



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

CAMILA DA SILVA

PROPOSTA DE MODELAGEM PARA AS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO
EMPREGADAS NA AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS

Florianópolis - SC

2026

CAMILA DA SILVA

**PROPOSTA DE MODELAGEM PARA AS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO
EMPREGADAS NA AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

Orientador: Prof. O Dr. Everton da Silva

Florianópolis - SC

2026

Silva, Camila da

Proposta de modelagem para as variáveis de localização empregadas na avaliação em massa de imóveis / Camila da Silva ; orientador, Everton da Silva, 2026.

158 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Avaliação em massa. 3. Variáveis de localização. 4. Tributação Imobiliária. 5. Modelagem conceitual. I. Silva, Everton da . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

CAMILA DA SILVA

**PROPOSTA DE MODELAGEM PARA AS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO
EMPREGADAS NA AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 24 de novembro de 2025 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Carlos Vieira, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

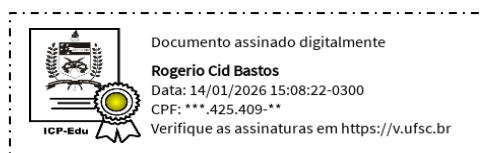
Prof. Karol Diego Carminatti Baumgärtner, Dr.

Centro Universitário de Brusque - UNIFEBS

Prof.(a) Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges, Dra.

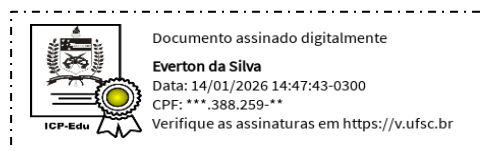
Instituição Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de qualificação que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial



Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof. Everton da Silva, Dr.

Orientador

Florianópolis - SC

2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu companheiro de vida, Elias. Seu suporte incondicional, parceria diária, paciência e incentivo constante foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar a esta etapa com coragem, certeza e entrega. Obrigada por caminhar ao meu lado, inclusive quando o caminho era íngreme.

Aos meus pais, meu reconhecimento mais profundo. Ao meu pai, que mesmo em sua simplicidade se enche de cuidado e orgulho. E à minha mãe, que é, desde sempre, exemplo de luta, inteligência e integridade. Foi com vocês que aprendi a ser raiz e voo ao mesmo tempo.

À minha família, pelo apoio, compreensão e motivação constantes. Vocês também são parte disto.

À Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial da UFSC, pela oportunidade valiosa de expandir conhecimentos que dialogam com a prática da gestão pública, fortalecendo minha atuação profissional e o compromisso com a cidade que sirvo.

Ao professor Everton da Silva, meu sincero agradecimento. Sua confiança no meu potencial antecedeu meu ingresso no programa, e sua orientação atenciosa e generosa acompanhou cada etapa deste percurso. Suas contribuições foram farol em momentos decisivos.

Aos amigos de caminhada acadêmica, André, por seu incentivo e parceria de produções acadêmicas e modelagens. Anderson, Guilherme e Rodrigo por estenderem as aulas em conversas animadas, reflexivas (e às vezes cômicas) durante os trajetos até aqui. Tornaram as viagens mais leves e os aprendizados, mais profundos.

Aos amigos e amigas que compreenderam minha ausência, valorizaram minha presença e, sobretudo, vibraram com cada conquista, obrigada. Levo vocês em cada página escrita, em cada meta alcançada.

E, por fim, à Prefeitura de Brusque, pela confiança e apoio institucional que permitiram minha participação neste programa e a aplicação prática de tudo que aqui foi construído em prol da gestão pública municipal.

PRÓLOGO

Aos 9 anos, escrevi um poema, que era mais ou menos assim:

Lembro-me que sempre fui feliz. Desde que nasci, sempre tive forças para lutar e, no final, poder sorrir. Muitas vezes caí, mas sempre dava um jeito de seguir.

No princípio de tudo, eu não acreditava em nada, pois só ouvia as batidas do meu coração. Por esse motivo, sei que ainda existo.

Muitas vezes, pessoas me desprezaram por não saberem quem sou. Para elas, eu não sou nada.

Mas sou sim: sou uma criança que irá crescer, me tornar um adulto que tem muito a ensinar, aprender, amar e viver.

Mal sabia aquela Camilinha que ainda enfrentaria muitas outras lutas e que seria ela a dar força para a Camila adulta, que também conseguiu se expressar assim:

Trago no corpo linhas da vida,
marcas impressas na pele das batalhas que venci.

Escrita por vezes com lágrimas,
mas eternizadas com alegria.

Somente quem merece ler e apreciar esta história escrita por cicatrizes
entenderá a beleza da vitória em cada traço.

