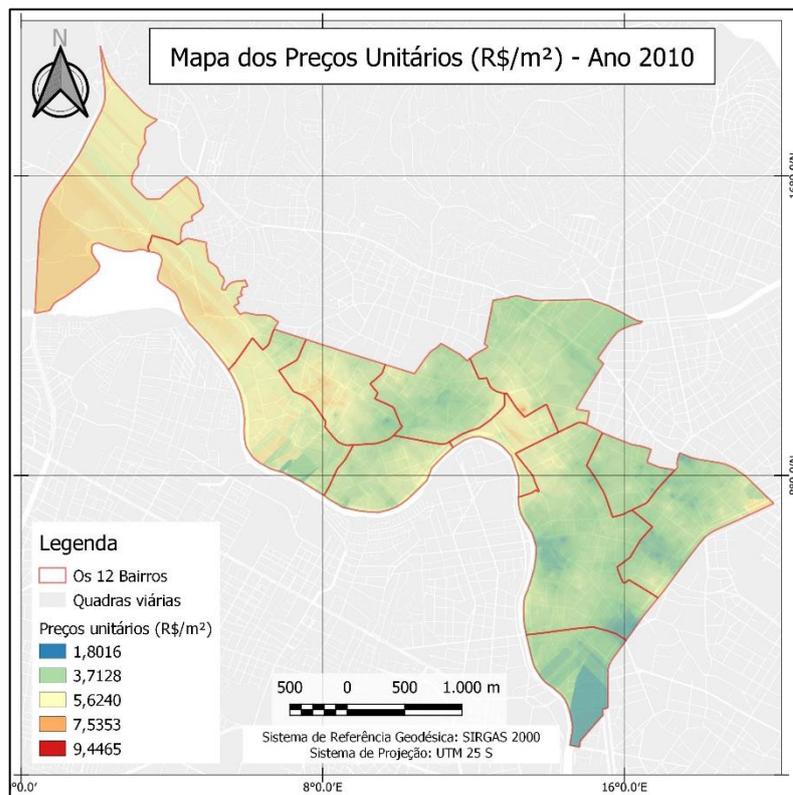
Fonte: O Autor (2024).

Figura 19 – Mapa temático dos preços no ano 2000.



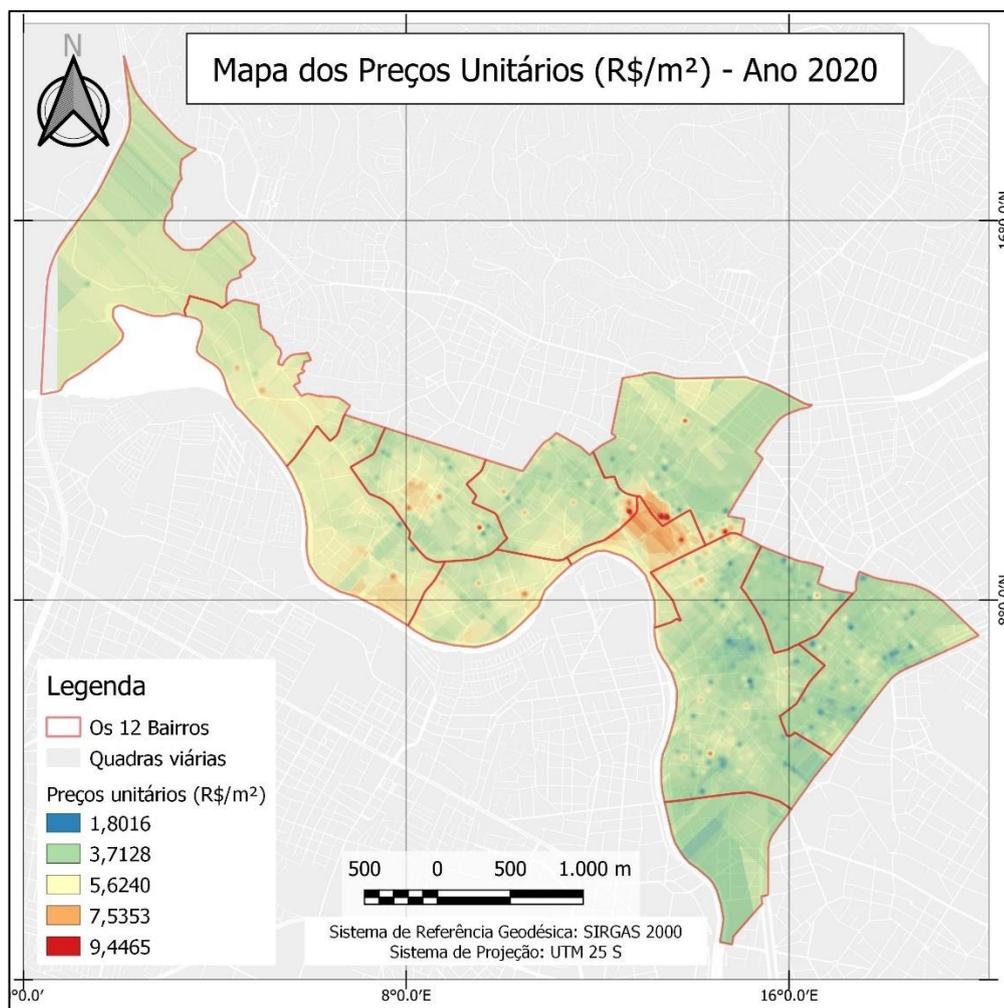
Fonte: O Autor (2024).

Figura 20 – Mapa temático dos preços no ano 2010.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 21 – Mapa temático dos preços no ano 2020.



Fonte: O Autor (2024).

4.1.5 Análises Bivariadas e Comparação

Foram realizadas as análises bivariadas que examinaram as relações entre as variáveis. Isso envolveu métricas para avaliar como as variáveis se relacionam umas com as outras e ao longo dos recortes temporais 2000, 2010 e 2020.

Se comparou os recortes temporais de cada variável usando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, Tabela 3. Para todos os casos se obteve um valor-p inferior a 1%, o que indica que se rejeita a hipótese nula da igualdade e conclui-se que há variações significativas de todas as variáveis entre os dois momentos temporais.

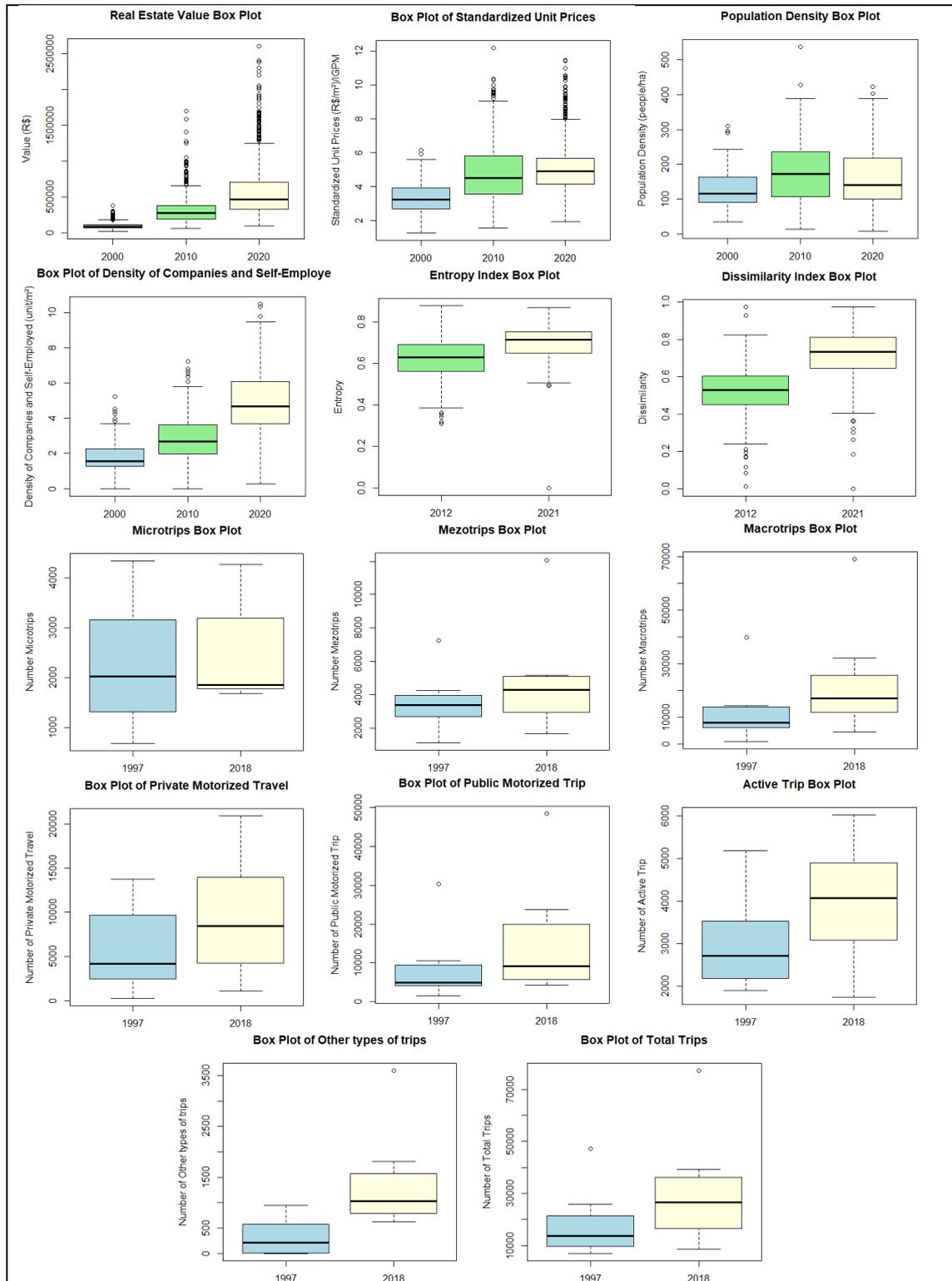
Tabela 3 – Resultados dos testes de Kruskal-Wallis.

| Variável | Qui-quadrado | Graus de liberdade | P-Valor |
|---|--------------|--------------------|-----------|
| VD 2000-2010 | 1426.1 | 1 | < 2.2e-16 |
| VD 2010-2020 | 814.15 | 1 | < 2.2e-16 |
| VD 2000-2010-2020 | 2517.2 | 2 | < 2.2e-16 |
| Valores unitários padronizados 2000 -2010 | 561.0 | 1 | < 2.2e-16 |
| Valores unitários padronizados 2010 -2020 | 36.362 | 1 | 1.639e-09 |
| Valores unitários padronizados 2000-2010-2020 | 1030.3 | 2 | < 2.2e-16 |
| DENSIDADE 2000-2010 | 184.69 | 1 | < 2.2e-16 |
| DENSIDADE 2010-2020 | 57.816 | 1 | 2.879e-14 |
| DENSIDADE 2000-2010-2020 | 182.31 | 2 | < 2.2e-16 |
| TX_ME 2000-2010 | 453.81 | 1 | < 2.2e-16 |
| TX_ME 2010-2020 | 852.54 | 1 | < 2.2e-16 |
| TX_ME 2000-2010-2020 | 1674.5 | 2 | < 2.2e-16 |
| ENTROPIA 2012-2021 | 620.02 | 1 | < 2.2e-16 |
| DISSIMILARIDADE 2012-2021 | 1491.7 | 1 | < 2.2e-16 |
| Microviagens 1997-2018 | 4.7312 | 1 | 0.02962 |
| Mezoviagens 1997-2018 | 183.44 | 1 | < 2.2e-16 |
| Macroviagens 1997-2018 | 232.31 | 1 | < 2.2e-16 |
| NV_MPRIV 1997-2018 | 207.01 | 1 | < 2.2e-16 |
| NV_MPUB 1997-2018 | 64.239 | 1 | 1.102e-15 |
| NV_ATV 1997-2018 | 822.31 | 1 | < 2.2e-16 |
| NV_OUTR 1997-2018 | 1092.5 | 1 | < 2.2e-16 |
| NV_TT 1997-2018 | 323.21 | 1 | < 2.2e-16 |

Fonte: O Autor (2024)

A análise dos gráficos de comparação box-plot, Gráfico 2, revela uma tendência de elevação nos preços imobiliários ao longo dos três recortes temporais, embora os preços unitários (R\$/m²) mostrem uma estabilização entre 2010 e 2020. Nesse particular, o resultado das restrições de adensamento, verticalização e taxa de solo natural impostas pela regulamentação pela Lei dos Doze Bairros não produziu depreciação nos preços imobiliários, ou seja, o mercado não percebeu como negativas as restrições impostas à área. A seguir, é apresentada a comparação de recortes das demais variáveis por meio de gráficos box-plot.

Gráfico 2 – Resultado das análises das variáveis comparadas temporalmente por gráfico Box-Plot.



Fonte: O Autor (2024).

A densidade da área cresceu mais fortemente entre 2000 e 2010, devido provavelmente ao estoque de imóveis em construção e aos projetos já aprovados com base na legislação anterior menos restritiva. Entre 2010 e 2020 há certa estabilidade

na densidade populacional da região, sugerindo os efeitos decorrentes dos objetivos da Lei de conter a verticalização, o uso predominante residencial e o adensamento excessivo. Apesar do relativo controle na última década da densidade, quando se observa o crescimento acumulado da população residente na área dos doze bairros verifica-se que foi da ordem de 25% entre 2000 e 2020, contra um crescimento acumulado de apenas cerca de 5% no mesmo período em toda a cidade do Recife. Esses números mostram um excessivo crescimento populacional em algumas partes da cidade, denotando o acerto da legislação em tentar atenuar esse crescimento concentrado.

Áreas valorizadas com restrições a remembramento de lotes e ao excesso de construções habitacionais tendem a revelar em seu interior áreas menores com vocações mercantis e de serviços. Essa situação estimula atividades terciárias que tendem a diversificar o uso do solo. Esse fenômeno é capturado pelos gráficos que indicam aumento na densidade de atividades mercantis e nos índices de entropia e dissimilaridade, que revelam o aumento da diversidade do uso do solo, que teoricamente tenderiam a aumentar as viagens ativas e em escala de microacessibilidade e reduzir viagens motorizadas em todas as escalas.

No contexto de geração de viagens, os gráficos revelam que houve considerável aumento no número de viagens em geral e em cada modo em particular. Como houve aumento populacional na área da ordem de 25%, de alguma forma seria lógico que as viagens em geral aumentassem, mas talvez não na intensidade revelada. As viagens em todos os modos geradas pelas zonas de tráfego 141, 142 e 147, que abrangem majoritariamente os bairros de Jaqueira, Parnamirim e Casa Forte cresceram acima de 100% entre 2000 e 2020 (Tabela 4). Esse fato pode ser explicado por terem sido essas zonas, as que mais sofreram adensamento, mas também por atraírem populações de alta renda, que apresentam índice de mobilidade bem acima da média da cidade.

Mesmo reconhecendo a possibilidade de vieses quando são comparadas pesquisas de origem e destino realizadas em épocas diferentes e sob metodologias e estratégias de amostragem diferentes, é possível extrair inferências sobre o comportamento das viagens.

Como o aumento da diversidade no uso do solo esperava-se que as viagens na microescala tivessem crescido mais do que na macro escala, no entanto, as viagens mais curtas ou seja, dentro da própria zona de tráfego ou para zonas vizinhas

criaram em 6%, enquanto as viagens para fora da área dos 12 bairros cresceram mais de 75% em média.

Tabela 4 - Distribuição de viagens totais geradas por zonas de tráfego

| Zona de tráfego | Bairros | Viagens totais geradas | | variação (%) |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|---------|--------------|
| | | OD 1997 | OD 2018 | |
| 124 | Graças | 47093 | 77131 | 63,78% |
| 126 | Espinheiro e Aflitos | 16957 | 15933 | -6,04% |
| 127 | Graças, Jaqueira e Tamarineira | 25920 | 33319 | 28,55% |
| 141 | Tamarineira | 11171 | 26478 | 137,02% |
| 142 | Parnamirim, Santana, Casa Forte | 13624 | 39209 | 187,79% |
| 147 | Casa Forte, Poço da Panela | 8298 | 17040 | 105,35% |
| 151 | Monteiro e Apipucos | 6996 | 8440 | 20,64% |
| Total | | 130059 | 217550 | 67,27% |

Fonte: O Autor (2024)

Este fato pode ser explicado pelo uso do solo misto não ter gerado postos de trabalho e locais de estudo para os residentes, levando a que grande parte das viagens de base domiciliar por motivos compras e estudo, sejam realizadas para destinos mais distantes. O aumento das viagens motorizadas pode estar alinhado com as justificativas apresentadas, de uma população majoritariamente de renda alta e para destinos em outras áreas com maior oferta de locais de trabalho e de estudo, principalmente de nível superior.

4.1.6 Modelagem com Variáveis Tradicionais

Na primeira etapa da modelagem foi conduzida uma modelagem utilizando variáveis clássicas e comumente empregadas na avaliação de imóveis, com o intuito de testar e identificar as principais variáveis que explicam a variabilidade nos preços da região. O objetivo é determinar as variáveis que influenciam significativamente nos valores dos imóveis. Subsequentemente, foram inseridas e avaliadas variáveis relacionadas à acessibilidade e mobilidade. As variáveis empregadas nesta modelagem são:

- Variável Dependente: Valor do imóvel, em reais;
- Variáveis Independentes: Coordenadas leste e norte UTM, em metros; Variáveis de codificação binária para recortes temporais dos anos 2000 e 2010; Área do imóvel, em metros quadrados; Andar do imóvel; Quantidade

de subunidades indicativa do número de unidades no edifício; Número de pavimentos; Padrão construtivo, *proxy* relacionada à classificação do CUB do CBIC (2023); e Idade do imóvel em anos

Nesta fase, optou-se pela aplicação de uma transformação logarítmica à variável dependente. Essa abordagem visa mitigar possíveis assimetrias e melhorar a linearidade dos dados, permitindo uma interpretação mais robusta dos resultados. Em relação a avaliação de multicolinearidade entre variáveis foi utilizado o teste VIF – Fator de Inflação da Variância (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados dos testes VIF, modelo com variáveis tradicionais.

| Variável | Tipo | Código | VIF | Variável | Tipo | Código | VIF |
|--------------------|---------------|------------|-------|------------------|----------|----------|-------|
| Leste UTM | Quantit. | COORD_X | 2,148 | Norte UTM | Quantit. | COORD_Y | 1,908 |
| Ano 2000 | Binário | ANO_2000 | 1,455 | Ano 2010 | Binário | ANO_2010 | 1,299 |
| Área | Quantit. | AREA_TOTAL | 2,587 | Andar | Quantit. | ANDAR | 1,529 |
| Subunidades | Quantit. | SUBUNIDADE | 2,692 | Quant Pavimentos | Quantit. | PAV | 3,587 |
| Padrão Construtivo | <i>Proxie</i> | PADRAO_COD | 2,562 | Idade | Quantit. | IDADE | 1,968 |

Fonte: O Autor (2024)

Após a aplicação da transformação logarítmica, os testes F foram conduzidos para a análise de variância, através do teste ANOVA – Análise de Variância. Os resultados, Tabela 6, indicaram uma relação estatisticamente significativa (p -valor < 0,05) entre as variáveis independentes e a variável dependente log-transformada.