Hoje, neste momento especial da minha vida, agradeço a todas elas que não desistiram.

Agradeço por não deixarem de existir em mim.

Já são muitas outras vitórias. Já sou muito amada pelos meus.

Já entendi que sou movida e alimentada pelo aprender.

Já compreendi que ensinamos constantemente.

E, principalmente, já deixei de querer ser aceita.

Esta caminhada no mestrado foi longa.

Mas aprendi a apreciar cada desvio, cada parada, cada obstáculo e cada bela vista.

Pois, para mim, a chegada era certa.

RESUMO

A avaliação em massa de imóveis constitui um instrumento estratégico para a justiça fiscal, bem fundamentada, permite apurar o valor de mercado local essencial para equidade tributária. Porém há ausência de procedimentos sistemáticos para identificação, organização e incorporação das variáveis de localização, que explicam o comportamento do mercado nas bases cadastrais municipais. Lacuna identificada, necessária para produzir modelos avaliativos mais aderentes à realidade local, que ainda são fragilidades presentes. Como lacuna desta pesquisa, a ausência de referenciais conceituais que operam de forma replicável e tecnicamente fundamentada para as bases cadastrais, para identificação das variáveis relevantes à explicação do mercado. Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo geral identificar, sistematizar e descrever variáveis de localização e modelar seus processos de obtenção, de forma a subsidiar a avaliação em massa de imóveis urbanos e contribuir para o aprimoramento das bases cadastrais municipais. Especificamente os objetivos são apresentar um quadro das variáveis de localização consideradas recorrentes na literatura especializada, propor métodos de automatização e modelagem conceitual de processos para obtenção dessas variáveis em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e desenvolver mecanismos de incorporação das variáveis relevantes aos procedimentos de avaliação em massa, na base cadastral municipal. A pesquisa foi conduzida a partir de uma revisão sistemática de literatura, seguindo o protocolo PRISMA 2020, determinando o recorte observacional de 55 textos integrais, que passaram por análise semântica utilizando técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PNL) para extração, normalização e categorização das variáveis, com análise manual complementar. As principais contribuições entregues são um referencial conceitual de variáveis de localização extraídas da literatura selecionada, organizados em quadro analítico, em sete categorias temáticas: acessibilidade e mobilidade, características ambientais, contexto socioeconômico, divisão territorial, infraestrutura física regional, serviços e amenidades urbanas, e zoneamento e uso do solo, representando diferentes externalidades que influenciam o valor imóveis. Contribuindo para compreensão que o valor imobiliário é resultante de múltiplos fatores interdependentes e deve ser respeitado a realidade local, complementarmente foram realizados levantamentos de concorrência entre categorias e países, que possibilitaram identificar padrões analíticos e lacunas de pesquisas futuras. A modelagem conceitual OMT-G para automação de obtenção de exemplos de variáveis de localização em ambiente SIG, com apresentação de diagramas de classes e de transformação, dicionários de dados e domínios, e quadros de bases de informação, adaptável às realidades institucionais. Também entregues, proposições de mecanismos para qualificar as bases de cálculo e cadastros municipais visando incorporar os achados aqui listados como diretrizes para que se possa integrar diferentes dimensões do território aos processos de avaliação em massa. As bases conceituais desenvolvidas oferecem subsídios para que as prefeituras possam estruturar seus bancos de dados geoespaciais, qualificar a base de cálculo do IPTU e promover maior justiça fiscal, alinhadas à institucionalização do CTM e do OMI. A pesquisa conclui que conhecer a relação entre o território e o valor dos imóveis é condição essencial para o fortalecimento da gestão pública e para a construção de instrumentos urbanos e tributários mais justos, transparentes e tecnicamente consistentes.

Palavras-chave: Avaliação em massa; Variáveis de localização; Cadastro Territorial Multifinalitário; Tributação Imobiliária; Modelagem conceitual.