Tabela 6 – Resultados dos testes ANOVA, modelo com variáveis tradicionais.

| Variable | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|------------|------|---------|---------|----------|---------------|
| COORD_X | 1 | 294.89 | 294.89 | 5363.64 | < 2.2e-16 *** |
| COORD_Y | 1 | 14.13 | 14.13 | 257.00 | < 2.2e-16 *** |
| ANO_2000 | 1 | 1441.91 | 1441.91 | 26226.12 | < 2.2e-16 *** |
| ANO_2010 | 1 | 251.74 | 251.74 | 4578.69 | < 2.2e-16 *** |
| AREA_TOTAL | 1 | 617.86 | 617.86 | 11237.92 | < 2.2e-16 *** |
| ANDAR | 1 | 46.40 | 46.40 | 843.91 | < 2.2e-16 *** |
| SUBUNIDADE | 1 | 13.96 | 13.96 | 253.85 | < 2.2e-16 *** |
| PAVIMENTOS | 1 | 30.76 | 30.76 | 559.44 | < 2.2e-16 *** |
| PADRAO_COD | 1 | 12.56 | 12.56 | 228.37 | < 2.2e-16 *** |
| IDADE | 1 | 32.75 | 32.75 | 595.71 | < 2.2e-16 *** |
| Residuals | 4264 | 234.43 | 0.05 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fonte: O Autor (2024)

Na sequência, utilizou-se a regressão linear para modelar a relação entre as variáveis, Tabela 7, com foco principal na obtenção dos coeficientes que melhor se ajustassem aos dados. A ênfase foi na modelagem linear, visando proporcionar uma visão inicial e direta da relação entre as variáveis de interesse.

Os coeficientes estimados proporcionam uma compreensão direta do impacto relativo de cada variável no modelo. A estatística t e os valores p associados a cada coeficiente indicam sua significância estatística. O R-quadrado fornece uma medida da proporção da variabilidade da variável dependente explicada pelo modelo, na ordem de 92,1%. O teste F global avalia a significância do modelo como um todo.

Tabela 7 – Resultados do modelo com variáveis tradicionais.

| Variable | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) |
|-------------|------------|------------|----------|--------------|
| (Intercept) | 2.600e+02 | 6.219e+01 | 4.182 | 2.95e-05 *** |
| COORD_X | -5.185e-05 | 4.695e-06 | -11.043 | < 2e-16 *** |
| COORD_Y | -2.556e-05 | 6.727e-06 | -3.800 | 0.000147 *** |
| ANO_2000 | -1.639e+00 | 1.059e-02 | -154.825 | < 2e-16 *** |
| ANO_2010 | -5.616e-01 | 8.598e-03 | -65.315 | < 2e-16 *** |
| AREA_TOTAL | 4.472e-03 | 8.018e-05 | 55.772 | < 2e-16 *** |
| ANDAR | 6.919e-03 | 7.819e-04 | 8.849 | < 2e-16 *** |
| SUBUNIDADE | -2.290e-03 | 2.269e-04 | -10.095 | < 2e-16 *** |
| PAVIMENTOS | 1.432e-02 | 9.502e-04 | 15.074 | < 2e-16 *** |
| PADRAO_COD | 1.113e-04 | 1.936e-05 | 5.747 | 9.70e-09 *** |
| IDADE | -8.330e-03 | 3.413e-04 | -24.407 | < 2e-16 *** |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2345 on 4264 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9216, Adjusted R-squared: 0.9214

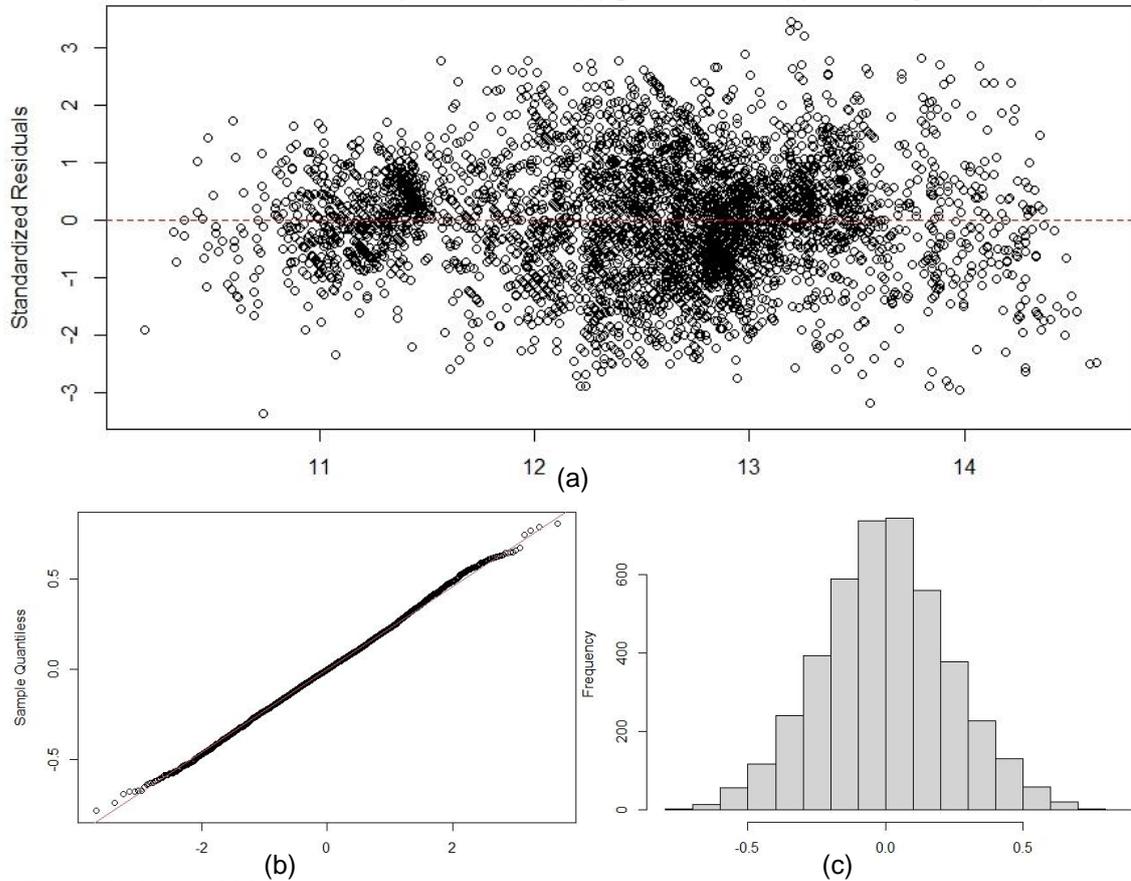
F-statistic: 5014 on 10 and 4264 DF, p-value: < 2.2e-16

Fonte: O Autor (2024)

A análise dos resíduos do modelo foi realizada com foco na normalidade, homocedasticidade e autocorrelação, conforme Gráfico 3.

O gráfico de Resíduos Padronizados vs. Valores Ajustados fornece insights sobre a homocedasticidade, enquanto o Q-Q plot e o histograma oferecerão uma avaliação visual da normalidade dos resíduos. Esses diagnósticos são fundamentais para assegurar a confiabilidade das inferências do modelo, permitindo ajustes e interpretações robustas dos resultados.

Gráfico 3 – Resultado das análises dos resíduos do modelo com variáveis tradicionais. (a) homocedasticidade dos resíduos padronizados, (b) gráfico Q-Q e (c) distribuição de frequências.



Fonte: O Autor (2024).

Os testes formais são apresentados na Tabela 8. Apesar do teste de Anderson-Darling indicar evidências contrárias à normalidade dos resíduos (valor-p de $1.404e-07$), é válido considerar outros aspectos da análise. O teste de Shapiro-Wilk, embora marginalmente abaixo do nível de significância (valor-p de 0.0427), não revela uma discrepância significativa, especialmente em amostras volumosas.

Tabela 8 – Resultados dos testes formais de normalidade com variáveis tradicionais.

| Test | data: | p-value |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Shapiro-Wilk test | W = 0.99918 | 0.0427 |
| Anderson-Darling | An = Inf | 1.404e-07 |
| Kolmogorov-Smirnov | D = 0.014317 | 0.3449 |
| Jarque Bera | X-squared = 2.1062 | 0.3488 |

Fonte: O Autor (2024).

Além disso, ao avaliar visualmente o histograma e o Q-Q plot dos resíduos, observa-se uma aderência satisfatória à forma da distribuição normal. Essas análises

gráficas, apoiadas pelos resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov (valor-p de 0.3449) e Jarque Bera (valor-p de 0.3488), fornecem uma perspectiva mais abrangente e sustentam a aceitação da hipótese de normalidade. A consideração conjunta de evidências estatísticas e visualizações gráficas sugere que, apesar de alguns desvios estatísticos, os resíduos mantêm uma distribuição aproximadamente normal, validando as premissas do modelo.

Os Testes de Breusch-Pagan e White, Tabela 9, indicam evidências estatísticas contrárias à homocedasticidade dos resíduos em um modelo de regressão. Entretanto, em uma amostra consideravelmente grande, a sensibilidade desses testes a pequenas variações deve ser ponderada.

Tabela 9 – Resultados dos testes formais de homocedasticidade com variáveis tradicionais.

| Test | data: | p-value |
|-----------------|--------------|----------------|
| Breusch-Pagan | BP = 406.96 | < 2.2e-16 |
| White | BP = 57.149 | 3.893e-13 |
| Goldfeld-Quandt | GQ = 1.027 | 0.2695 |

Fonte: O Autor (2024).

Contrariamente, o Teste de Goldfeld-Quandt, ao não identificar heterocedasticidade significativa (p-valor de 0.2695), sugere uma perspectiva mais equilibrada. Destaca-se a necessidade de uma interpretação cuidadosa das diferenças na variância dos resíduos, especialmente em amostras extensas, onde variações mínimas podem adquirir significância estatística.

A análise abrangente, incluindo o Teste de Goldfeld-Quandt, fortalece a argumentação a favor da homocedasticidade dos resíduos na aplicação prática do modelo de regressão.

A estatística de Durbin-Watson obtida foi de 1,765, próxima do valor ideal de 2, sugerindo pouca evidência de autocorrelação nos resíduos para o lag 1. Na prática, esse valor está na faixa que é frequentemente considerada como "inconclusiva" quanto à presença de autocorrelação. Em termos práticos, se pode considerar outros diagnósticos, como a análise dos gráficos de resíduos. Vale ressaltar que, devido ao tamanho considerável da amostra, pequenas variações na estatística de Durbin-Watson podem ser estatisticamente significativas, mas sua relevância prática pode ser limitada.

A Equação 14, representa o modelo exponencial em que o valor é calculado como o produto das variáveis.

$$\begin{aligned} \text{Valor} = e^{260,00} * 0,99995^{\text{COORD}_X} * 0,99997^{\text{COORD}_Y} * 0,19417^{\text{ANO}_{2000}} * 0,5703^{\text{ANO}_{2010}} \\ * 1,00448^{\text{AREA}} * 1,00694^{\text{ANDAR}} * 0,99771^{\text{SUBUNIDADE}} * 1,01442^{\text{PAVIMENTOS}} \\ * 1,00011^{\text{PADRAO}} * 0,9917^{\text{IDADE}} \end{aligned} \quad (14)$$

Isso sugere que, mantendo as demais variáveis constantes, *coeteris paribus*, Quando o leste UTM COORD_X aumenta em um metro, o valor diminui em 0,005% (os preços reduzem na direção do afastamento em direção a oeste) ; Quando o norte UTM COORD_Y aumenta em um metro, o valor diminui em 0,003% (os preços reduzem sutilmente na direção sul); Quando o recorte temporal de trata do ano 2000, comparado ao recorte do ano 2020, o valor diminui em 80,583% (valor não deflacionado); Quando o recorte temporal de trata do ano 2010, comparado ao recorte do ano 2020 o valor diminui em 42,97%; Quando a área aumenta em um metro quadrado, o valor se eleva em 0,448%; Quando a andar aumenta em uma unidade, o valor se eleva em 0,694%; Quando o número de Subunidades aumenta em uma unidade, o valor diminui em 0,229%; Quando o número de Pavimentos aumenta em uma unidade, o valor se eleva em 1,442%; Quando se eleva o Padrão construtivo em cada categoria, o valor se eleva em 0,011%; Quando a Idade do imóvel aumenta em um ano, o valor diminui em 0,83% (taxa de depreciação).

4.1.7 Modelagem com Variáveis de Mobilidade

A segunda etapa da modelagem envolveu a inclusão de variáveis derivadas dos índices de mobilidade. Essas variáveis, em particular, relacionam-se aos 5D's (PORTUGAL, 2017), que compreendem densidades, diversidade de uso do solo, desenho urbano, disponibilidade de transporte público e destinos acessíveis. Ao incorporar esses indicadores, são exploradas as relações entre mobilidade, regulamentação urbanística e preços imobiliários. As variáveis independentes referentes à mobilidade acrescentadas nesta modelagem foram:

- a) Densidade: Densidade de quadras, Densidade de habitantes e Taxa de concentração de empresas/autônomos com cadastro mercantil;
- b) Desenho urbano: Índice alpha;

- c) Diversidade do uso do solo: Índice de Entropia, Índice de Dissimilaridade, Áreas de imóveis comerciais, residenciais, educacionais, hospitais, e outros usos, para um raio de 150 metros do dado.
- d) Distâncias: Distância à via principal, Distância à praça/parque mais próximo.
- e) Destinos acessíveis: Número de Linhas de Ônibus e Número de Paradas de Ônibus dentro de um raio de 400 metros do dado;
- f) Origem Destino: Número de viagens dentro da própria zona de tráfego; para as zonas de tráfego vizinhas; para fora da própria zona de tráfego e vizinhas; total de viagens de origem na zona de tráfego; motorizadas privadas; motorizadas públicas; ativas; e de outros tipos;

Nesta fase, manteve-se a aplicação da transformação logarítmica à variável dependente. A análise, incluindo o teste VIF, Tabela 10, foi aplicada para avaliar a multicolinearidade e garantir a robustez do modelo. Buscou-se identificar as variáveis mais relevantes, que contribuíram significativamente para explicar a variabilidade nos preços de mercado.

Tabela 10 – Resultados dos testes VIF, modelo com variáveis de mobilidade.

| Variável | Tipo | VIF | Variável | Tipo | VIF |
|-----------------|---------------|-------|----------------------|----------|-------|
| Leste UTM | Quantit. | 4,399 | Dens. Mercantil | Quantit. | 4,135 |
| Norte UTM | Binário | 4,674 | Índice Alpha | % | 1,551 |
| Ano 2000 | Quantit. | 4,638 | Índice Entropia | % | 1,989 |
| Ano 2010 | Quantit. | 2,986 | Área residencial | Quantit. | 1,709 |
| Área | <i>Proxie</i> | 2,681 | Área educacional | Quantit. | 1,222 |
| Andar | Quantit. | 1,533 | Dist. via principal | Quantit. | 1,583 |
| Subunidades | Binário | 2,766 | Distância praças | Quantit. | 1,259 |
| Pavimentos | Quantit. | 3,765 | Paradas de ônibus | Quantit. | 1,789 |
| Padrão | Quantit. | 2,724 | Outros tipos viagens | Quantit. | 1,855 |
| Idade | Quantit. | 2,093 | Motorizado Público | Quantit. | 2,688 |
| Dens. População | Quantit. | 2,008 | | | |

Fonte: O Autor (2024).

Por fim, optou-se por manter a transformação logarítmica na variável dependente, e ainda aplicá-la para a variável DENSIDADE (Densidade populacional). De um total de 37 variáveis analisadas, 16 foram consideradas inapropriadas para o modelo após os testes de significância individual dos parâmetros.

Além disso, as demais variáveis foram consideradas apropriadas após a realização do teste VIF, indicando a ausência de multicolinearidade entre as variáveis

independentes ($VIF < 5$). Essa estratégia visou atenuar possíveis assimetrias e aprimorar a linearidade dos dados, confirmando a adequação do modelo.

Todos os testes F, conduzidos por análise de variância (ANOVA), Tabela 11, foram aplicados para examinar a significância estatística de cada variável. Nesse processo, verificou-se que todas as variáveis apresentaram resultados favoráveis, evidenciando sua relevância no modelo.

Tabela 11 – Resultados dos testes ANOVA, modelo com variáveis de mobilidade.

| Variable | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---------------|------|---------|---------|------------|---------------|
| COORD_X | 1 | 294.89 | 294.89 | 5860.1924 | < 2.2e-16 *** |
| COORD_Y | 1 | 14.13 | 14.13 | 280.7965 | < 2.2e-16 *** |
| ANO_2000 | 1 | 1441.91 | 1441.91 | 28654.0668 | < 2.2e-16 *** |
| ANO_2010 | 1 | 251.74 | 251.74 | 5002.5777 | < 2.2e-16 *** |
| AREA_TOTAL | 1 | 617.86 | 617.86 | 12278.2978 | < 2.2e-16 *** |
| ANDAR | 1 | 46.40 | 46.40 | 922.0325 | < 2.2e-16 *** |
| SUBUNIDADE | 1 | 13.96 | 13.96 | 277.3513 | < 2.2e-16 *** |
| PAVIMENTOS | 1 | 30.76 | 30.76 | 611.2309 | < 2.2e-16 *** |
| PADRAO_COD | 1 | 12.56 | 12.56 | 249.5085 | < 2.2e-16 *** |
| IDADE | 1 | 32.75 | 32.75 | 650.8596 | < 2.2e-16 *** |
| Ln(DENSIDADE) | 1 | 0.47 | 0.47 | 9.3777 | 0.00221 ** |
| TX_ME | 1 | 1.39 | 1.39 | 27.6436 | 1.530e-07 *** |
| ALPHA | 1 | 2.91 | 2.91 | 57.8021 | 3.545e-14 *** |
| ENTROPIA | 1 | 0.24 | 0.24 | 4.7148 | 0.02996 * |
| A_RESID | 1 | 8.21 | 8.21 | 163.1977 | < 2.2e-16 *** |
| A_EDUC | 1 | 0.27 | 0.27 | 5.3020 | 0.02135 * |
| DIST_VIAPR | 1 | 0.18 | 0.18 | 3.5190 | 0.06074 . |
| Dis_Pracas | 1 | 0.83 | 0.83 | 16.5057 | 4.938e-05 *** |
| N4_PAR_ON | 1 | 2.67 | 2.67 | 53.0322 | 3.890e-13 *** |
| NV_OUTR | 1 | 2.46 | 2.46 | 48.9236 | 3.078e-12 *** |
| NM_MPUB | 1 | 0.79 | 0.79 | 15.7317 | 7.419e-05 *** |
| Residuals | 4253 | 214.02 | 0.05 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fonte: O Autor (2024).

Em seguida, aplicou-se a regressão linear para modelar a relação entre variáveis, Tabela 12, concentrando se na obtenção de coeficientes otimizados. A ênfase foi na modelagem linear para alcançar uma representação final otimizada da relação entre as variáveis de interesse.

Os coeficientes estimados ofereceram uma compreensão direta do impacto relativo de cada variável no modelo gerado. As estatísticas t e os valores p associados

a cada coeficiente indicaram sua significância estatística. O R-quadrado proporcionou uma medida, na ordem de 92,85%, da proporção da variabilidade da variável dependente explicada pelo modelo. O teste F global avaliou a significância do modelo como um todo.

Tabela 12 – Resultados do modelo com variáveis de mobilidade.

| Variable | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) |
|---------------|------------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 3.569e+02 | 9.277e+01 | 3.847 | 0.000121 *** |
| COORD_X | -2.713e-05 | 6.429e-06 | -4.221 | 2.49e-05 *** |
| COORD_Y | -3.698e-05 | 1.007e-05 | -3.672 | 0.000244 *** |
| ANO_2000 | -1.681e+00 | 1.818e-02 | -92.462 | < 2e-16 *** |
| ANO_2010 | -5.715e-01 | 1.247e-02 | -45.834 | < 2e-16 *** |
| AREA_TOTAL | 4.391e-03 | 7.810e-05 | 56.224 | < 2e-16 *** |
| ANDAR | 6.750e-03 | 7.490e-04 | 9.012 | < 2e-16 *** |
| SUBUNIDADE | -2.377e-03 | 2.200e-04 | -10.805 | < 2e-16 *** |
| PAVIMENTOS | 1.619e-02 | 9.314e-04 | 17.387 | < 2e-16 *** |
| PADRAO_COD | 6.600e-05 | 1.910e-05 | 3.455 | 0.000555 *** |
| IDADE | -8.353e-03 | 3.367e-04 | -24.806 | < 2e-16 *** |
| Ln(DENSIDADE) | -3.325e-02 | 8.985e-03 | -3.701 | 0.000218 *** |
| TX_ME | -2.114e-02 | 3.590e-03 | -5.889 | 4.19e-09 *** |
| ALPHA | 2.715e-01 | 7.617e-02 | 3.564 | 0.000369 *** |
| ENTROPIA | 2.429e-01 | 5.204e-02 | 4.668 | 3.13e-06 *** |
| A_RESID | 6.899e-06 | 5.316e-07 | 12.976 | < 2e-16 *** |
| A_EDUC | -2.463e-05 | 5.538e-06 | -4.448 | 8.88e-06 *** |
| DIST_VIAPR | 1.728e-04 | 6.924e-05 | 2.495 | 0.012622 * |
| Dis_Pracas | -1.174e-04 | 3.783e-05 | -3.103 | 0.001928 ** |
| N4_PAR_ON | -7.589e-03 | 1.431e-03 | -5.302 | 1.20e-07 *** |
| NV_OUTR | 3.247e-05 | 5.073e-06 | 6.401 | 1.71e-10 *** |
| NM_MPUB | -1.572e-06 | 3.964e-07 | -3.966 | 7.42e-05 *** |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2243 on 4253 degrees of freedom

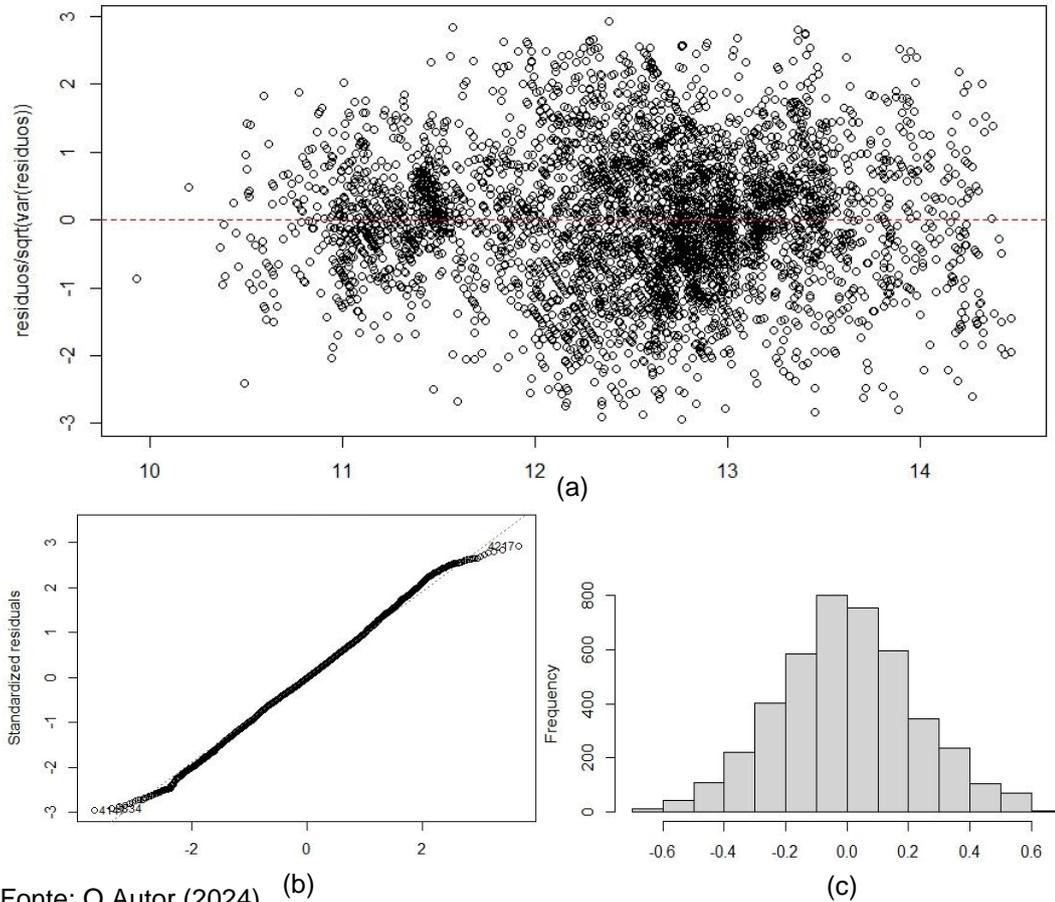
Multiple R-squared: 0.9285, Adjusted R-squared: 0.9281

F-statistic: 2628 on 21 and 4253 DF, p-value: < 2.2e-16

Fonte: O Autor (2024).

A etapa seguinte envolveu a análise dos resíduos, Gráfico 4, com ênfase na normalidade, homocedasticidade e autocorrelação. O gráfico de Resíduos Padronizados vs. Valores Ajustados, Gráfico 4a, foi utilizado para a análise de homocedasticidade, enquanto o Q-Q plot, Gráfico 4b, e o histograma, Gráfico 4c, proporcionaram uma avaliação visual da normalidade dos resíduos.

Gráfico 4 – Resultado das análises dos resíduos do modelo com variáveis de mobilidade. (a) homocedasticidade dos resíduos padronizados, (b) gráfico Q-Q e (c) distribuição de frequências.



Fonte: O Autor (2024). (b)

Na análise dos testes formais, Tabela 13, apesar de os testes de Anderson-Darling e de Shapiro-Wilk apresentarem evidências contrárias à normalidade dos resíduos (valor-p de 0.00262/0.0001231), não revela discrepâncias significativas, especialmente em amostras volumosas. Adicionalmente, a avaliação visual do histograma e do Q-Q plot dos resíduos sugere uma aderência satisfatória à forma da distribuição normal. Essas análises gráficas, corroboradas pelos resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov (valor-p de 0.4231) e Jarque-Bera (valor-p de 0.3751), sustentam a aceitação da hipótese de normalidade. A ponderação conjunta de evidências estatísticas e visualizações gráficas sugere que, apesar de alguns desvios estatísticos, os resíduos mantêm uma distribuição aproximadamente normal, validando as premissas do modelo final.

Os Testes de Breusch-Pagan e White revelam falta de homocedasticidade nos resíduos do modelo final de regressão. Em amostras grandes, a sensibilidade desses testes a pequenas variações deve ser considerada. Já o Teste de Goldfeld-Quandt, ao não encontrar heterocedasticidade significativa (p-valor de 0.1634), sugere

equilíbrio. Com o Teste de Goldfeld-Quandt e uma interpretação cuidadosa das diferenças na variância dos resíduos, reforça a favor da homocedasticidade na aplicação prática do modelo, respaldada por uma análise gráfica favorável.

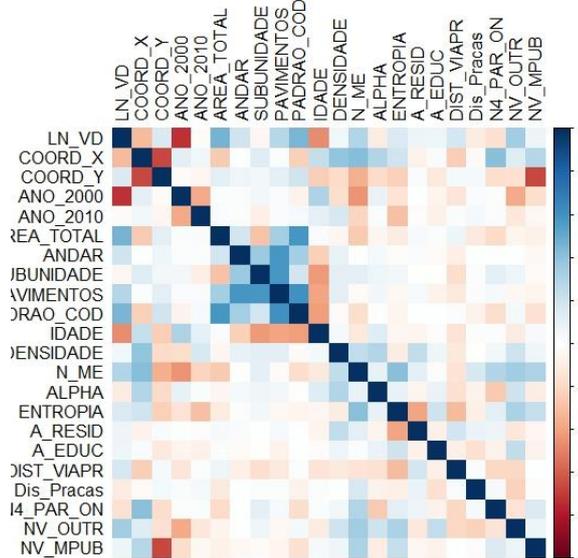
Tabela 13 – Resultados dos testes formais de normalidade com variáveis de mobilidade.

| Test | data | p-value |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Shapiro-Wilk test | 0.99827 | 0.0001231 |
| Anderson-Darling | Na = 1.273 | 0.00262 |
| Kolmogorov-Smirnov | 0.013436 | 0.4231 |
| Jarque Bera | X-squared = 1.9613 | 0.3751 |
| Breusch-Pagan | BP = 546.71 | < 2.2e-16 |
| White | BP = 41.791 | 8.416e-10 |
| Goldfeld-Quandt | GQ = 1.0436 | 0.1634 |

Fonte: O Autor (2024).

A estatística de Durbin-Watson foi calculada em 1.7955, próxima ao valor ideal de 2, indicando escassa evidência de autocorrelação nos resíduos para o lag 1. Este resultado, frequentemente classificado como "inconclusivo" na prática, sugere a importância de considerar outros diagnósticos, como a análise gráfica dos resíduos.

Figura 9 – Mapa de calor da matriz de correlações.

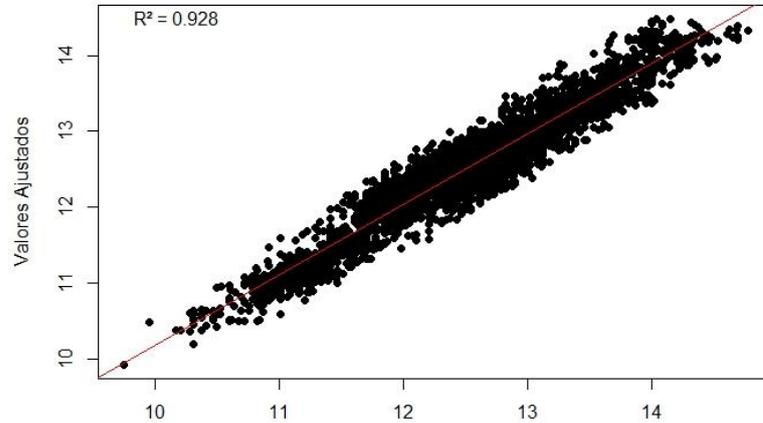


Fonte: O Autor (2024).

Ao analisar o gráfico de mapa de calor da matriz de correlações, Figura 9, observamos que todas as variáveis independentes apresentam valores em módulo de correlação inferior a 80%, indicando associações moderadas ou fracas entre essas variáveis e ausência de multicolinearidade.

O gráfico de valores observados *versus* ajustados, Gráfico 5, ilustra a eficiência do modelo de regressão, evidenciando a proximidade entre as previsões teóricas e os dados reais, reforçando a validade e precisão das estimativas geradas pelo modelo.

Gráfico 5 – Gráfico de valores observados *versus* ajustados.



Fonte: O Autor (2024).

É válido notar que, devido ao tamanho considerável da amostra, pequenas variações na estatística do teste podem ter significância estatística, mas sua relevância prática pode ser limitada, sendo a análise gráfica uma ferramenta alternativa para uma avaliação mais robusta. A equação 15 representa um modelo exponencial, onde o valor é o produto das variáveis.

$$\begin{aligned}
 \text{Valor} = e^{356,9} & * 0,99997^{\text{COORD}_X} * 0,99996^{\text{COORD}_Y} * 0,18619^{\text{ANO}_{2000}} * 0,56468^{\text{ANO}_{2010}} \\
 & * 1,0044^{\text{AREA}} * 1,00677^{\text{ANDAR}} * 0,99763^{\text{SUBUNIDADE}} * 1,01632^{\text{PAVIMENTOS}} \\
 & * 1,00007^{\text{PADRAO}} * 0,99168^{\text{IDADE}} * \text{DENSIDADE}^{0,9673} * 0,97908^{\text{TX}_{ME}} \\
 & * 1,31193^{\text{ALPHA}} * 1,27494^{\text{ENTROPIA}} * 1,00001^{\text{A}_{RESID}} * 0,99998^{\text{A}_{EDUC}} \\
 & * 1,00017^{\text{DIST}_{VIAPR}} * 0,99988^{\text{Dis}_{Pracas}} * 0,99244^{\text{N}^4_{PAR_ON}} * 1,00003^{\text{NV}_{OUTR}} \\
 & * 0,999998^{\text{NM}_{MPUB}}
 \end{aligned} \tag{15}$$

Isso sugere que, mantendo as demais variáveis constantes, *coeteris paribus*, inicialmente para as variáveis tradicionais em avaliação de imóveis, verifica-se que os coeficientes variaram muito pouco em relação ao modelo anterior, onde só foram incluídas essas variáveis. As interpretações dos resultados por variáveis estão apresentadas a seguir:

- Quando o leste UTM COORD_X aumenta em um metro, o valor diminui em 0,003%;
- Quando o norte UTM COORD_Y aumenta em um metro, o valor diminui em 0,004%;

- c) Quando o recorte temporal de trata do ano 2000, comparado ao recorte do ano 2020 o valor diminui em 81,381%;
- d) Quando o recorte temporal de trata do ano 2010, comparado ao recorte do ano 2020 o valor diminui em 43,532%;
- e) Quando a área aumenta em um metro quadrado, o valor se eleva em 0,44%;
- f) Quando a andar aumenta em uma unidade, o valor se eleva em 0,677%;
- g) Quando o número de Subunidades aumenta em uma unidade, o valor diminui em 0,237%;
- h) Quando o número de Pavimentos aumenta em uma unidade, o valor se eleva em 1,632%;
- i) Quando se eleva o Padrão construtivo em uma cada categoria, o valor se eleva em 0,007%;
- j) Quando a Idade do imóvel aumenta em um ano, o valor diminui em 0,832%;

Em relação às variáveis de mobilidade acrescentadas ao modelo, mantendo as demais variáveis constantes a interpretação é a seguinte:

- k) Quando a densidade populacional aumenta em 10%, o valor diminui em 9,673%;
- l) Quando a densidade mercantil aumenta em uma unidade por metro quadrado, o valor diminui em 2,092%;
- m) Quando o índice Alpha (entre 0 e 1) aumenta em 0,1 pontos, o valor se eleva em 3,12%;
- n) Quando o índice Entropia (entre 0 e 1) aumenta em 0,1 unidade, o valor se eleva em 2,75%;
- o) Quando a área ocupada por uso residencial aumenta em um 1.000 metros quadrados, o valor se eleva em 1%;
- p) Quando a área ocupada por uso educacional aumenta em 1.000 metros quadrados, o valor diminui em 2%;
- q) Quando a distância até a via principal aumenta em 100 metros, o valor se eleva em 1,7%;
- r) Quando a distância até praças e parques aumenta em 100 metros, o valor diminui em 1,2%;
- s) Quando a quantidade de paradas de ônibus aumenta em uma unidade, o valor diminui em 0,756%;

- t) Quando o número de viagens feitas por outros tipos aumenta em 100 viagens, o valor se eleva em 0,3%;
- u) Quando o número de viagens por transporte público aumenta em 100 unidades, o valor diminui em 0,02%;

Taxa de Densidade Populacional (Densidade): A redução de 9,673% no valor para um aumento de 10% na densidade populacional sugere que áreas mais densamente povoadas estão associadas a valores de mercado mais baixos, ou seja, o mercado desvaloriza o aumento de densidade. Isso pode ser explicado pelo potencial aumento no tráfego, da poluição do ar e sonora, redução da privacidade e maior concorrência por recursos.

Taxa de Densidade Mercantil: O decréscimo de 2,092% no valor para um aumento de uma unidade na densidade mercantil sugere que áreas com maior concentração de estabelecimentos comerciais podem ter um impacto negativo nos valores de mercado. Isso pode estar relacionado ao fato de o mercado não perceber ou valorizar o uso misto do solo, que pode oferecer serviços próximos aos locais de residência reduzindo a necessidade de deslocamentos a maiores distâncias.