ABSTRACT

Mass appraisal of real estate is a strategic instrument for fiscal equity and for improving the municipal tax base. When well founded, it enables the determination of local market values that are essential to ensuring fair taxation. However, the lack of systematic procedures for identifying, organizing, and incorporating location variables that explain market behavior remains a weakness in municipal cadastral databases, which are necessary for producing valuation models that better reflect local realities. The research gap identified in this study lies in the absence of conceptual frameworks that can be operationalized in a replicable and technically grounded manner within cadastral databases, supporting the identification of relevant variables for explaining market dynamics. In this context, the main objective of this research is to identify, systematize and describe location variables and to model their acquisition processes to support the mass appraisal of urban properties and contribute to the improvement of municipal cadastral databases. Specifically, the study aims to present a framework of location variables recurrently discussed in specialized literature, propose methods for automation and conceptual process modeling to obtain these variables in a Geographic Information System environment, and develop mechanisms to incorporate relevant variables into mass appraisal procedures within the municipal cadastral base. The research was conducted through a systematic literature review following the PRISMA 2020 protocol. A total of 55 full-text studies were analyzed using Natural Language Processing techniques for semantic extraction, normalization, and categorization of variables, complemented by manual analysis. The main contributions of this study include a conceptual framework of location variables extracted from the selected literature, organized into seven thematic categories: accessibility and mobility, environmental characteristics, socioeconomic context, territorial division, regional physical infrastructure, urban services and amenities, and zoning and land use. These categories represent the multidimensional nature of real estate value formation, showing that property value results from multiple interdependent factors that must be interpreted within the local context. Additional co-occurrence analyses between categories and countries identified analytical patterns and research gaps. Conceptual modeling in OMT-G was developed to automate the extraction of two examples of location variables in a GIS environment, including class and transformation diagrams, data and domain dictionaries, and information-base tables adaptable to institutional realities. Finally, mechanisms were proposed to enhance cadastral and tax databases by incorporating the findings presented here as guidelines for integrating different territorial dimensions into mass appraisal processes. The conceptual foundations developed provide municipalities with tools to structure their geospatial databases, improve the property tax base, and promote greater fiscal equity, aligned with the institutionalization of the Multipurpose Cadastre and the Real Estate Market Observatory. The study concludes that understanding the relationship between territory and property value is essential to strengthening public management and to building urban and fiscal instruments that are fair, transparent, and technically consistent.

Keywords: Mass Appraisal, Location Variables, Multipurpose Cadastre, Property Taxation, Conceptual Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas de um projeto de Banco de Dados Geográfico	44
Figura 2	Processo de modelagem conceitual de banco de dados	48
Figura 3	Requisitos da modelagem conceitual para um SIG	49
Figura 4	Evolução histórica dos modelos conceituais geográficos	49
Figura 5	Modelos conceituais de banco de dados geográficos, seus autores e formalismos.	51
Figura 6	Categorização de classes	56
Figura 7	Notação gráfica para as classes do modelo OMT-G	57
Figura 8	Notação gráfica associação simples	60
Figura 9	Notação gráfica relacionamento espacial	61
Figura 10	Notação gráfica relacionamento de rede arco-nó e arco-arco	62
Figura 11	Notação gráfica de cardinalidade	62
Figura 12	Processo de construção pesquisa	64
Figura 13	Fluxograma PRISMA 2020	67
Figura 14	Script Python parcial Revisão Sistemática	71
Figura 15	Distribuição de estudos por país	76
Figura 16	Técnicas de avaliação em massa identificadas na revisão	78
Figura 17	Categorias variáveis de localização	89
Figura 18	Heatmap de coocorrência entre categorias	98
Figura 19	Distribuição das categorias de variáveis de localização por país	100
Figura 20	Diagrama de classes e transformação categoria Acessibilidade e Mobilidade	113
Figura 21	Diagrama de classes e transformação categoria Características Ambientais	113
Figura 22	Diagrama de classes e transformação categoria Contexto Socioeconômico	114
Figura 23	Diagrama de classes categoria Divisão Territorial	114
Figura 24	Diagrama de classes e transformação categoria Infraestrutura Física Regional	115

Figura 25	Diagrama de classes e transformação categoria Serviços e Amenidades Urbanas	115
Figura 26	Diagrama de classes categoria Zoneamento e Uso do Solo	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Modelos Baseados em Inteligência Artificial (AI-Based)	36
Quadro 2	Modelos Baseados em Sistemas de Informação Geográfica (GIS-Based)	37
Quadro 3	Modelos Mistos (MIX-Based)	38
Quadro 4	Síntese da Segmentação do Mercado Imobiliário	41
Quadro 5	Notação gráfica e características de cada subclasse dos geo-objetos	57
Quadro 6	Notação gráfica e características de cada subclasse geo-campos	59
Quadro 7	Critérios seleção de corpus	68
Quadro 8	Síntese de Trabalhos Definidos no Recorte Observacional	72
Quadro 9	Objetivos dos estudos segundo os macrogrupos temáticos	79
Quadro 10	Categorias e Variáveis de Localização Mais Frequentes	90
Quadro 11	Dicionário de Dados da Classe AMOSTRA_LOTE	104
Quadro 12	Dicionário de Dados da Classe PARADA_ONIBUS	106
Quadro 13	Dicionário de Dados da Classe AREA_VERDE	107
Quadro 14	Dicionário de Dados da Classe SETOR_CENSITARIO	107
Quadro 15	Dicionário de Dados da Classe BAIRRO	108
Quadro 16	Dicionário de Dados da Classe REDE_AGUA	108
Quadro 17	Dicionário de Dados da Classe HOSPITAL	109
Quadro 18	Dicionário de Dados da Classe ZONEAMENTO	109
Quadro 19	Métodos e Fontes para Aquisição de Variáveis de Localização	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dissertações aderentes PPGTG	15
Tabela 2	Estatísticas do Processo Semântico	95
Tabela 3	Ranking das coocorrências	97