Índice Alpha (Desenho Urbano): O aumento significativo de 3,12% para cada 0,1 pontos indica que áreas com um desenho urbano mais conectado estão associadas a valores de mercado mais elevados. Isso ressalta a importância do desenho urbano na valorização imobiliária e confirma a hipótese desse indicador urbanístico como relevante para a atratividade do solo.

Índice Entropia (Diversidade do Uso do Solo): O aumento de 2,75% para cada 0,10 pontos sugere que áreas com maior diversidade no uso do solo estão associadas a valores de mercado mais elevados. Isso pode refletir a atratividade de áreas multifuncionais e dinâmicas. Confirma também a hipótese desse indicador para a atratividade do solo.

Área Ocupada por Uso Residencial: A contribuição mínima 0,1% para cada 1.000 metros quadrados de uso residencial indica que, isoladamente, áreas ocupadas exclusivamente por uso residencial tem pouco impacto nos valores de mercado. Como a variável dependente se trata de imóveis residenciais, é coerente com a primeira Lei de Tobler (1970), que sugere que locais próximos tendem a ter características similares ou atraírem atividades similares.

Área Ocupada por Uso Educacional: A diminuição de 0,2% por 1.000 metros quadrados sugere que a presença de instituições educacionais pode ter exercer um leve impacto negativo nos valores de mercado para fins residenciais, mesmo sendo essa uma característica interessante para algumas famílias.

Distância até a Via Principal: O aumento de 1,7% nos valores de mercado associado a cada 100 metros de afastamento de vias principais sugere uma relação inversa entre essa variável e os valores dos imóveis. Esse resultado pode ser explicado pelo impacto negativo que a proximidade a vias principais pode ter nos valores de mercado. Geralmente, áreas próximas a vias de tráfego intenso podem estar sujeitas a ruídos, poluição e outros inconvenientes relacionados ao tráfego, o que pode influenciar negativamente a atratividade e, conseqüentemente, os preços dos imóveis.

Distância até Praças e Parques: A diminuição de 1,2% nos valores de mercado a cada 100 metros de distância de praças e parques sugere que a proximidade a esses espaços tem um impacto positivo nos preços dos imóveis. Essa tendência é coerente com a ideia de que a presença de áreas verdes, praças e parques, geralmente é valorizada pelos compradores e pode contribuir para a atratividade de uma região.

Quantidade de Paradas de Ônibus: A redução de 0,756% indica que um aumento na quantidade de paradas de ônibus está associado a valores de mercado mais baixos, possivelmente devido à percepção de inconveniências relacionadas ao transporte público. Ou até, que esse tipo de infraestrutura de transporte não é valorizado pelos moradores da região de estudo.

Número de Viagens por Outros Tipos: A contribuição mínima sugere que o número de viagens de outros tipos tem pouco impacto isolado nos valores de mercado. Embora apontada como uma variável que alguma relevância para o modelo, a própria indefinição de quais tipos de viagens são contempladas nessa generalização, dificulta o entendimento desse fenômeno.

Número de Viagens por transportes públicos: A leve redução de 0,02% nos valores de mercado associada ao aumento de 100 viagens por transporte público sugere uma possível influência negativa dessa variável nos preços dos imóveis. Isso pode sugerir que esse serviço pode não ser considerada importante pela população da região estudada. Salienta-se a relevância de incorporar elementos de mobilidade urbana na análise do mercado imobiliário, enfatizando a necessidade de identificar os

tipos de transporte público desejáveis pelos moradores. Isso ressalta a importância de planejar soluções de transporte mais eficazes e atrativas para os residentes ao avaliar áreas para desenvolvimento imobiliário.

5 CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia proposta abordou um conjunto de 4.884 dados de transações imobiliárias, dos quais apenas 88,44% foram efetivamente utilizados devido a problemas diversos. Destes, 21% correspondem ao ano 2000, 35% ao ano 2010 e 44% ao ano 2020. Esses dados orientaram a aglutinação de informações de outras fontes, como ICPS (2022), ESIG (2022) e o Cadastro Imobiliário da Prefeitura do Recife, por meio de técnicas de geoprocessamento.

A escolha de variáveis relevantes para explicar a variabilidade de preços de imóveis residenciais foi baseada em revisão da literatura e na disponibilidade do banco de dados. Além disso, foram selecionadas variáveis de mobilidade, geradas por geoprocessamento, conforme detalhado no Quadro 2.

A análise exploratória dos dados começou com a síntese de estatísticas descritivas e gráficos de dispersão (ver Apêndice A). Essa análise revelou que as variáveis apresentavam tendências alinhadas com as expectativas da literatura, apesar das diferenças nas variâncias e dispersão observadas.

A análise espacial indicou uma distribuição equitativa no transporte público, exceto no centro do Poço da Panela, onde possivelmente a preservação histórica limita a acessibilidade. Contrariamente, a Jaqueira apresentou uma oferta expressiva de praças, parques e vias. A densidade de quadras se concentra nas Graças e Espinheiro, enquanto o Índice Alpha se destacou nos bairros da Jaqueira, Aflitos e Espinheiro, região com a maior valorização imobiliária.

Um avanço na verticalização foi observado nos doze bairros nesse período de duas décadas após a regulamentação do uso do solo, indicando que empreendedores anteciparam a nova política, acelerando projetos para aprovação na Prefeitura. Esse avanço foi mais pronunciado em bairros não impactados pela regulamentação, conforme indicado por Lacerda et al. (2018).

Os dados e mapas de distâncias de viagens entre 1997 e 2018 não indicaram uma redução significativa nas viagens de longa distância após a implementação da política de uso do solo nos doze bairros, sugerindo uma possível ineficiência nesse aspecto. Houve uma diminuição proporcional de microviagens em todas as zonas, exceto na Zona de Tráfego da Jaqueira, que permaneceu estável.

Em relação ao tipo de viagem, a estabilidade foi predominante, mas algumas zonas, como Casa Forte e Tamarineira, registraram aumento nas viagens por

transporte motorizado público, enquanto Parnamirim teve um aumento nas viagens motorizadas privadas, o que aponta para a ineficiência da política para a diminuição das viagens motorizadas.

A densidade de atividades mercantis aumentou uniformemente em toda a região, e a densidade populacional teve um expressivo aumento na área entre Espinheiro, Aflitos, Jaqueira e Tamarineira, com um aumento menos evidente nas Graças e em uma área de interesse social em Apipucos, indicando que a política não foi eficiente no controle das densidades.

A análise dos mapas de diversidade do uso do solo indicou um aumento geral na entropia e dissimilaridade, mas com variações significativas. Algumas áreas apresentaram uma diminuição na diversidade do uso do solo, especialmente em regiões predominantemente residenciais, sugerindo a necessidade de abordagens específicas para promover a diversificação do uso do solo nessas "ilhas".

A pesquisa utilizou o teste de Kruskal-Wallis, conforme apresentado na Tabela 2, para comparar os recortes temporais de cada variável. Em todos os casos, obteve-se um valor-p inferior a 1%, indicando variações significativas entre os dois momentos temporais.

A análise dos gráficos de comparação box-plot, na Figura 9, revelou uma tendência de elevação nos preços imobiliários ao longo dos três recortes temporais, embora os preços unitários (R\$/m²) tenham mostrado estabilização entre 2010 e 2020. Essa estabilidade nos últimos dois recortes também se refletiu na densidade populacional da região, sugerindo possíveis influências demográficas externas e limitações na ocupação de bairros já verticalizados.

Os gráficos indicaram aumento em outros fenômenos, como densidade de atividades mercantis, índices de entropia e dissimilaridade, e número geral de viagens, com exceção das viagens curtas na mesma zona de tráfego, que permaneceram estáveis, apesar do aumento na densidade populacional. Essa estabilidade pode sugerir que a política implementada não foi eficaz na promoção de viagens curtas na região.

Na primeira etapa da modelagem, foi conduzida uma análise utilizando variáveis clássicas e comumente empregadas na avaliação de imóveis. As principais variáveis que explicam a variabilidade nos preços da região foram identificadas, corroborando com o que é apontado pela literatura.

A segunda etapa da modelagem envolveu a inclusão de variáveis derivadas de índices de mobilidade, especificamente relacionadas aos 5D's (PORTUGAL, 2017). Ao incorporar esses indicadores, foram exploradas as relações entre mobilidade, regulamentação urbanística e preços imobiliários.

A redução de 9,673% nos valores de mercado, em resposta a um aumento de 10% na densidade populacional, sugere que áreas mais densamente povoadas tendem a apresentar valores imobiliários mais baixos, possivelmente devido a impactos como aumento no tráfego, redução da privacidade e competição por recursos.

Da mesma forma, o decréscimo de 2,092% nos valores de mercado em relação ao aumento na densidade mercantil indica que áreas com maior concentração de estabelecimentos comerciais podem ter um impacto negativo nos valores imobiliários, relacionado ao tráfego intenso e à presença de atividades comerciais indesejáveis, incluindo a competição entre profissionais autônomos.

O aumento significativo de 31,193% nos valores de mercado associado ao Índice Alpha, que mede o desenho urbano mais atrativo, destaca a importância do planejamento urbano na valorização imobiliária. A análise do Índice Entropia revela um aumento de 27,494% nos valores de mercado em áreas com maior diversidade no uso do solo, indicando a atratividade de ambientes multifuncionais e dinâmicos.

A área ocupada por uso residencial demonstra ter contribuição mínima isoladamente nos valores de mercado, alinhando-se à ideia de que locais próximos tendem a ter características similares. A presença de instituições educacionais apresenta uma diminuição de 0,002% nos valores de mercado para fins residenciais, sugerindo um leve impacto negativo.

A distância até vias principais mostra um aumento de 0,017% nos valores de mercado, indicando uma relação inversa, possivelmente devido a impactos negativos como ruídos e poluição. A proximidade a praças e parques revela uma diminuição de 0,012% nos valores de mercado, sugerindo um impacto positivo nos preços dos imóveis, alinhando-se à valorização geralmente atribuída a áreas verdes.

A quantidade de paradas de ônibus demonstra uma redução de 0,756% nos valores de mercado, indicando que essa infraestrutura pode não ser considerada desejável para os moradores da região.

A implementação de políticas de regulação do uso do solo exerce impactos significativos na mobilidade, e essa relação se reflete de maneira ágil e eficiente nos

valores imobiliários. A regulação do uso do solo não apenas influencia a mobilidade, mas também tem uma correlação direta com a valorização de propriedades de forma rápida. A eficácia dessa interação depende do planejamento e orientação cuidadosa dos objetivos da política de regulação. A metodologia adotada revelou-se eficiente na mensuração do grau de influência dos indicadores de mobilidade nos valores imobiliários, enfatizando a importância de uma abordagem para alcançar os resultados desejados.

A tese alcançou seu propósito de proposição de uma metodologia para análise, bem como a sua aplicabilidade ao examinar os efeitos da implementação de políticas de regulação urbanística na mobilidade e nos valores imobiliários. Notavelmente, a tese contribuiu para o desenvolvimento de uma metodologia inovadora que visa quantificar o valor que a sociedade atribui à mobilidade. Nesse contexto, a aplicação aprimorada da regressão linear, proposta pela pesquisa, amplia a eficácia dessa abordagem, proporcionando uma ferramenta para analisar as interações entre regulação do solo, mobilidade e preços imobiliários.

Esta Tese introduz uma abordagem inovadora ao incorporar não apenas as variáveis tradicionais, mas também elementos de mobilidade. A robustez dos resultados e a validação do modelo destacam a significativa melhoria na capacidade preditiva alcançada pela inclusão de variáveis de mobilidade urbana. A geração de variáveis de mobilidade em modelos de preços imobiliários para avaliar os impactos de políticas urbanas por meio de elementos e tecnologias amplamente acessíveis, como o SIG, proporciona uma abordagem prática e valiosa para cidades, pesquisadores, sociedade e tomadores de decisão. Essa contribuição original destaca-se como uma valiosa ferramenta para a compreensão das dinâmicas imobiliárias em contextos urbanos.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A primeira diz respeito à generalização dos resultados, uma vez que o modelo é específico para a região estudada, e a aplicabilidade direta em outras localidades pode variar. Além disso, a falta de dados específicos sobre certas variáveis, como a natureza exata das viagens consideradas na categoria "outros tipos", limita a interpretação precisa desses elementos. Nesta tese, por motivos de disponibilidade de informações, não se investigou aspectos da variável renda dos moradores, o que representa um aspecto importante que deve ser considerado em pesquisas futuras. Também não se explorou análises das relações de oferta e demanda para explicar os

fenômenos dos preços imobiliários, tampouco outras estruturas de mercado, como oligopólio, oligopsônio e semelhantes.

Para futuras pesquisas, recomenda-se uma expansão do escopo geográfico e a inclusão de mais variáveis para aprimorar a precisão do modelo.

Em termos práticos, os resultados deste estudo podem orientar desenvolvedores imobiliários, urbanistas e formuladores de políticas ao considerar a integração de elementos de mobilidade em projetos urbanos. Recomenda-se, por exemplo, que o planejamento de novas áreas residenciais leve em consideração não apenas a infraestrutura física, mas também os aspectos relacionados à mobilidade para garantir bairros mais atrativos e valorizados. Essas considerações têm implicações para o desenvolvimento urbano e podem contribuir para a formulação de políticas urbanas mais alinhadas com as necessidades e preferências da comunidade.

REFERÊNCIAS

ABDULJABBAR, Rusul L.; LIYANAGE, Sohani; DIA, Hussein. The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. 2021.

ABIDOYE, Rotimi Boluwatife; JUNGE, Maureen K.; LAM, Terence Y. M.; OYEDOKUN, Tunbosun Biodun; TIPPING, Malvern L. D. B. **Property valuation methods in practice: evidence from Australia**. Property Management, 2019.

ADAIR, Alastair S.; HUTCHISON, Norman E.; BURGESS, Jim. **The valuation of urban regeneration land: A contemporary perspective**. European Real Estate Society Conference, Alicante, Spain. 2001.

ADAMS, David J. **Mapping out the regulatory environment and its interaction with land and property markets**. Energy Policy, v. 36, 2008.

ADETILOYE, Kehinde Adekunle; EKE, Patrick Omoruyi. **A Review of Real Estate Valuation and Optimal Pricing Techniques**. Asian Economic and Financial Review, v. 4, 2014.

AHLFELDT, Gabriel M. **If We Build it, Will They Pay? Predicting Property Price Effects of Transport Innovations**. Environment and Planning A, v. 45, 2013.

AIYIN, Wang; XU, Yanmei. **Multiple Linear Regression Analysis of Real Estate Price**. 2018 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 2018.

AJANOVIC, Amela; SIEBENHOFER, Marina; HAAS, Reinhard. **Electric Mobility in Cities: The Case of Vienna**. Energies, 2021.

AJIBOLA, M. O.; AWODIRAN, O. O.; SALU-KOSOKO, O. **Effects of infrastructure on property values in Unity Estate, Lagos, Nigeria**. International Journal of Economy, Management and Social Sciences, v. 2, 2013.

ALBERTSEN, Niels; DIKEN, Bülent. **Mobility, justification, and the city**. NA, v. 14, n. 1, 2013.

ALIPOUR, Dorsa; DIA, Hussein. **A Systematic Review of the Role of Land Use, Transport, and Energy-Environment Integration in Shaping Sustainable Cities**. Sustainability, v. 15, n. 8, p. 6447, 2023.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. **Dimensões da Negação dos Rios Urbanos nas Metrôpoles Brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife, Brasil**. Geo UERJ, v. 1, 2012.

ALPKOKIN, Pelin. **Historical and critical review of spatial and transport planning in the Netherlands**. Land Use Policy, v. 29, 2012.

ALQAHTANY, Ali M.; REZGUI, Yacine; LI, Haijiang. **A proposed model for sustainable urban planning development for environmentally friendly communities.** Architectural Engineering and Design Management, v. 9, 2013.

AMEEN, Raed F. Mohammed; LI, Haijiang; MOURSHED, Monjur. **Sustainability assessment methods of urban design: a review.** The 21st International Workshop: Intelligent Computing in Engineering. 2014.

AMMAD ABDELAAL, Mohammad Refaat Moh. **Green mobility as an approach for sustainable urban planning.** International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, v. 4, n. 8, 2015.

ANDRADE, Maurício Oliveira de; MAIA, Maria Leonor Alves. **The Recife Metro – The impact on urban development after 20 years.** Flux, v. 75, n. 1, 2009.

ARBACI, Sonia; TAPADA-BERTELI, Teresa. **Social Inequality and Urban Regeneration in Barcelona City Centre: Reconsidering Success.** European Urban and Regional Studies, v. 19, 2012

ARDILA, Arturo; MENCKHOFF, Gerhard. **Transportation Policies in Bogota, Colombia: Building a Transportation System for the People.** Transportation Research Record, v. 1817, p. 130-136, 2002.

ARSLAN, T. V.; DURAK, S.; AYTAC, D. Ö. **Attaining SDG11: Can sustainability assessment tools be used for improved transformation of neighborhoods in historic city centers?** Natural Resources Forum, v. 40, 2016.

AULICINO, Patricia. **Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: O Caso dos Conjuntos Habitacionais.** Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2008.

BAKICI, Tuba; ALMIRALL, Esteve; WAREHAM, Jonathan. **A Smart City Initiative: the Case of Barcelona.** Journal of the Knowledge Economy, v. 4, 2013.

BAKOGIANNIS, Efthimios; BAKOGIANNIS, M.; SITI, M.; VASSI, A.; CHRISTODOULOUPOULOU, G.; KYRIAKIDIS, C. **Case studies and sustainable urban mobility research schemes: A communication channel among researchers and interdisciplinary community groups.** Int. J. Serv. Sci. Manag. Eng, v. 1, 2014.

BALABAN, Osman; OLIVEIRA, José Antonio Puppim de. **Finding sustainable mobility solutions for shrinking cities: the case of Toyama and Kanazawa.** Journal of Place Management and Development, 2021.

BAO, Helen XH; LARSSON, Johan P.; WONG, Vivien. **Light at the end of the tunnel: The impacts of expected major transport improvements on residential property prices.** Urban Studies, v. 58, p. 2971-2990, 2020.

BARDAL, Kjersti Granås; GJERTSEN, Arild; REINAR, Mathias Brynildsen. **Sustainable mobility: Policy design and implementation in three Norwegian cities.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 82, 2020.

BARROS, Andrews Augusto Diniz. **Densidade Urbana e Zoneamento: uma Avaliação do Impacto da Lei dos 12 Bairros na Cidade do Recife.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Economia – PIMES, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2018.

BARTER, Paul A. **Singapore's Mobility Model: Time for an Update?.** Megacity Mobility Culture: How Cities Move on in a Diverse World, p. 225-242, 2013.

BASSOLAS, Aleix; BARBOSA-FILHO, Hugo; DICKINSON, Brian; DOTIWALLA, Xerxes; EASTHAM, Paul; GALLOTTI, Riccardo; GHOSHAL, Gourab; GIPSON, Bryant; HAZARIE, Surendra A.; KAUTZ, Henry A.; KUCUKTUNC, Onur; LIEBER, Allison; SADILEK, Adam; RAMASCO, José J. **Hierarchical organization of urban mobility and its connection with city livability.** Nature Communications, v. 10, 2019.

BAUMONT, Catherine. **Spatial effects of urban public policies on housing values.** Papers in Regional Science, v. 88, n. 2, p. 301-326, 2009.

BERNSTEIN, Janis D. **Land use considerations in urban environmental management.** The World Bank, 1994.

BERTOLINI, Luca. **Sustainable urban mobility, an evolutionary approach.** European Spatial Research and Policy. 2005.

BERTOLINI, Luca. **Integrating Mobility and Urban Development Agendas: a Manifesto.** disP - The Planning Review, v. 48, p. 16-26, 2012.

BERTOLINI, Luca; DIJST, Martin. **Mobility Environments and Network Cities.** Journal of Urban Design, v. 8, p. 27-43, 2003.

BERTOLINI, Luca; LE CLERCQ, Frank; KAPOEN, L. L. **Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward.** Transport Policy, v. 12, 2005

BHAT, C.; GOSEN, R. **A mixed multinomial logit model analysis of weekend recreational episode type choice.** Transportation Research Part B, v. 38, 2004.

BIDANSET, Paul E.; LOMBARD, John R. **Evaluating spatial model accuracy in mass real estate appraisal: A comparison of geographically weighted regression and the spatial lag model.** Cityscape, v. 16, 2014.

BLUMS, Rainers; ZVIRGZDINS, Janis; GEIPELE, Ineta. **Sustainable development strategy options in urban environment.** 21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings, 2022.

BOQUET, Yves. **Transportation and Sustainable Development in a Mid-Size French City, Dijon.** International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, vol. 2, no. 2, 2014.

BOVET, Jana; REESE, Moritz; KÖCK, Wolfgang. **Taming expansive land use dynamics—Sustainable land use regulation and urban sprawl in a comparative perspective.** Land use policy, v. 77, p. 837-845, 2018.

BRATZEL, Stefan. **Conditions of success in sustainable urban transport policy: Policy change in 'relatively successful' European cities.** Transport Reviews, v. 19, 1999.

BRČIĆ, Davor; ŠOŠTARIĆ, Marko; ŠOJAT, Dino. **Sustainable Urban Mobility Plans.** Road and Rail Infrastructure IV, 2017.

BROXTERMAN, Daniel A.; LIU, Yishen. **What is the relation between land use controls and housing prices?** ERN: Microeconomic Studies of Housing Markets (Topic), 2019.

BUEHLER, Ralph; PUCHER, John; ALTSHULER, Alan A. **Vienna's path to sustainable transport.** International Journal of Sustainable Transportation, v. 11, 2017.

BUJANDA, Arturo; FULLERTON, Thomas M. **Impacts of Transportation Infrastructure on Single-Family Property Values.** Applied Economics, v. 49, 2017.

CAMERON, Iain. **Understanding, modelling and predicting transport mobility in urban environments.** Tese de Doutorado. Murdoch University. 2004.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa; RAMOS, Rui AR. **Sustainable mobility evaluation in urban areas.** Poznan University of Technology, Polônia. 2005.

CAO, C.; STRAUSS, Tim; SOULEYRETTE, Reginald R.; SHINN, R. D. **Transportation and Urban Form: A Case Study of the Des Moines Metropolitan Area.** ACM Crossroads Student Magazine, 1998.

CARBONARA, Sebastiano; FAUSTOFERRI, Marco; STEFANO, Davide. **Real Estate Values and Urban Quality: A Multiple Linear Regression Model for Defining an Urban Quality Index.** Sustainability, 2021.

CARPENTIERI, G.; GUIDA, C.; CHORUS, P. **Land-Use and Transport integration policies and real estate values. The development of a GIS methodology and the application to Naples (Italy).** TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment, v. 12, 2019.

CASPERSEN, Ole Hjorth; KONIJNENDIJK, Cecil C.; OLAFSSON, Anton Stahl. **Green space planning and land use: An assessment of urban regional and green structure planning in Greater Copenhagen.** Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, v. 106, 2006.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Custo Unitário Básico: Indicador dos custos do setor da Construção Civil.** Brasília. Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/>. Acesso em: 22 abr. 2023.

CERVERO, Robert. **Exploring the Attitudes-Action Gap in Household Resource Consumption: Does 'Environmental Lifestyle' Segmentation Align with Consumer Behavior?** Urban Development for the 21st Century. 2015.

CERVERO, Robert; SARMIENTO, O. L.; JACOBY, E.; GOMEZ, L. F.; NEIMAN, A. **Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá.** International Journal of Sustainable Transportation, v. 3, 2009.

CERVERO, Robert. **Linking urban transport and land use in developing countries.** Journal of Transport and Land Use. 2013.

CERVERO, Robert; KOCKELMAN, Kara M. **Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 2, 1997.

CHALFOUN, Fadwa. **Is environmental sustainability a case of failure of policy implementation?** Journal of Advanced Research in Social Sciences and Humanities, 2018.

CHENG-RI, Ding. **The impact of urban spatial structure and land use pattern on urban transportation.** Urban Transport of China, 2010.

CHO, Seong-Hoon; WU, Junjie; BOGGESS, William G. **Measuring interactions among urbanization, land use regulations, and public finance.** ERN: Urban Markets (Topic), 2003.

CHORUS, Paul; BERTOLINI, Luca. **Developing transit-oriented corridors: Insights from Tokyo.** International Journal of Sustainable Transportation, 10, 2016.

CICHOCIŃSKI, Piotr; PARZYCH, Piotr. **Application of geographic information systems for real estate valuation support.** FIG Congress. 2006.

COHEN, Jeffrey P.; PAUL, Catherine Morrison. **The impacts of transportation infrastructure on property values: A higher-order spatial econometrics approach.** Journal of Regional Science, v. 47, 2007.

COLONNA, Pasquale; BERLOCO, Nicola; CIRCELLA, Giovanni. **The Interaction between Land Use and Transport Planning: A Methodological Issue.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 53, 2012.

CONOVER, William Jay. **Practical nonparametric statistics.** John Wiley & Sons, 1999.

CORDERA, Rubén; COPPOLA, Pierluigi; DELL'OLIO, Luigi; IBEAS, Angel. **The impact of accessibility by public transport on real estate values: A comparison**

between the cities of Rome and Santander. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 125, 2019.

CORREIA, C.R.; ROSELAND, M. **Addressing Negative Externalities of Urban Development: Toward a More Sustainable Approach.** Urban Science., 2022.

COSTA, Marcela da Silva. **Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal.** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

CRASS, Mary. **Implementing Sustainable Urban Travel Policies.** Public Transport International, v. 51, 2002.

CROSBY, Neil; HENNEBERRY, John. **Financialisation, the valuation of investment property and the urban built environment in the UK.** Urban Studies, v. 53, 2016.

D'ACIERNO, Luca; TANZILLI, Matteo; TESCIONE, Chiara; PARIOTA, Luigi; DI COSTANZO, Luca; CHIARADONNA, Salvatore; BOTTE, Marilisa. **Adoption of micro-mobility solutions for improving environmental sustainability: Comparison among transportation systems in urban contexts.** Sustainability, 2022.

DAAMS, Michiel N.; SIJTSMa, Frans J.; VENERI, Paolo. **Mixed Monetary and Non-Monetary Valuation of Attractive Urban Green Space: A Case Study Using Amsterdam House Prices.** Ecological Economics, v. 166, 2019.

D'ACIERNO, Luca; TANZILLI, Matteo; TESCIONE, Chiara; PARIOTA, Luigi; DI COSTANZO, Luca; CHIARADONNA, Salvatore; BOTTE, Marilisa. **Adoption of Micro-Mobility Solutions for Improving Environmental Sustainability: Comparison among Transportation Systems in Urban Contexts.** Sustainability, 2022.

DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de Avaliações. Uma Introdução à Metodologia Científica.** Editora PINI, 2012.

DARMAILLACQ, S. Chardonnet. **Smart & sustainable mobility in a complex urban context.** IET International Conference on Smart and Sustainable City (ICSSC 2011). IET, 2011.

DASSEN, Ton; KUNSELER, Eva; MICHEILS VAN KESSENICH, Lieke. **The Sustainable City: An Analytical-Deliberative Approach to Assess Policy in the Context of Sustainable Urban Development.** Sustainable Development, v. 21, 2013.

DEGHANMONGABADI, A., & HOŞKARA, Ş. **Determinative Variables Toward Promoting Use of Active Modes of Transportation: Enhancing Level of Sustainable Mobility in Communities.** SAGE Open, 10(3), 2020.

DENG, Xiaoying; NANDA, Anupam; ONG, Seow Eng. **Does Infrastructure Spending Lead to Price Effects in the Property Market? Evidence from Major Cities across India.** *Regional Studies*, v. 53, 2019.

DEVAS, Nick; RAKODI, Carole. **Planning and managing urban development. Managing Fast Growing Cities: New Approaches to Urban Planning in the Developing World**, Essex, Longman Scientific and Technical, 1993.

DIAO, Mi. **Towards sustainable urban transport in Singapore: Policy instruments and mobility trends.** *Transport Policy*, 2019.

DIMITRIOU, Harry T. **Transport and City Development: Understanding the Fundamentals.** *Urban Transport in the Developing World Handbook*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2011.

DINIZ, Clélio Campolina; VIEIRA, Danilo Jorge. **Brazil: accelerated metropolization and urban crisis.** *Area Development and Policy*, v. 1, p. 155-177, 2016.

DIRGAHAYANI, Puspita; NAKAMURA, Fumihiko. **Fostering partnerships towards sustainable urban mobility from the national to local level: Matsuyama, Japan and Yogyakarta, Indonesia.** *latss Research*, 36, 2012.

DISCOLI, Carlos Alberto; MARTINI, Irene. **Unplanned Urban Growth and its Effect on the Sustainability.** *Resources and Environment*, v. 2, 2012

DOBSON, Noelle; GILROY, Amy R. **From partnership to policy: the evolution of Active Living by Design in Portland, Oregon.** *American Journal of Preventive Medicine*, v. 37, 2009.

DOI, Kenji; KII, Masanobu. **Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration.** *latss Research*, v. 35, 2012.

DOMINGO, Darío; PALKA, Gaëtan; HERSPERGER, Anna M. **Effect of zoning plans on urban land-use change: A multi-scenario simulation for supporting sustainable urban growth.** *Sustainable Cities and Society*, 2021.

DORANTES, Lucía Mejía; PÁEZ, Antonio; VASSALLO, José Manuel. **Analysis of House Prices to Assess Economic Impacts of New Public Transport Infrastructure.** *Transportation Research Record*, v. 2245, 2011.

DOWNS, Sharon Rae. **Transfer of development rights: a viable rural preservation tool.** Tese de Doutorado. University of Georgia. 2007.

DU, Hongyan; MA, Yongkai; AN, Yunbi. **The impact of land policy on the relation between housing and land prices: Evidence from China.** *The Quarterly Review of Economics and Finance*, v. 51, 2011.

DUARTE, Fábio; ULTRAMARI, Clovis. **Making Public Transport and Housing Match: Accomplishments and Failures of Curitiba's BRT.** Journal of Urban Planning and Development-asce, v. 138, p. 183-194, 2012.

DUARTE, Gisleia Benini; SILVEIRA, Raul Da Mota; SAMPAIO, Breno. **Restrição Sobre Uso Do Solo Urbano E Valor Dos Imóveis: Uma Avaliação Do Impacto Da Lei Dos Doze Bairros Da Cidade Do Recife.** Anais do XLII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 42nd Brazilian Economics Meeting]. ANPEC- Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia, 2016.

DYKUSOVA, Anastasia; GOLOVINA, Elena Yu. **How will changes in legislation affect the real estate market?** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 667, 2019.

EBOLI, Laura; FORCINITI, Carmen; MAZZULLA, Gabriella. **Exploring land use and transport interaction through structural equation modelling.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 54, 2012.

EDWARDS, Jerry L.; SCHOFER, Joseph L. **Relationships between transportation energy consumption and urban structure: results of simulation studies.** Transportation Research Record, 1976.

EDWINS, SB et al. **Urban Transportation and Land Use: A Bibliography.** Kentucky University Bibliography DOT, TSC-FC/145. 1975.

EFTHYMIOU, Dimitrios E.; ANTONIOU, Constantinos. **How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece.** Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2013.

EFTHYMIOU, Dimitrios E.; ANTONIOU, Constantinos. **Measuring the Effects of Transportation Infrastructure Location on Real Estate Prices and Rents: Investigating the Current Impact of a Planned Metro Line.** EURO Journal on Transportation and Logistics, v. 3, 2014.

ELORRIETA, Berezi; SÁNCHEZ-AGUILERA, Dolores. **Landscape regulation in regional territorial planning: a view from Spain.** The European Landscape Convention: Challenges of Participation. Springer Netherlands, 2011.

ESIG – Sistema de Informação Geográfica do Recife. **Informações Geográficas do Recife.** Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/sites/#/esig>. Acesso em: 19 dez. 2022.

FARLA, Jacco; ALKEMADE, Floor; SUURS, Roald A. A. **The transition toward sustainable mobility in the Netherlands: Analysis of policy initiatives, barriers and risks.** 2008 First International Conference on Infrastructure Systems and Services: Building Networks for a Brighter Future (INFRA), 2008.

FENTON, Paul. **National infrastructure, small towns and sustainable mobility – experiences from policy and strategy in two Swedish municipalities.** Journal of Environmental Planning and Management, v. 60, 2017

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Gonzalo; FERNÁNDEZ-HEREDIA, Álvaro. **Strategic Thinking for Sustainability: A Review of 10 Strategies for Sustainable Mobility by Bus for Cities.** Sustainability, 2018.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Índice Geral de Preços - Mercado.** Rio de Janeiro. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/igp-m-resultados-2023>. Acesso em: 14 ago. 2023.

FOLTÝNOVÁ, Hana Brůhová; VEJCHODSKÁ, Eliška; RYBOVÁ, Kristýna; KVĚTOŇ, Viktor. **Sustainable urban mobility: One definition, different stakeholders' opinions.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2020.

FORYŚ, Iwona; PUTEK-SZELAĞ, Ewa. **The influence of planning decisions regarding land evaluation based on a selected local real estate market.** Real Estate Management and Valuation, v. 23, 2015.

FRANK, L. **Land Use and Transportation: Resource Paper.** Transportation Research Board Conference Proceedings. 2002.

FREUDENDAL-PEDERSEN, Malene; HARTMANN-PETERSEN, Katrine; FRIIS, Freja; RUDOLF LINDBERG, Malene; GRINDSTED, Thomas Skou. **Sustainable Mobility in the Mobile Risk Society—Designing Innovative Mobility Solutions in Copenhagen.** Sustainability, 2020.

FURCHTLEHNER, Jürgen; LEHNER, Daniela; LIČKA, Lilli. **Sustainable Streetscapes: Design Approaches and Examples of Viennese Practice.** Sustainability, 2022.

FWA, T. F. **Sustainable Urban Transportation Planning and Development—Issues and Challenges for Singapore.** Transportation Research Board, Annual Meeting. 2005.

GALLO, Mariano. **Assessing the Equality of External Benefits in Public Transport Investments: The Impact of Urban Railways on Real Estate Values.** Case Studies on Transport Policy, v. 8, 2020.

GAO, He et al. **State Capacity to Influence Actor Relations within the Chinese Real Estate Market: An Analytical Framework.** Land, v. 12, n. 8, p. 1601, 2023.

GAO, Yuan; ZHU, Jiaying. **Characteristics, Impacts and Trends of Urban Transportation.** Encyclopedia, 2022.

GASSNER, Andreas; LEDERER, Jakob; KANITSCHAR, Georg; OSSBERGER, Markus; FELLNER, Johann. **Extended ecological footprint for different modes of urban public transport: The case of Vienna, Austria.** Land Use Policy, v. 72, 2018.

GERBER, Philippe; LORD, Sébastien; MANAUGH, Kevin; VAN ACKER, Veronique; CARPENTIER-POSTEL, Samuel. **Sustainability issues of micro and macro-scale changes in daily and residential mobility.** Sustainability, v. 13, 2021.

GEURS, Karst T.; DE BOK, Michiel; ZONDAG, Barry. **Accessibility benefits of integrated land use and public transport policy plans in the Netherlands.** Accessibility analysis and transport planning: Challenges for Europe and North America, p. 135-153, 2012.

GIDUTHURI, Viswanadha Kumar. **Sustainable Urban Mobility: Challenges, Initiatives and Planning.** Current Urban Studies. 2015.

GIELEN, Demetrio Muñoz; SALAS, I. Maguregui; CUADRADO, J. Burón. **International comparison of the changing dynamics of governance approaches to land development and their results for public value capture.** Cities, 2017.

GIEZEN, Mendel; BALIKCI, Stella; ARUNDEL, Rowan. **Using remote sensing to analyse net land-use change from conflicting sustainability policies: the case of Amsterdam.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 7, n. 9, p. 381, 2018.

GIL-ALONSO, Fernando; LÓPEZ-VILLANUEVA, Cristina; THIERS-QUINTANA, Jenniffer. **Transition towards a Sustainable Mobility in a Suburbanising Urban Area: The Case of Barcelona.** Sustainability, 2022.

GOLDBERG, Michael A. **An evaluation of the interaction between urban transport and land use systems.** Land Economics, v. 48, 1972.

GOLDBERG, Michael A. **Transportation, urban land values, and rents: A synthesis.** Land Economics, v. 46, 1970.

GONZALEZ-AREGALL, Marta; BERGQVIST, Rickard. **Green port initiatives for a more sustainable port-city interaction: The case study of Barcelona.** Maritime transport and regional sustainability. Elsevier, 2020.