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1 Confiança Semântica

96

LISTA DE SIGLAS

AI-Based	Baseados em Inteligência Artificial
BDG	Banco de Dados Geográficos
CBD	Central Business District
CGF	Coordenadoria-Geral de Fiscalização
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
CTN	Código Tributário Nacional
ER	Entidade-Relacionamento
GIS	Geographic Information System
GIS-Based	Baseados em Sistemas de Informação Geográfica
GWPCA	Geographically Weighted Principal Component Analysis
GWR	Regressão Geograficamente Ponderada
IA	Inteligência Artificial
IAAO	International Association of Assessing Officers
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ITBI	Imposto de Transmissão de Bens Imóveis Intervivos
LVRs	Location Value Response Surface
MIX-Based	Modelos Mistos
MQ2E	Mínimos Quadrados em Dois Estágios
NBR	Norma Brasileira
OMI	Observatório do Mercado Imobiliário
OMT	Object Modeling Technique
OMT-G	Object Modeling Technique for Geographic Applications
OO	Orientado a Objetos
OSM	OpenStreetMap
PCA	Principal Component Analysis
PGV	Planta Genérica de Valores
PNL	Processamento de Linguagem Natural

PPGTG	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
SEM	Spatial Error Model
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SLM	Spatial Lag Model
SVM	Support Vector Machine
TCE-PR	Tribunal de Contas do Estado do Paraná
TCU	Tribunal de Contas da União
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UML	Unified Modeling Language
UTM	Universal Transversa de Mercator
VVI	Valor Venal do Imóvel

SUMÁRIO

ADERÊNCIA AO PROGRAMA	15
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	22
1.2 OBJETIVOS	23
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1 AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS	25
2.1.1 <i>O papel da Avaliação em Massa na Gestão Tributária Municipal</i>	25
2.1.2 <i>Experiências dos municípios brasileiros</i>	28
2.1.3 <i>Variáveis de localização</i>	31
2.1.4 <i>Conceitos de Avaliação de Imóveis</i>	34
2.1.5 <i>Técnicas de avaliação em massa de imóveis</i>	35
2.1.5.1 Modelos Baseados em Inteligência Artificial (AI-Based)	35
2.1.5.2 Modelos Baseados em Sistemas de Informação Geográfica (GIS-Based)...	37
2.1.5.3 Modelos Mistos (MIX-Based)	37
2.1.6 <i>Mercado imobiliário</i>	38
2.1.6.1 Segmentação do mercado	40
2.2 MODELAGEM CONCEITUAL E ESTRUTURA DOS DADOS GEOGRÁFICOS ..	44
2.2.1 <i>Modelagem Conceitual de dados geográficos para SIG</i>	46
2.2.2 <i>Abordagens metodológicas em Modelagem de Dados Espaciais</i>	50
2.2.2.1 UML como Linguagem de Modelagem para Dados Geográficos	52
2.2.2.2 Modelo OMT-G: Aplicação Orientada a Objetos para SIG	54
2.2.2.3 Estrutura e Elementos do Modelo OMT-G	55
3 MATERIAIS E MÉTODO.....	64
3.1 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	64
3.1.1 <i>Fluxo geral da Pesquisa</i>	64
3.1.2 <i>Revisão Sistemática de Literatura</i>	65
3.1.2.1 Protocolo de Pesquisa e Registro	65
3.1.2.2 Estratégia de busca e Seleção dos estudos.....	66
3.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO	68
3.2.1 <i>Técnicas e Ferramentas de Análises de Dados</i>	68
3.2.1.1 Arquivos de entrada	69