GOODLING, Erin; GREEN, Jamaal W.; McCLINTOCK, Nathan. **Uneven development of the sustainable city: shifting capital in Portland, Oregon.** Urban Geography, v. 36, 2015.

GÖSSLING, Stefan. **Urban Transport Transitions: Copenhagen, City of Cyclists.** Journal of Transport Geography, v. 33, p. 196-206, 2013.

HAAG, G.; GRUETZMANN, K. **Transport and Urban Development.** Regional Science in Business. Advances in Spatial Science. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001.

HAMEED, Ali Abdulsamea. **Urban and Regional Planning Strategies to Achieve Sustainable Urban Development: (Subject review).** International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering, 2021.

HAN, Wenjing; ZHANG, Xiaoling; ZHENG, Xian. **Land use regulation and urban land value: Evidence from China.** Land Use Policy, v. 92, 2020.

HANUSHEK, Eric A.; QUIGLEY, John M. **Commercial Land Use Regulation and Local Government Finance.** The American Economic Review, v. 80, 1990.

HANUSHEK, Eric A.; YILMAZ, Kuzey. **Land-use Controls, Fiscal Zoning, and the Local Provision of Education.** Public Finance Review, v. 43, 2015.

HARING, Joseph E.; SLOBKO, Thomas; CHAPMAN, Jeffrey I. **The impact of alternative transportation systems on urban structure.** Journal of Urban Economics, v. 3, 1976.

HAYTER, Sheila J.; STOUT, Sherry. **The Role of Building Codes and Controls in Enhancing Community Resilience.** E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019.

HEALEY, Patsy. **Development plans: New approaches to making frameworks for land use regulation.** European Planning Studies, v. 2, 1994.

HEINRICHS, Dirk. **Autonomous driving and urban land use.** Autonomous driving: Technical, legal and social aspects, p. 213-231, 2016.

HENDERSON, J. Vernon. **Optimal regulation of land development through price and fiscal controls.** Journal of Urban Economics, v. 30, p. 64-82, 1991.

HICKMAN, Robin; HALL, Peter; BANISTER, David. **Planning more for sustainable mobility.** Journal of Transport Geography, v. 33, 2013.

HIDALGO, Darío. **The backbone of the mobility strategy of Bogotá - TransMilenio.** Public Transport International, v. 51, 2003.

HIDAYAT, Edwin; RUDIARTO, Iwan; VRIES, Walter de. **The Correlation Between Road Network Performance And Land Price: Case Study Salatiga City.** TATALOKA, v. 21, 2019.

HÖGSTRÖM, John; BROKING, Peter; BALFORS, Berit; HAMMER, Monica. **Approaching Sustainability in Local Spatial Planning Processes: A Case Study in the Stockholm Region, Sweden.** Sustainability, 2021

HOLT, William G. **From Sustainable to Resilient Cities: Global Concerns and Urban Efforts.** Bingley: Emerald Group Publishing, 2014.

HOOPER, William L. Transportation: **Burden or blessing to the urban environment?** Transportation Research, v. 2, p. 177-185, 1968.

HOPKINS, Erin Ann. **The influence of public transportation on housing values.** International Journal of Sustainable Development & World Ecology, vol. 25, 2018.

HOWES, Michael; WORTLEY, Liana; POTTS, Ruth; DEDEKORKUT-HOWES, Ayşın; SERRAO-NEUMANN, Silvia; DAVIDSON, Julie; SMITH, Timothy F.; NUNN, Patrick D. **Environmental Sustainability: A Case of Policy Implementation Failure?** Sustainability, v. 9, 2017.

HUANG, Haifang; TANG, Yao. **Residential land use regulation and the US housing price cycle between 2000 and 2009.** Journal of Urban Economics, v. 71, 2012.

IACONO, Michael J.; LEVINSON, David Matthew. **Accessibility dynamics and location premia: Do land values follow accessibility changes?** Urban Studies, v. 54, p. 364-381, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ICPS – INSTITUTO DA CIDADE PELÓPIDAS SILVEIRA. **Pesquisas Mobilidade.** Recife. Disponível em: <https://icps.recife.pe.gov.br/>. Acesso em: 19 dez. 2022.

IKEDA, Sanford. **How Land-Use Regulation Undermines Affordable Housing.** ERN: Microeconomic Studies of Housing Markets (Topic), 2018.

IMRIE, Rob; STREET, Emma. **Architectural design and regulation.** John Wiley & Sons, 2011.

IRWIN, Neal A. **Public Transit and the Quality of Urban Living.** High Speed Ground Transportation Journal, v. 3, 1969.

ISMAIL, Suriatini; BUYONG, Taher. **Residential property valuation using geographic information system.** Buletin Geoinformasi, Jld. 2, No.2, pp. 249-266, Oisember, 1998.

JACKSON, Richard H., James H. CARR and Edward E. DUENSING. **Land use issues of the 1980s.** Economic Geography. 1984.

JARASS, Julia; HEINRICHS, Dirk. **New Urban Living and Mobility.** Transportation Research Procedia, v. 1, p. 142-153, 2014.

JAYANTHA, Wadu Mesthrige; LAM, Tsun-ip Patrick; CHONG, Mei Lai. **The impact of anticipated transport improvement on property prices: A case study in Hong Kong.** Habitat International, v. 49, p. 148-156, 2015.

JONES, Ian. **Road space allocation: the intersection of transport planning, governance and infrastructure.** Tese (Doutorado). RMIT University. 2014.

JOSHI, Saakshi; BAILEY, Ajay; DATTA, Anindita. **On the move? Exploring constraints to accessing urban mobility infrastructures.** Transport Policy, v. 102, p. 61-74, 2021.

JUKNELIENĖ, Daiva; VALCIUKIENE, Jolanta; ATKOCEVIČIENE, Virginija. **Assessment of regulation of legal relations of territorial planning: A case study in Lithuania.** *Land Use Policy*, v. 67, 2017.

JUN, Myung-Jin. **Are Portland's Smart Growth Policies Related to Reduced Automobile Dependence?** *Journal of Planning Education and Research*, v. 28, 2008.

KAUF, Sabina. **A smart sustainable city: The challenges facing sustainable mobility.** *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, v. 63, n. 7, p. 230-243, 2019.

KAUF, Sabina. **The Instruments of Urban Logistics and Mobility Management of Population.** *Logistics and Transport*, v. 10, 2010.

KAUKO, Tom Johannes. **Institutions at the Interface of Urban Planning and Real Estate.** *Real Estate Management and Valuation*, v. 27, 2019.

KELLY, Eric Damian. **The transportation land-use link.** *Journal of Planning Literature*, v. 9, 1994.

KHOSHKAR, Sara; BALFORS, Berit; WÄRNBACK, Antoinette. **Planning for green qualities in the densification of suburban Stockholm – opportunities and challenges.** *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 61, 2018

KIBA-JANIĄK, Maja; WITKOWSKI, Jarosław. **Sustainable Urban Mobility Plans: How Do They Work?** *Sustainability*, 2019.

KIM, J. H. **Land Use, Spatial Structure, and Regional Economic Performance: Assessing the Economic Effects of Land Use Planning and Regulation.** Tese de Doutorado, Departamento de Planejamento Regional, Graduate College da University of Illinois, Urbana, Illinois, 2010.

KIM, Jae Hong. **Linking land use planning and regulation to economic development: A literature review.** *Journal of Planning Literature*, v. 26, 2011.

KLECHA, L.; GIANNI, F. **Designing for Sustainable Urban Mobility Behaviour: A Systematic Review of the Literature.** *Citizen, Territory and Technologies: Smart Learning Contexts and Practices. SLERD 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 80. Springer, Cham, 2018.

KOCH, F.; KRELLNBERG, K. **How to Contextualize SDG 11? Looking at Indicators for Sustainable Urban Development in Germany.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2018.

KOK, N., MONKKONEN, P., QUIGLEY, J. M. **Land use regulations and the value of land and housing: An intra-metropolitan analysis.** *Journal of Urban Economics*, 81, 2014.

KOK, Nils; MONKKONEN, Paavo; QUIGLEY, John M. **Land use regulations and the value of land and housing: An intra-metropolitan analysis.** *Journal of Urban Economics*, 2014.

KOUTSOPOULOS, K. C. **The impact of mass transit on residential-property values.** *Annals of the Association of American Geographers*, v. 67, 1977.

KRAUSE, Andy; BITTER, Christopher. **Spatial econometrics, land values and sustainability: Trends in real estate valuation research.** *Cities*, v. 29, 2012.

KRELLNBERG, K.; KOCH, F. **Conceptualizing Interactions between SDGs and Urban Sustainability Transformations in Covid-19 Times.** *Politics and Governance*, 2021.

KULMER, Veronika; KOLAND, Olivia; STEININGER, Karl W.; FÜRST, Bernhard; KÄFER, Andreas. **The interaction of spatial planning and transport policy: A regional perspective on sprawl.** *Journal of Transport and Land Use*, v. 7, 2014.

KUPEC, Josef; STRANSKY, Martin. **Methodology of Real Estate Valuation in a Whole Life Cycle Context.** *Proceedings of the Creative Construction Conference 2019*, 2019.

LACERDA, Norma, ARAUJO, L. H. D. S., Alves, P. R. M., & CUNHA, F. **Lei dos 12 bairros: contribuição para o debate sobre a produção do espaço urbano do Recife.** Companhia Editora de Pernambuco (CEPE), 2018.

LAM, Debra; HEAD, Peter. **Sustainable Urban Mobility. Energy, Transport, & the Environment: Addressing the Sustainable Mobility Paradigm.** London: Springer, 2012.

LAM, Soi-Hoi; TRINH, Dinh Toan. **Land Transport Policy and Public Transport in Singapore.** *Transportation*. 33. 2006.

LAMI, I. M.; ABASTANTE, F.; GABALLO, M.; MECCA, B.; TODELLA, E. **Fostering Sustainable Cities through Additional SDG11-Related Indicators.** *Valori e Valutazioni*, 2023.

LANDIS, J., REINA, V. J. **Do Restrictive Land Use Regulations Make Housing More Expensive Everywhere?** *Economic Development Quarterly*, 35, 2021.

LAWSON, Alice. **Transferable development right in NSW.** *Australian Planner*, v. 45, 2008.

LAY FRICS, R. N. **Real Estate Portfolio Valuation.** *Journal of Valuation*, v. 6, n. 3, p. 214-230, 1988.

LE CLERCQ, Frank; BERTOLINI, Luca. **Achieving sustainable accessibility. An evaluation of policy measures in the Amsterdam area.** *Housing Studies*, 2003

- LEAL JÚNIOR, Sérgio; ANDRADE, Maurício Oliveira de; MAIA, Maria Leonor Alves. **Impactos na mobilidade decorrentes de legislação de restrição ao adensamento habitacional e à verticalização em doze bairros do Recife**. Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, 2019.
- LEAL, T. L.; SILVA, Tâmara Bastos; FIGUEIRÊDO, Sheilla da Silva Melo; LOPES, Wilza Gomes Reis; ZANELLA, M. **Urban sustainability in Brazil and its applications: a systematic review**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, 2022.
- LEGACY, Crystal. **Transport planning in the urban age**. Planning Theory & Practice, v. 18, n. 2, p. 177-180, 2017.
- LEITE, Rogério Proença; PEIXOTO, Paulo. **Políticas urbanas de patrimonialização e contrarrevanchismo: o Recife Antigo e a Zona Histórica da Cidade do Porto**. Cadernos Metrôpole, n. 21, 2009.
- LEONTEV, E. V.; MAYBUROV, I. A. **Assessment of the impact of public transport accessibility on the value of urban residential real estate**. Journal of Applied Economic Research, v. 20, n. 1, p. 62-83, 2021.
- LEVINE, Jonathan. **Zoned out: Regulation, markets, and choices in transportation and metropolitan land use**. Routledge, 2010.
- LI, Handuo; WEI, Yehua Dennis; WU, Yangyi; TIAN, Guang. **Analyzing Housing Prices in Shanghai with Open Data: Amenity, Accessibility and Urban Structure**. Cities, 2019.
- LIESKE, Scott N.; NOUWELANT, Ryan Van Den; HAN, Jung Hoon; PETTIT, Christopher James. **A Novel Hedonic Price Modelling Approach for Estimating the Impact of Transportation Infrastructure on Property Prices**. Urban Studies, v. 58, 2021.
- LIN, Desen; WACHTER, Susan M. **Land use regulation, regulatory spillover and housing prices**. Environmental Economics eJournal, 2020.
- LISDIYONO, Edy. **Environmental Legislation: a Study of the Shift of Spatial Policy in Local Regulation. International**. Journal of Environmental and Science Education, 2017.
- LIU, Fengyun; MATSUNO, Shuji; MALEKIAN, Reza; YU, Jin; LI, Zhixiong. **A Vector Auto Regression Model Applied to Real Estate Development Investment: A Statistic Analysis**. Sustainability, 2016.
- LÖCHL, Michael. **Land use effects of road pricing: A literature review**. Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung, v. 364, 2006.
- LOO, Becky P. Y.; DU VERLE, Frederic. **Transit-oriented development in future cities: towards a two-level sustainable mobility strategy**. International Journal of Urban Sciences, v. 21, 2017.

LOPEZ-RUIZ, Hector G.; CHRISTIDIS, Panayotis; DEMIREL, Hande; KOMPIL, Mert. **Quantifying the Effects of Sustainable Urban Mobility Plans**. Report EUR, v. 26123, 2013.

LOURO, Ana; COSTA, Nuno M. da; COSTA, Eduarda. M. da. **Sustainable Urban Mobility Policies as a Path to Healthy Cities—The Case Study of LMA, Portugal**. Sustainability, 2019.

LOWE, Marcia D. **Alternatives to the automobile: Transport for livable cities**. Ekistics, p. 269-282, 1990.

LU, Xinhai; KE, Shangan. **Evaluating the effectiveness of sustainable urban land use in China from the perspective of sustainable urbanization**. Habitat International, 2017.

MA, Jun; CHENG, Jack C. P.; JIANG, Feifeng; CHEN, Weiwei; ZHANG, Jingcheng. **Analyzing driving factors of land values in urban scale based on big data and non-linear machine learning techniques**. Land Use Policy, 2020.

MACÁRIO, Rosario. **Upgrading quality in urban mobility systems**. Total Quality Management & Business Excellence, v. 11, n. 4-6, 2000.

MACÁRIO, Rosário; CARVALHO, Daniela Salgado; FERMISSION, J. **Achieving Sustainable Transport and Land Use with Integrated Policies**. WIT Transactions on the Built Environment, v. 77, 2005.

MAHMOUDI, Nino; DILLON, Jesse; LUBITOW, Amy; CHRISTENSEN, Mackenzie A. **Reproducing spatial inequality? The sustainability fix and barriers to urban mobility in Portland, Oregon**. Urban Geography, v. 41, 2020.

MAIA, Maria Leonor Alves. **Land use regulations and rights to the city: squatter settlements in Recife, Brazil**. Land Use Policy, v. 12, 1995.

MANGANELLI, Benedetto; PONTRANDOLFI, Piergiuseppe; AZZATO, Antonello; MURGANTE, Beniamino. **Using geographically weighted regression for housing market segmentation**. International Journal of Business Intelligence and Data Mining, 2014.

MANGIALARDO, Alessia; MICELLI, Ezio; SACCANI, Federica. **Does sustainability affect real estate market values? Empirical evidence from the office buildings market in Milan (Italy)**. Sustainability, v. 11, 2018.

MARINOVA, Dora Vasileva; GUO, Xiumei; WEN, Liang; KENWORTHY, Jeffrey R. **Solving Traffic Congestion through Street Renaissance: A Perspective from Dense Asian Cities**. Urban Science, 2019.

MARŠANIĆ, Robert; KRPAŃ, Ljudevit. **Contemporary issues of urban mobility**. Vallis Aurea, v. 1, p. 5, 2015.

- MARSHALL, Stephen. **The Potential Contribution of Land Use Policies Towards Sustainable Mobility through Activation of Travel Reduction Mechanisms.** *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 2000.
- MARTINE, George; MCGRANAHAN, Gordon. **The legacy of inequality and negligence in Brazil's unfinished urban transition: lessons for other developing regions.** *International Journal of Urban Sustainable Development*, v. 5, n. 1, p. 7-24, 2013.
- MARTÍNEZ, L. Miguel; VIEGAS, Jose Manuel. **Effects of transportation accessibility on residential property values: Hedonic Price Model in the Lisbon, Portugal, metropolitan area.** *Transportation Research Record*, v. 2115, 2009.
- MASER, Steven M.; RIKER, William H.; ROSETT, Richard N. **The effects of zoning and externalities on the price of land: An empirical analysis of Monroe County, New York.** *The Journal of Law and Economics*, v. 20, 1977.
- MASSIMO, Domenico Enrico. **Emerging Issues in Real Estate Appraisal: Market Premium for Building Sustainability.** *Aestimum*, 2012.
- MATA, Daniel da; DEICHMANN, Uwe; HENDERSON, J. Vernon; LALL, Somik V.; WANG, Hyoung Gun. **Determinants of city growth in Brazil.** *Journal of Urban Economics*, v. 62, p. 252-272, 2007.
- MCQUEEN, Michael; ABOU-ZEID, Gabriella; MACARTHUR, John; CLIFTON, Kelly J. **Transportation transformation: Is micromobility making a macro impact on sustainability?** *Journal of Planning Literature*, v. 36, 2020.
- MEHARI, Ashenafi; GENOVESE, Paolo Vincenzo. **A Land Use Planning Literature Review: Literature Path, Planning Contexts, Optimization Methods, and Bibliometric Methods.** *Land*, v. 12, n. 11, 2023.
- MENDIOLA, Lorea; GONZALEZ, Pilar; CEBOLLADA, Àngel. **The relationship between urban development and the environmental impact of mobility: A local case study.** *Land Use Policy*, v. 43, p. 119-128, 2015.
- MERCIER, Jean; DUARTE, Fábio; DOMINGUE, Julien; CARRIER, Mario. **Understanding continuity in sustainable transport planning in Curitiba.** *Urban Studies*, v. 52, p. 1454-1470, 2015.
- MESHARAM, D. S. **Interface between city development plans and Master plans.** *Itpi Journal*, v. 3, n. 2, p. 1-9, 2006.
- MIDDLETON, W. D. **Land Use and Transportation Planning, Portland Style.** *Transit Connections*, v. 3, n. 4, 1995.
- MIDGLEY, Peter. **Improving urban mobility.** Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM) National Conference, 2011.