3.2.1.2 Configuração do ambiente de análise	70
3.2.2 <i>Justificativa para a Estruturação das Categorias</i>	71
3.2.3 <i>Recorte observacional e caracterização metodológica do corpus selecionado</i>	72
3.2.4 <i>Modelagem conceitual das categorias de variáveis de localização</i>	81
3.2.5 <i>Metodologia para elaboração das proposições aplicadas à gestão municipal</i>	83
4 RESULTADOS E ANÁLISES	88
4.1 SISTEMATIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTRUÇÃO DO QUADRO ANALÍTICO	88
4.1.1 <i>Estatísticas Descritivas do Processamento Semântico</i>	94
4.1.2 <i>Coocorrência entre Categorias de Variáveis de Localização</i>	96
4.2 MODELAGEM CONCEITUAL E AUTOMAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO	101
4.2.1 <i>Dicionário de dados atributos</i>	110
4.2.2 <i>Diagramas de transformação para automação</i>	112
4.2.3 <i>Fontes e Métodos de Aquisição de Variáveis de Localização</i>	117
4.3 PROPOSIÇÕES PARA INCORPORAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO NAS BASES CADASTRAIS MUNICIPAIS	122
5 CONCLUSÃO	124
5.1 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS	127
5.2 CONTRIBUIÇÕES GERENCIAIS	128
5.3 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISA FUTURAS	130
APÊNDICE A – DICIONÁRIO DE VARIÁVEIS	146

ADERÊNCIA AO PROGRAMA

Esta dissertação trata do desenvolvimento de um modelo conceitual para integrar variáveis de localização na avaliação em massa de imóveis urbanos, visando aprimorar os cadastros imobiliários municipais. Como tal, o trabalho está inserido na área de concentração Gestão Territorial e na linha de pesquisa Cadastro Territorial Multifinalitário. No âmbito do PPGTG, esta linha trata do desenvolvimento de pesquisas para modernização dos sistemas cadastrais, consolidando o modelo tradicional (econômico, físico, jurídico) e projetando um modelo multifinalitário com cadastros temáticos (ambiental, social, infraestrutura, moradia etc.), de modo a apoiar avanços na legislação cadastral e na capacitação em gestão municipal. Neste trabalho, realizado no contexto do Grupo de Observação e Transformação do Território (GOTT/UFSC), focou-se no detalhamento dos requisitos conceituais e metodológicos para incorporar variáveis de localização aos cadastros urbanos, em conformidade com as diretrizes de modelagem de dados geográficos, contribuindo para os objetivos de modernização propostos por essa linha de pesquisa.

No histórico do PPGTG, foram encontradas três dissertações que guardam afinidade com o tema deste trabalho. Na Tabela 1, a seguir, estão destacados os trabalhos considerados de contexto mais próximo ao desta dissertação, com suas referências e principais enfoques.

Tabela 1 – Dissertações aderentes PPGTG.

Ano	Autor	Referência (ABNT, com orientador)	Observação
2019	Pazolini, Tiago U.	Dissertação (Mestrado em Eng. Transportes e Gestão Territorial – UFSC, 2019. Orient. Everton da Silva .	Desenvolveu um modelo conceitual (OMT-G) para observatório do mercado imobiliário, integrando dados de mercado ao cadastro municipal.
2022	Machado, Renata B. G.	<i>Análise territorial com base no mercado imobiliário e na sintaxe espacial no distrito Campeche (Florianópolis/SC)</i> . Dissertação (Mestrado em Eng. Transportes e Gestão Territorial) – UFSC, 2022. Orient. Norberto Hochheim .	Analizou a configuração viária e a distribuição de preços imobiliários (Sintaxe Espacial), relacionando acessibilidade viária com valores de imóveis.
2024	Franceschi, Raquel M.	<i>Análise da eficiência de modelos gerados pelo método MQ2E para elaboração de planta de valores</i>	Avaliou o método econométrico de Mínimos Quadrados em Dois Estágios

Ano	Autor	Referência (ABNT, com orientador)	Observação
		<i>genéricos</i> . Dissertação (Mestrado em Eng. Transportes e Gestão Territorial) – UFSC, 2024. Orient. Norberto Hochheim .	(MQ2E) para melhorar a precisão da avaliação em massa (Planta de Valores), comparando com métodos tradicionais.

Fonte: Biblioteca Universitária UFSC.

Observa-se que algumas dessas pesquisas apresentam contexto de aplicação no mesmo setor desta dissertação; outras foram estruturadas com objetivos semelhantes; e algumas empregaram instrumentos metodológicos análogos aos utilizados neste trabalho. No primeiro caso, destaca-se o trabalho Machado, (2022) que investiga o comportamento do mercado imobiliário urbano, analisando como fatores de localização, características de entorno ou configuração viária, influenciam os valores dos imóveis, contexto diretamente relacionado ao setor público municipal, tal como o desta dissertação. Já nos trabalhos de Pazolini (2019) e Franceschi, (2024), o tema avaliação em massa de imóveis foi abordado com focos metodológicos específicos: o primeiro propôs a modelagem conceitual de dados geoespaciais, utilizando UML/OMT-G, para integrar informações de mercado ao cadastro imobiliário, enquanto o segundo aplicou métodos econométricos avançados (MQ2E) para aprimorar a estimativa de valores imobiliários em plantas genéricas, revelando melhor desempenho obtido pela qualidade das variáveis selecionadas. Em ambos os casos, nota-se a busca por melhorias nos procedimentos de avaliação em larga escala, seja por meio de estruturas de dados mais consistentes, no caso de Pazolini ou de modelos matemáticos mais precisos, no caso de Franceschi.

Observando-se o conjunto de trabalhos já realizados no PPGTG, nota-se que a presente dissertação traz como contribuição específica a sistematização das variáveis de localização relevantes à avaliação imobiliária em massa, apresentando diferentes dimensões que influenciam o mercado, organizadas de maneira a sua aderência a incorporação de modelo conceitual para automatização de aquisição. Diferentemente dos estudos anteriores, este trabalho realiza uma revisão sistemática para mapear e categorizar essas variáveis e, em seguida, às modelar conceitualmente conforme um arcabouço formal de dados geográficos. Trata-se de um diferencial importante, pois as dissertações anteriores não integraram de forma abrangente as variáveis de localização em uma estrutura conceitual voltada à automação cadastral. Nesse sentido, esta dissertação pode vir a ser subsídio para novas pesquisas em

integração de dados espaciais nos cadastros territoriais multifinalitários, desenvolvimento de observatórios do mercado imobiliário, aperfeiçoamento de metodologias de avaliação fiscal imobiliária e outros estudos no domínio da gestão territorial urbana, contribuindo para avanços tanto técnicos quanto institucionais na área.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo insere-se no campo da Gestão Territorial, focando na integração de dados espaciais e procedimentos de avaliação imobiliária urbana para fins tributários. A tributação sobre a propriedade de terras está entre os mais antigos impostos existentes e possui significativa relevância no financiamento das políticas públicas em diversos países (Raslanas *et al.*, 2010), presente em mais de 130 países, em todo o mundo (Silva, 2020a).

No Brasil, a Constituição Federal (Brasil, 1988), em seu artigo 156 incisos I e II, atribuiu aos municípios a competência para instituir e administrar tributos sobre imóveis urbanos, Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), e o Imposto de Transmissão de Bens Imóveis Intervivos (ITBI), os quais configuram como principais fontes de receita municipal, sendo essencial para o desenvolvimento econômico e social local.

A base de cálculo destes impostos, conforme estabelecido pelos artigos 33 e 38 do Código Tributário Nacional (CTN) (Brasil, 1966), é o Valor Venal do Imóvel (VVI), entendido como o Valor de Mercado, entendido como provável valor de negociação entre comprador e vendedor em condições normais de mercado (Oliveira; Bandeira; Noberto, 2024a).

Para que essa estimativa seja justa e tecnicamente fundamentada, torna-se indispensável a utilização de dados atualizados e consistentes, capazes de refletir as dinâmicas do mercado imobiliário local (Silva, 2006; 2020). Assim, uma base de cálculo equitativa contribui para a redução de distorções, promove justiça fiscal e assegura que a arrecadação corresponda à real capacidade contributiva dos cidadãos (Carranza *et al.*, 2019).

Neste cenário a avaliação em massa de imóveis, desempenha papel estratégico, este método subsidia a elaboração da Planta de Valores Genéricos (PVG), instrumento oficial que orienta a base de cálculo do IPTU e deve representar adequadamente o comportamento dos imóveis no território analisado, com a finalidade de alcançar equidade na tributação (De Cesare; Silva; Silva, 2023; Hornburg; Hochheim, 2017). Em situações de imóveis atípicos, que não se ajustam ao grupo amostral devido a características específicas, pode-se recorrer à avaliação individual, garantindo que a tributação se mantenha proporcional (De Cesare; Silva; Silva, 2023). Essa abordagem fornece estimativas de valor de mercado

indispensáveis ao setor público, contribuindo para políticas fiscais equilibradas e para a gestão urbana eficiente (Silva, 2020a).

Apesar de sua importância, a implementação da avaliação em massa enfrenta desafios significativos na atualização de suas bases de cálculo, que incluem limitações legislativas e a necessidade de capacitação técnica permanente (Felis *et al.*, 2025). Soma-se a isso a baixa qualidade ou desatualização dos cadastros imobiliários, a carência de capacitação técnica das equipes e restrições legislativas como a exigência de aprovação das atualizações pelas Câmaras Municipais, que sujeitam a revisão da base de cálculo a influências políticas Eguino e Erba, (2020). Tais fatores comprometem a eficiência e a justiça na arrecadação do IPTU, muitas vezes resultando em bases defasadas em relação à realidade de mercado.