MILAKIS, Dimitrios; GEBHARDT, Laura; EHEBRECHT, Daniel; LENZ, Barbara. **Is micro-mobility sustainable? An overview of implications for accessibility, air pollution, safety, physical activity and subjective wellbeing.** Handbook of Sustainable Transport, p. 180, 2020.

MIRANDA, Hellem de Freitas; SILVA, Antônio Néilson Rodrigues da. **Benchmarking sustainable urban mobility: the case of Curitiba, Brazil.** Transport Policy, v. 21, p. 141-151, 2012.

MIRONIUC, Marilena; IONAȘCU, Elena; HUIAN, Maria Carmen; ȚARAN, Alina. **Reflecting the Sustainability Dimensions on the Residential Real Estate Prices.** Sustainability, v. 13, 2021.

MITTAL, Sumedha; BISWAS, Arindam. **Exploring Transportation Demand Management as a Strategy to Decongest Indian Cities and Improve Mobility.** International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 2019.

MIYAO, Takahiro. **Japan's Urban Economy and Land Policy.** The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 513, 1991.

MOCCA, Elisabetta; FRIESENECKER, Michael; KAZEPOV, Yuri. **Greening Vienna. The Multi-Level Interplay of Urban Environmental Policy–Making.** Sustainability, 2020.

MONTEIRO, Circe Maria Gama; CARVALHO, Luiz Eduardo. **Recife: The Popular Struggle for a Better City.** Architectural Design, v. 86, 2016.

MORAN, Alan. **Land regulations, housing prices, and productivity.** Agenda: a journal of policy analysis and reform, v. 14, 2007.

MORANO, Pierluigi; GUARINI, Maria Rosaria; TAJANI, Francesco; DI LIDDO, Felicia; ANELLI, Debora. **Incidence of Different Types of Urban Green Spaces on Property Prices: A Case Study in the Flaminio District of Rome (Italy).** Communication Systems and Applications, 2019.

MORANO, Pierluigi; TAJANI, Francesco; GUARINI, Maria Rosaria; SICA, Francescopaolo. **A Systematic Review of the Existing Literature for the Evaluation of Sustainable Urban Projects.** Sustainability, v. 13, 2021.

NÆSS, Petter. **Urban Planning and Sustainable Development.** European Planning Studies, vol. 9, no. 4, 2001.

NÆSS, Petter. **Central dimensions in a sustainable urban development.** Sustainable Development, v. 3, 1995.

NÆSS, Petter. **Urban structure matters.** Journal of Environmental Planning and Management, v. 50, 2007.

NÆSS, Petter; ANDRADE, Victor. **Housing, mobility and urban sustainability-examples and best practices from contemporary cities.** NA, v. 22, n. 1/2, 2013.

NÆSS, Petter; NÆSS, Teresa; NICOLAISEN, Morten Skou; CLEMENS, Esben. **The challenge of sustainable mobility in urban planning and development in Copenhagen Metropolitan Area.** Publication Series Department of Development and Planning. Aalborg Universitet, 2009.

NASH, Chris; WHITELEGG, John. **Key research themes on regulation, pricing, and sustainable urban mobility.** International Journal of Sustainable Transportation, v. 10, 2016.

NELSON, Arthur C.; LILLYDAHL, Jane H.; FRANK, James E.; NICHOLAS, James C. **Price Effects of Road and Other Impact Fees on Urban Land.** Transportation Research Record, 1991.

NELSON, Arthur C.; MOORE, Terry. **Assessing urban growth management?: The case of Portland, Oregon, the USA's largest urban growth boundary.** Land Use Policy, v. 10, p. 293-302, 1993.

NELSON, Arthur; PENDALL, R.; DAWKINS, CJ; KNAAP, GJ. **The link between growth management and housing affordability: The academic evidence.** Washington, DC: Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy, 2002.

NIKULINA, Varvara; SIMON, David; NY, Henrik; BAUMANN, Henrikke. **Context-Adapted Urban Planning for Rapid Transitioning of Personal Mobility towards Sustainability: A Systematic Literature Review.** Sustainability. 2019.

NOWAK, Maciej J.; COTELLA, Giancarlo; ŚLESZYŃSKI, Przemysław. **The Legal, Administrative, and Governance Frameworks of Spatial Policy, Planning, and Land Use: Interdependencies, Barriers, and Directions of Change.** Land, 2021.

NUNES, Aliomar Ferreira. **Intervenções normativas localizadas em sistemas urbanos. Estudo de aplicação da "Lei dos Doze Bairros" na cidade do Recife.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2017.

NUNES, Aliomar Ferreira. **O impacto da "Lei dos doze bairros" sobre a construção civil na cidade do Recife.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, 2008.

OGRA, Aurobindo; NDEBELE, Robert. **The Role Of 6DS: Density, diversity, design, destination, distance, and demand management in transit oriented development (TOD).** Neo-International Conference on Habitable Environments, 2014.

OKATA, Junichiro; MURAYAMA, Akito. **Tokyo's urban growth, urban form and sustainability.** Megacities: Urban form, governance, and sustainability, p. 15-41, 2011.

OLIVEIRA, Eduardo; MEYFROIDT, Patrick. **Strategic land-use planning instruments in tropical regions: state of the art and future research.** Journal of Land Use Science, v. 16, p. 479-497, 2021.

OOI, Giok Ling. **Challenges of sustainability for Asian urbanization.** Current Opinion in Environmental Sustainability. 2009.

ORTEGO, Abel; VALERO, Alicia; ABADÍAS, Alejandro. **Environmental Impacts of Promoting New Public Transport Systems in Urban Mobility: A Case Study.** Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, v. 5, 2017.

ORTÚZAR, Juan de Dios. **Sustainable Urban Mobility: What Can Be Done to Achieve It?** Journal of the Indian Institute of Science 99. 2019.

OSTOJIĆ, Irena; GLAŽAR, Tadej. **Criteria for evaluation and guidelines for land use planning in terms of sustainable urban development.** IGRA USTVARJALNOSTI (IU)/CREATIVITY GAME (CG)–Theory and Practice of Spatial Planning, v. 2, 2014.

OWENS, Susan. **Urban transport and land-use policies in East and West: learning from experience?** International Journal of Environment and Pollution, v. 10, 1998.

PACHECO, Rafael Villarreal. **Applications of Geographic Information Systems as an Analytical and Visualization Tool for Mass Real Estate Valuation: A case-study of Fontibón District, Bogotá, Colombia.** Dissertação de mestrado. Centre for Geographical Information Systems. Lund University, 2009.

PAGOURTZI, Elli; ASSIMAKOPOULOS, Vassilis; HATZICHRISTOS, Thomas; FRENCH, Nick. **Real estate appraisal: a review of valuation methods.** Journal of Property Investment & Finance, v. 21, 2003.

PAGOURTZI, Elli; METAXIOTIS, Kostas S.; NIKOLOPOULOS, Konstantinos; GIANNELOS, Konstantinos; ASSIMAKOPOULOS, Vassilis. **Real estate valuation with artificial intelligence approaches.** International Journal of Intelligent Systems, Technologies, and Applications, v. 2, 2007.

PAGOURTZI, Elli; VASSILIS, Assimakopoulus. **Development of real estate evaluation system with the use of GIS technology.** European Real Estate Society (ERES), 2003.

PANDYA, Rajesh J.; KATTI, B. K. **Dynamism of transportation and land use interaction in urban context.** International Journal of Advancements in Research & Technology, v. 1, n. 5, p. 1-5, 2012.

PARSA, Ali; FARSHCHI, Mahtab Akhavan. **Environmental regulations and the real estate industry.** Property Management, v. 14, 1996.

PAÜL, Valerià; TONTS, Matthew. **Containing Urban Sprawl: Trends in Land Use and Spatial Planning in the Metropolitan Region of Barcelona.** Journal of Environmental Planning and Management, v. 48, 2005.

PENDALL, Rolf; PUENTES, Robert. **Land-use regulations as territorial governance in U.S. metropolitan areas.** Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles, 2008.

PENDALL, Rolf; PUENTES, Robert; MARTIN, Jonathan. **From traditional to reformed: A review of the land use regulations in the nation's 50 largest metropolitan areas.** Washington, DC: The Brookings Institution, 2006.

PETTERSSON, Fredrik; STJERNBORG, Vanessa; CURTIS, Carey. **Critical challenges in implementing sustainable transport policy in Stockholm and Gothenburg.** Cities, v. 113, 2021.

PFÄFFENBICHLER, Paul. **The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator): development, testing and application.** Dissertação (Mestrado) - Technische Universität Wien, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, 2003.

POJANI, Dorina; STEAD, Dominic. **Going Dutch? The export of sustainable land-use and transport planning concepts from the Netherlands.** Urban Studies, v. 52, 2015.

POLLARD, W. L.. **Outline of the Law of Zoning in the United States.** The Annals of the American Academy of Political and Social Science. 1931.

PORTUGAL, Licínio da Silva. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano. Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano,** GEN LTC; 1ª ed. 2017.

PROCOPIUCK, Mario; SEGOVIA, Yenifer Ninosca Silva; PROCOPIUCK, Ana Paula Vaz. **Urban cycling mobility: management and urban institutional arrangements to support bicycle tourism activities—case study from Curitiba, Brazil.** Transportation, v. 48, p. 2055-2080, 2020.

QIAN, Zhu. **Master plan, plan adjustment and urban development reality under China's market transition: A case study of Nanjing.** Cities. 2013.

QUIGLEY, John M.; ROSENTHAL, Larry A. **The effects of land use regulation on the price of housing: What do we know? What can we learn?.** Cityscape, p. 69-137, 2005.

RABINOVITCH, Jonas. **Innovative land use and public transport policy: The case of Curitiba, Brazil.** Land Use Policy, v. 13, p. 51-67, 1996.

RABINOVITCH, Jonas; HOEHN, John P. **A Sustainable Urban Transportation System: The "surface Metro" in Curitiba, Brazil.** Environmental and Natural Resources Policy and Training Project, 1995.

RĂDULESCU, C.; DOCIU, M. **Sustainable Urban Development**. Journal of Knowledge Management, Economics, and Information Technology, v. 4, p. 1-2, 2014.

RAHMAN, Md. Habibur; HOONG Chor Chin. Sustainable Urban Transport in Singapore: A Balanced Scorecard. Sustainable Transport eJournal. 2011.

RECIFE, **Lei Municipal n° 865**, de 02 de outubro de 1918. O Concelho Municipal do Recife decreta.

RECIFE. (Lei dos Doze Bairros). **Lei Municipal n° 16.719/2001**. Criação da Área de Reestruturação Urbana – ARU, abrangendo os bairros Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro Tamarineira, e estabelece as condições de uso e ocupação do solo nesta área. Recife (2001). Disponível em: <http://leismunicipa.is/scokg>. Acesso em 10 de março de 2021.

RECIFE. **Decreto Municipal n° 18.397**, de 26 de outubro de 1999. Suspende as apreciações de projetos de edificações com mais de 7 (sete) andares, por 120 (cento e vinte) dias no polígono compreendido entre a linha limite da ZEIS – Poço da Panela – e da linha limite SPA – Poço da Panela– com a ZUP 2, a Avenida Dezesete de Agosto, a Rua Dona Olegarina da Cunha e o Rio Capibaribe, no bairro do Poço da Panela.

RECIFE. **Decreto Municipal n° 18.415**, de 05 de novembro de 1999. Suspende as apreciações de projetos de edificações com mais de sete andares, por 120 dias no polígono inserido na ZUP1, no bairro das Graças, iniciando-se na confluência da Rua das Creoulas com a Rua Joaquim Nabuco, seguindo por esta até a Avenida Beira Rio (projetada) seguindo por esta até a Rua Amélia, defletindo á direita na Avenida Rui Barbosa até encontrar a Rua das Creoulas, seguindo por esta até o ponto inicial.

RECIFE. **Decreto Municipal n° 18.844**, de 11 de junho de 2001. Suspende as análises de projetos iniciais de edificações, consultas de viabilidades e remembramentos de terrenos nos bairros em que menciona e dá outras providências.

RECIFE. **Decreto Municipal n° 18.909**, de 10 de agosto de 2001. Prorroga os efeitos do Decreto N° 18.844, de 12 de junho de 2001.

RECIFE. **Lei Municipal n° 1.051**, de 11 de setembro de 1919. O Concelho Municipal do Recife decreta.

RECIFE. **Lei Municipal n° 14.511** de 17 de janeiro de 1983. Define Diretrizes para o Uso e Ocupação do Solo e dá outras providencias.

RECIFE. **Lei Municipal n° 16.176**, de 09 de abril de 1996. Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife.

RECIFE. **Lei Municipal nº 16.719**, de 30 de novembro de 2001 Cria a Área de Reestruturação Urbana – ARU, composta pelos bairros Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro Tamarineira, estabelece as condições de uso e ocupação do solo nesta área (Lei dos Doze Bairros).

RECIFE. **Lei Municipal nº 7.427**, de 19 de março de 1961. Define Codificação das Normas de Urbanismo e Obras e dá outras providências.

RÉGNIER, Camille; LEGRAS, Sophie. **Urban Structure and Environmental Externalities**. *Environmental and Resource Economics*, v. 70, p. 31-52, 2014.

RENIGIER-BIŁOZOR, Małgorzata; BIŁOZOR, Andrzej; WIŚNIEWSKI, Radosław. **Rating engineering of real estate markets as the condition of urban areas assessment**. *Land Use Policy*, v. 61, p. 511-525, 2017.

REPLOGLE, Michael A. **Sustainable transportation strategies for third-world development**. *Transportation Research Record 1294*, TRB, National Research Council, Washington D. C. 1991.

RESTREPO, Patricia Acosta. **The Bogotá Sabana Region: The political economy behind the struggle to implement a sustainable urban development model**. Universidade del Rosario. 2010.

REYNALDO, Amélia; REYNALDO, María; LACERDA, Norma; MACIEL, Suely. **A reconfiguração espacial da Região Metropolitana do Recife: processo de fragmentação e integração**. V Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Buenos Aires. 2013.

ROSAS-SATIZÁBAL, Daniel; RODRIGUEZ-VALENCIA, Alvaro. **Factors and policies explaining the emergence of the bicycle commuter in Bogotá**. *Case Studies on Transport Policy*, 2019.

ROWE, J.; FUDGE, Colin. **Linking National Sustainable Development Strategy and Local Implementation: A case study in Sweden**. *Local Environment*, v. 8, 2003.

RUBIO, Noelia García; GÁMEZ, Matías; ALFARO CORTÉS, Esteban. **ANN+GIS: An automated system for property valuation**. *Neurocomputing*, v. 71, 2008.

RUNGSKUNROCH, Panrawee; YANG, Yuwen; KAEWUNRUEN, Sakdirat. **Does High-Speed Rail Influence Urban Dynamics and Land Pricing?** *Sustainability*, 2020.

RYDIN, Yvonne. **Land Use Planning and Environmental Capacity: Reassessing the Use of Regulatory Policy Tools to Achieve Sustainable Development**. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 41, 1998.

SÁ, N. L.; GOUVEIA, G. B. **Sustainable mobility—analysis of sustainable mobility measures in cities**. *The Sustainable World*, v. 142, 2011.

- SALSICH, Peter; TRYNIECKI, Timothy. **Land Use Regulation: A Legal Analysis & Practical Application of Land Use Law.** Real Property, Probate and Trust Law, American Bar Association, 1998.
- SALVATI, Luca; ZAMBON, Ilaria. **Does Residential Mobility Anticipate Urban Growth? The Importance of the Local Socioeconomic Context in a European Metropolitan Region.** Population Review, v. 57, 2018.
- SANDRONI, Paulo. **Desenvolvimento Urbano Socialmente Sustentável: O Caso de São Paulo.** Megacidades. Biblioteca para Regeneração Urbana Sustentável, vol. 10. Springer, Tóquio, 2011.
- SANGARADASSE, P.; ESWARI, S. **Importance of Traffic and Transportation Plan in the Context of Land Use Planning for Cities – A Review.** In: International Journal of Applied Engineering Research, V 14, N 9, 2019.
- SANTOS, Milton. **Espaço e Método.** São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- SÄYNÄJOKI, Eeva; HEINONEN, Jukka; JUNNILA, Seppo. **The Power of Urban Planning on Environmental Sustainability: A Focus Group Study in Finland.** Sustainability, v. 6, 2014.
- SCARRETT, Douglas; OSBORN, Sylvia. **Property valuation: The five methods.** Routledge, 2014.
- SCHEURER, Jan. **Residential Areas for Households without Cars: The Scope for Neighbourhood Mobility Management in Scandinavian Cities.** Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University. 2001.
- SCHULZ, Rainer. **Real estate valuation according to standardized methods: An empirical analysis.** SFB 373 Discussion Paper, 2002.
- SCIARA, Gian-Claudia. **Measuring land use performance: policy, plan, and outcome: a white paper from the National Center for Sustainable Transportation.** National Center for Sustainable Transportation, 2015.
- SEOK, Ho-Young. **A Study on the Method of Land Use Regulation.** Korean Public Land Law Association, 2023.
- SHA, Chen. **Interaction of spatial structure evolution and urban transportation. Urban Transport of China.** UTC J, v. 7 2009.
- SHAFIE, Farah Ayuni. **Barcelona towards Sustainability.** Asian Journal of Environment-Behaviour Studies, 2018.
- SHEN, Liyin; SHUAI, Chenyang; JIAO, Liudan; TAN, Yongtao; SONG, Xiangnan. **Dynamic sustainability performance during urbanization process between BRICS countries.** Habitat International, v. 60, p. 19-33, 2017.

SILVA, Cecília. PINHO, Paulo. **A methodology to assess the contribution of the land use and transport systems to sustainable urban mobility**. European Transport Conference 2005 Proceedings: Activity based modeling. 2006.

SILVA, Elisabete A.; ACHEAMPONG, Ransford A. **Developing an Inventory and Typology of Land-Use Planning Systems and Policy Instruments in OECD Countries**. Research Papers in Economics, 2015.

SILVA, Sven; VRIES, Pieter de. The trajectory of the right to the city in Recife, Brazil: From belonging towards inclusion. *Planning Theory*, v. 21, 2022.

SIRIPANICH, Amarin; RASHIDI, Taha Hossein; MOYLAN, Emily. Interaction of public transport accessibility and residential property values using smart card data. *Sustainability*, v. 11, n. 9, p. 2709, 2019.