Em resposta a esses desafios, recentes mecanismos normativos têm buscado fortalecer a gestão tributária municipal. A Reforma Tributária por meio da Emenda Constitucional nº 132/2023 (Brasil, 2023), introduziu alterações significativas no sistema tributário, impactando diretamente a gestão e a tributação imobiliária nos municípios. Uma das mudanças relevantes foi a inclusão do inciso III do §1º do art. 156 da Constituição Federal (Brasil, 1988), que autoriza o Poder Executivo municipal a atualizar a base de cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), conforme critérios estabelecidos em lei municipal. Essa medida visa proporcionar maior flexibilidade e agilidade na administração tributária local, permitindo que os municípios ajustem a base de cálculo do IPTU de maneira mais eficiente, tecnicamente fundamentada e alinhada à realidade do mercado imobiliário.

Complementarmente, a Portaria nº 3242/2022 do Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2022), incentiva a modernização dos cadastros municipais, a padronização de procedimentos para avaliação de imóveis e a implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), como instrumento integrador de informações.

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), está estruturado para comportar dados de diferentes aspectos e dimensões sobre os imóveis, fornecendo insumos indispensáveis para a avaliação em massa, qualificando os cadastros e aumentando a precisão na apuração dos valores venais (De Cesare; Silva; Silva, 2023). Além disso, a Portaria 3242/2022 prevê a criação dos Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI), destinados a coletar, organizar e monitorar informações de mercado e revisar periodicamente valores cadastrais (Brasil, 2022). Mecanismos permanentes de

monitoramento do mercado imobiliário, como esses observatórios, são apontados como componentes fundamentais da gestão fiscal e territorial (Souza, 2023).

A articulação dessas iniciativas com o CTM permite a espacialização dos dados de transações imobiliárias, condição essencial para estabelecer um processo contínuo de atualização de valores e consolidar uma cultura técnica nos municípios (Silva, 2006; Tchunte; Nyawa, 2022). Carranza *et al.* (2019) corroboram essa visão ao evidenciar que a integração entre instrumentos de gestão imobiliária e cadastros atualizados atua como força motriz para o financiamento e a formulação de políticas públicas.

A integração de informações geoespaciais e a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são fundamentais nesse processo, permitindo representar atributos espaciais com precisão, identificar padrões de localização e desenvolver modelos mais aderentes às realidades urbanas (Amorim; Pelegrina; Julião, 2018). Conhecer o território é, portanto, condição essencial para a formulação de políticas públicas consistentes (Almeida; Câmara; Monteiro, 2007b; Leite; Veloso; Reis, 2022). A gestão territorial eficiente, quando articulada a ações de planejamento urbano produzem efeitos sobre os valores do mercado imobiliário, sendo fundamental que essa valorização seja captada pelas bases de cálculo dos impostos (Raslanas *et al.*, 2010).

O acompanhamento contínuo do mercado imobiliário torna-se imprescindível para o alcance destes objetivos. Segundo Tchunte e Nyawa (2022), contribuíram não apenas para o aprimoramento dos mecanismos de arrecadação, mas também para a identificação dos impactos diretos da valorização sobre os sistemas socioeconômicos, tanto no setor público quanto no privado.

Esse conjunto de fatores consolida a avaliação em massa como um instrumento de justiça fiscal, cuja efetividade depende da integração entre um arcabouço normativo atualizado, capacitação técnica, monitoramento permanente do mercado e suporte tecnológico adequado. A coordenação entre o CTM, os OMs e os SIG constituem a base técnica e institucional necessária para investigar a dinâmica do mercado imobiliário, qualificar os cadastros e assegurar uma tributação mais justa, proporcional e eficiente.

Diante deste contexto, a análise das variáveis que influenciam o mercado, incluindo fatores geográficos, socioeconômicos e demográficos, é vital para a

construção de modelos de avaliação em massa mais representativos da realidade local (Bourassa; Hoesli; Peng, 2003; Hornburg; Hochheim, 2017).

O presente trabalho aborda o processo preliminar de execução de modelos estatísticos voltados para avaliação em massa no mercado imobiliário, buscando identificar e modelar variáveis de localização que possam contribuir para o aprimoramento deste processo. Parte-se do pressuposto de que a definição correta e ágil dessas variáveis é chave para explicar melhor a heterogeneidade observada no mercado imobiliário local e viabilizar que as avaliações em massa sejam realizadas com maior aderência à realidade observada e em ciclos menores.

Neste sentido, adotou-se uma abordagem fundamentada na revisão sistemática da literatura especializada, com o objetivo de identificar as variáveis de localização recorrentes e significativas utilizadas em avaliações em massa. Com base nesse referencial, desenvolvem-se mecanismos conceituais e operacionais para organizar e incorporar essas variáveis aos procedimentos técnicos de avaliação, de modo a contribuir para modelos mais eficazes, que possam ser utilizados pelos gestores municipais no aprimoramento da base de cálculo do IPTU e na formulação de políticas públicas.