SMALL, Garrick; VAIL, Michael; AKBAR, Delwar. **Property values and regional economic vitality: Valuation methods as an indicator of property market behavior**. *The Australasian Journal of Regional Studies*, v. 22, 2016.

SMITH, Harry; RAEMAEEKERS, Jeremy J. **Land use pattern and transport in Curitiba**. *Land Use Policy*, v. 15, p. 233-251, 1998.

SOHN, Dong Wook; MOUDON, Anne Vernez; LEE, Jea-Kyu. **The economic value of walkable neighborhoods**. *Urban Design International*, vol. 17, 2012.

SOLTANI, Ali; PETTIT, Christopher James; HEYDARI, Mohammad; AGHAEI, Fatemeh. **Housing Price Variations Using Spatio-temporal Data Mining Techniques**. *Journal of Housing and the Built Environment*, 2021.

SOTTO, Debora; PHILIPPI, Arlindo; YIGITCANLAR, Tan; KAMRUZZAMAN, Mohammed. **Aligning Urban Policy with Climate Action in the Global South: Are Brazilian Cities Considering Climate Emergency in Local Planning Practice?** *Energies*, 2019.

SOUTHWORTH, F. **A technical review of urban land use - transportation models as tools for evaluating vehicle travel reduction strategies**. ORNL-6881. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory. 1995.

STEHLIN, John G. **Street Fights in Copenhagen: Bicycle and Car Politics in a Green Mobility City**. *The AAG Review of Books*, v. 8, 2020.

STEINER, Frederick R. et al. **Planning and urban design standards**. John Wiley & Sons, 2012.

STOKENBERGA, Aiga. **Does bus rapid transit influence urban land development and property values: A review of the literature**. *Transport reviews*, v. 34, n. 3, p. 276-296, 2014.

STORCH, Andréa Melo Lins. **Ponte a Ponte: investigando os significados das apropriações sócio-espaciais das margens do Rio Capibaribe nos bairros da madalena e das Graças**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano. Universidade federal de Pernambuco (UFPE). 2000.

SULTAN, Zahid; TINI, Nuhu H.; MOEINADDINI, Mehdi. **Exploring the implementation and success of green urban mobility in Asian cities**. Planning Malaysia. 2016.

SUN, S. W.; XI, D. F. **Thinking on the land use right and urban planning development**. City Plan. Rev, v. 9, 2003.

TANG, Kathy; WATERS, Nigel M. **The internet, GIS and public participation in transportation planning**. Progress in Planning, v. 64, 2005.

TELLER, Jacques. **Regulating urban densification: what factors should be used?** Buildings & Cities, v. 2, n. 1, 2021.

TIBONI, Michela; ROSSETTI, Silvia; VETTURI, David; TORRISI, Vincenza; BOTTICINI, Francesco; SCHAEFER, Marco Domenico. **Urban Policies and Planning Approaches for a Safer and Climate Friendlier Mobility in Cities: Strategies, Initiatives and Some Analysis**. Sustainability, 2021.

TOBLER, W. R. **A computer movie simulating urban growth in the Detroit region**. Economic Geography, v. 46, p. 234-240, 1970.

TOMIĆ, Hrvoje; ROIĆ, Miodrag; MASTELIĆ IVIĆ, Siniša. **Use of 3D cadastral data for real estate mass valuation in urban areas**. 3rd International FIG Workshop on 3D Cadastres. Technische Universiteit Delft, 2012.

TORRE, André; PHAM, Vu Hai; SIMON, Arnaud. **The Ex-ante Impact of Conflict over Infrastructure Settings on Residential Property Values: The Case of Paris's Suburban Zones**. Urban Studies, v. 52, 2015.

TORRISI, Vincenza; GARAU, Chiara; IGNACCOLO, Matteo; INTURRI, Giuseppe. **Sustainable Urban Mobility Plans: Key Concepts and a Critical Revision on SUMP Guidelines**. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020, 2020.

VACCARO, Valentina. **The urban and environmental building code as implementation tool**. Smart Rules for Smart Cities: Managing Efficient Cities in Euro-Mediterranean Countries. Cham: Springer International Publishing, 2014.

VALVERDE, Mariana. **Taking land use seriously: Toward an ontology of municipal law**. Law Text Culture, v. 9, p. 34, 2005.

VAN AUDENHOVE, François-Joseph; DAUBY, L.; KORNIICHUK, O.; POURBAIX, J. **The future of urban mobility 2.0: imperatives to shape extended mobility ecosystems of tomorrow**. Arthur D. Little—Global Management Consultancy 2014.

- VAN DER HOEK, Jan Peter; STRUKER, A.; DE DANSCHUTTER, J.E.M. **Amsterdam as a sustainable European metropolis: integration of water, energy and material flows.** *Urban Water Journal*, v. 14, 2013.
- VAN WEE, Bert. **Urban transport and sustainability.** *Sustainable Urban Environments: An Ecosystem Approach.* Dordrecht: Springer Netherlands, 2012.
- VAN WEE, Bert; HANDY, Susan L. **Key research themes on urban space, scale, and sustainable urban mobility.** *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 10, 2016.
- VAZQUEZ, Omar. **Instrumental Variable Methods in Real Estate Data Analysis.** Tese de Doutorado. Department of Mathematics, University of California San Diego. 2020.
- VECCHIO, Giovanni Maria. **Democracy on the move? Bogotá's urban transport strategies and the access to the city.** *City, Territory and Architecture*, v. 4, 2017.
- VIALLO, François-Xavier; BOMBENGER, Pierre-Henri; LEROY, Denis; NAHRATH, Stéphane. **Transferring Development Rights: Lessons and Suggestions from Switzerland.** *disP - The Planning Review*, v. 57, 2021.
- VICKERMAN, Roger. **Urban and Regional Change, Migration and Commuting — The Dynamics of Workplace, Residence and Transport Choice.** *Urban Studies*, v. 21, p. 15-29, 1984.
- VOITH, Richard. **Transportation, sorting and house values.** *Real Estate Economics*, v. 19, 1991.
- VUCHIC, Vukan R. **Transport systems and policies for sustainable cities.** *Thermal Science*, v. 12, n. 4, p. 7, 2008.
- WANG, Daikun; LI, Victor Jing; YU, Huayi. **Mass Appraisal Modeling of Real Estate in Urban Centers by Geographically and Temporally Weighted Regression: A Case Study of Beijing's Core Area.** *Land*, 2020.
- WEGENER, Michael. **The Future of Mobility in Cities: Challenges for Urban Modelling.** *Transport Policy* 29. 2013.
- WEGENER, Michael. **From macro to micro—how much micro is too much?** *Transport Reviews*, v. 31, 2011
- WEGENER, Michael. **Possible Future Transport and Land Use Strategies for Sustainable Urban Development in European Cities.** *Proceedings of the IB-W*, v. 101, 2009.
- WEGENER, Michael; FÜRST, Franz. **Land-use transport interaction: State of the art.** Available at SSRN 1434678, 2004.

WEI, Nie. **A study on mechanism of interactions between urban transportation and land-use.** Urban Transport of China, 2006.

WEN, Liang; KENWORTHY, Jeffrey R.; GUO, Xiumei; MARINOVA, Dora Vasileva. **Solving Traffic Congestion through Street Renaissance: A Perspective from Dense Asian Cities.** Urban Science, 2019.

WEYMOUTH, R.; HARTZ-KARP, J. **Principles for Integrating the Implementation of the Sustainable Development Goals in Cities.** Urban Science, 2018.

WHEELER, Stephen. **Sustainable urban development: A literature review and analysis.** University of California at Berkeley, Institute of Urban and Regional Development. 1996.

WILLIAMS, Katie. **Sustainable cities: research and practice challenges.** International Journal of Urban Sustainable Development. 2009.

WILLOUGHBY, Christopher. **Singapore's experience in managing motorization and its relevance to other countries.** Transportation Research Information Services (TRIS). 2000.

WOLCH, Jennifer R.; GABRIEL, Stuart A. **Local land-development policies and urban housing values.** Environment and Planning A, v. 13, n. 10, p. 1253-1276, 1981.

WOODBURY, Steven R.. **Transfer of Development Rights: A New Tool for Planners.** Journal of The American Planning Association. 1975.

WRIGHT, Lloyd; MONTEZUMA, Ricardo. **Reclaiming public space: the economic, environmental, and social impacts of Bogota's transformation.** Cities for People Conference, Walk21, Copenhagen, Dinamarca, 2004.

WRIGLEY, Mike; WYATT, Peter; LANE, Coldharbour. **Transport policy and property values.** RICS Cutting Edge Conference. 2001.

XUE, Jin; NÆSS, Petter; YAO, Yinmei; LI, Fen. **The challenge of sustainable mobility in urban planning and development: a comparative study of the Copenhagen and Hangzhou metropolitan areas.** International Journal of Urban Sustainable Development, v. 3, 2011

YANG, Jiawen; GAKENHEIMER, Ralph A. **Assessing the transportation consequences of land use transformation in urban China.** Habitat International, v. 31, 2007

YU, Haicong; LIU, Ying. **Integrating geographic information system and building information model for real estate valuation.** Proceedings of the FIG working week. 2016.

YU, Haicong; LIU, Ying; ZHANG, C. **Using 3D geographic information system to improve sales comparison approach for real estate valuation.** XXV FIG Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. 2014.

YUNNAN, Hong. **Effects of urban land supply policy on real estate in China: An econometric analysis.** Journal of Real Estate Literature, 2009.

ZAKAYO, Edmund, MHACHE, Emmanuel Patroba, WAKURU, Magigi. **Land Regularization and Community Development Nexus in Cities of Sub Saharan Africa: A Critical Review with Urban Growth and Development Perspectives.** International Journal of Scientific Research and Management. 2018.

ZHANG, Dongfang; JIAO, Jingjuan. **How Does Urban Rail Transit Influence Residential Property Values? Evidence from An Emerging Chinese Megacity.** Sustainability, 2019.

ZHANG, Xu; LIU, Xiaoxing; HANG, Jianqin; YAO, Dengbao; SHI, Guangping. **Do Urban Rail Transit Facilities Affect Housing Prices? Evidence from China.** Sustainability, v. 8, 2016.

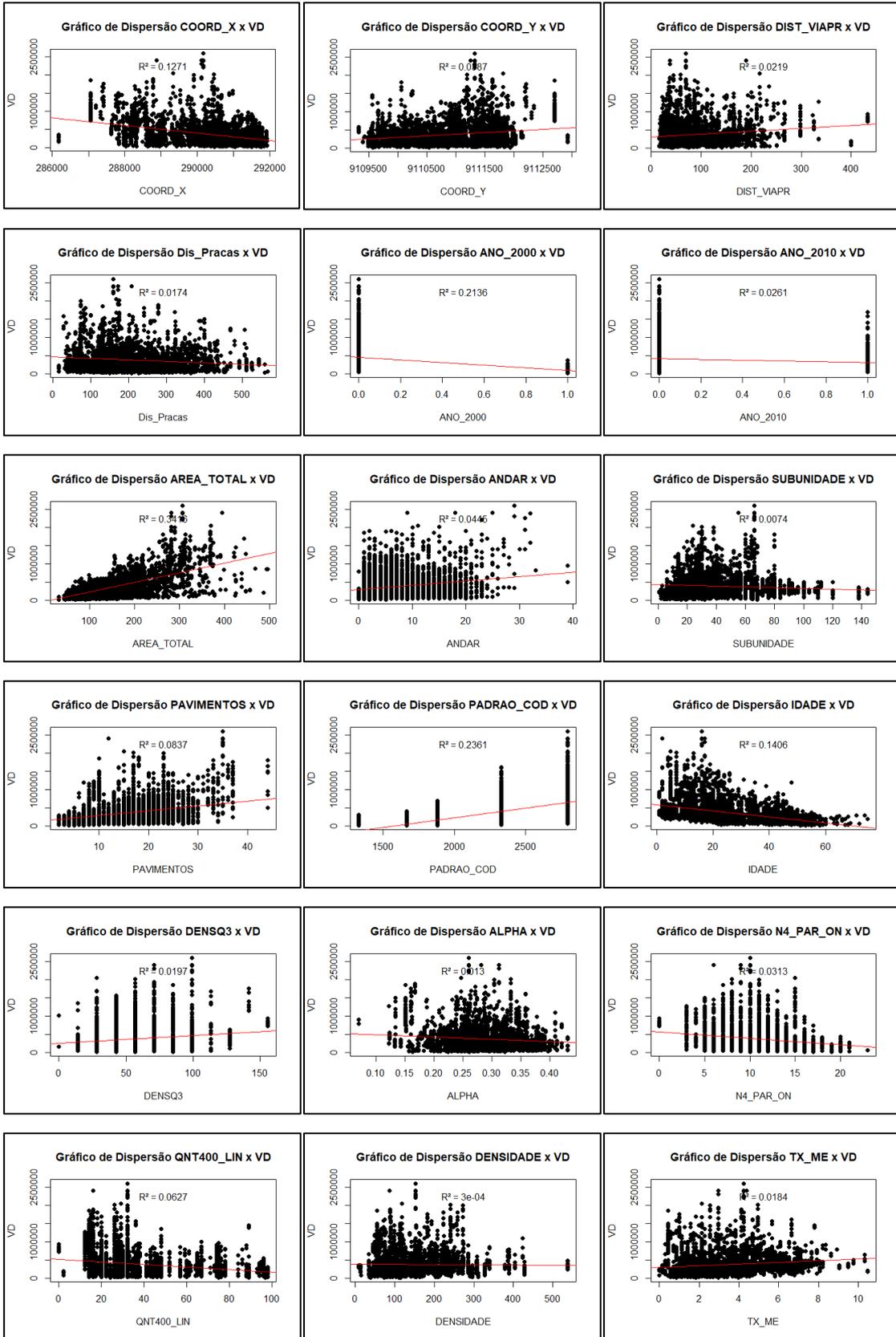
ZHAO, Pengjun. **Managing urban growth in a transforming China: Evidence from Beijing.** Land Use Policy, vol. 28, 2011.

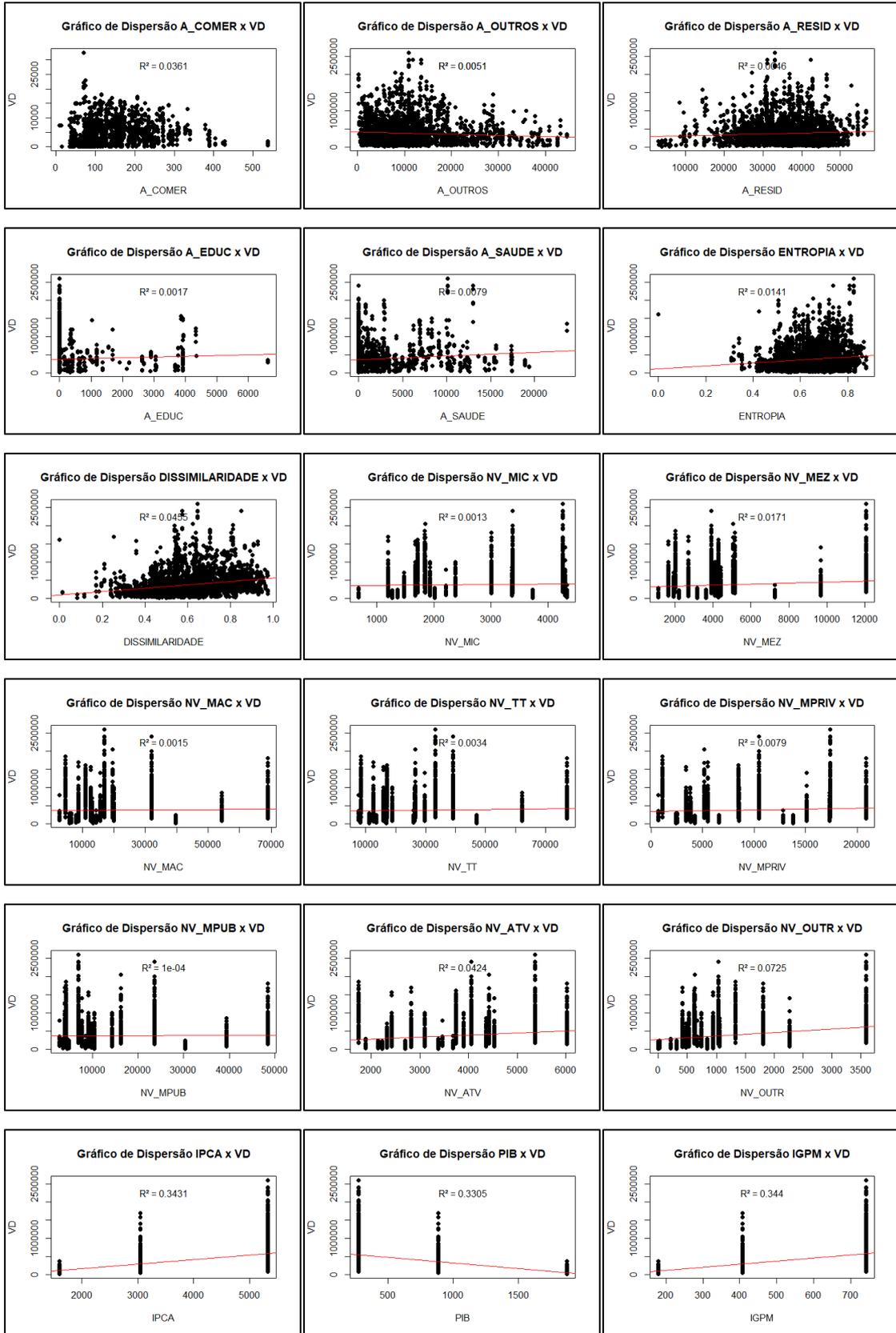
ZHAO, Pengjun; LU, Bin; WOLTJER, Johan. **Conflicts in urban fringe in the transformation era: An examination of performance of the metropolitan growth management in Beijing.** Habitat International, vol. 33, 2009

ZHOU, Guolei. **Negative Effects of Shrinking Cities and the Dilemma of Their Sustainable Development.** EGU General Assembly Conference Abstracts. 2020.

ZRÓBEK, Sabina; KUCHARSKA-STASIAK, Ewa; RENIGIER-BIŁOZOR, Małgorzata. **Today's Market Needs Modernized Property Appraisers.** Real Estate Management and Valuation, v. 28, 2020.

APÊNDICE A – GRÁFICOS DE DISPERSÃO DAS VARIÁVEIS





Fonte: O Autor (2024).