A pesquisa adota um delineamento qualitativo de natureza exploratória (Gil 2019), realizado por meio de revisão sistemática de literatura que, quando conduzida com rigor, se torna fonte de evidência relevante para tomada de decisão, além de comportar a expressão interpretativa do pesquisador (Galvão; Pereira, 2014). Essa abordagem é adequada ao objetivo da pesquisa, centrada na organização conceitual e na sistematização de variáveis extraídas de literatura especializada, sem a aplicação de instrumentos empíricos de coleta em campo. Escolhida por possibilitar a investigação de fenômenos complexos, sem modelagem padronizada permitido uma síntese crítica e construção de hipóteses (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Mantém-se o caráter metodológico qualitativo em segunda etapa, dedicada a estruturação de modelo conceitual para representação e automatização para extração de variáveis de localização das categorias sistematizadas, Para isso adota-se o OMT-G, assegurando a aderência aos padrões definido pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE (Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil, 2008) e modelando o comportamento e entendimento de situações do mundo real, em ambientes informatizados (Borges; Davis; Laender, 2001).

Importa esclarecer que, embora avaliação em massa de imóveis, componha como tema principal, o foco da pesquisa seu foco não está na inferência estatística, e sim sobre interpretação, sistematização e categorização de variáveis de localização, relevantes para explicar a heterogeneidade e as dinâmicas dos mercados imobiliários.

Propõe-se, assim, construir base fundamentada na revisão sistemática de literatura, indicando as principais categorias e variáveis de localização, para orientar a leitura do território, sua aplicação em processos de avaliação em massa, e a modelagem e automatização da extração dessas variáveis, com o intuito de fomentar a melhoria das bases cadastrais municipais, promovendo a qualificação da avaliação em massa.

Essa perspectiva se alinha a contribuição metodológica descrita por Silva e Azevedo (2019), segundo a qual esse tipo de pesquisa auxilia a sintetizar evidências constante em literatura sobre área observacional, indicando rumos para novas investigações. Permitindo acessar dimensões subjetivas que envolvem os objetos geográficos no espaço, representando as variáveis de localização, estruturando-as para Banco de Dados Geográficos (BDG).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Desta forma, a partir da contextualização por ora desenhada, propõe-se o seguinte problema de pesquisa: Como as variáveis de localização podem ser identificadas, modeladas e incorporadas aos procedimentos de avaliação em massa de imóveis urbanos, de modo a refletir a heterogeneidade do mercado e apoiar a gestão tributária municipal?

Embora a literatura reconheça a importância das variáveis de localização na explicação dos valores dos imóveis urbanos, especialmente no contexto da avaliação em massa, ainda são escassos os estudos que abordam de forma sistemática as variáveis de localização, como devem ser obtidas e organizadas e de que maneira podem ser integradas aos procedimentos técnicos e operacionais das administrações municipais.

A ausência de modelos conceituais e metodológicos voltados à identificação e incorporação dessas variáveis compromete a capacidade dos municípios de monitorar o mercado imobiliário de forma contínua e qualificar suas bases de cálculo tributário.

Há, portanto, uma lacuna no desenvolvimento de mecanismos replicáveis e tecnicamente fundamentados que possam apoiar a implementação de políticas públicas baseadas na territorialidade e na justiça fiscal.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Desenvolver um estudo visando identificar, sistematizar e descrever as variáveis de localização e modelar seus processos de obtenção, para subsidiar a avaliação em massa de imóveis urbanos.

Objetivos Específicos

- a) Sistematizar, com base na literatura especializada as variáveis de localização relevantes a avaliação em massa de imóveis urbanos, consolidando os achados em um referencial replicável para estudos e aplicações práticas.
- b) Elaborar métodos de automatização, modelagem conceitual de processos, para obtenção de variáveis de localização em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG);
- c) Desenvolver e propor mecanismos de incorporação de variáveis de localização nos procedimentos da avaliação em massa dos imóveis da base cadastral do município

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos, como segue:

Capítulo 1 Apresenta o contexto, a justificativa, o problema e os objetivos da pesquisa.

Capítulo 2 Contempla o referencial teórico, dividido em dois eixos principais: o primeiro aborda a Avaliação em Massa de Imóveis, reunindo as principais definições, conceitos, metodologias e experiências aplicadas à gestão tributária municipal e o segundo trata da Modelagem Conceitual de Dados Geográficos, com ênfase em

aplicação para representar e estruturar dados geográficos em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Capítulo 3 - Descreve Materiais e Métodos, apresentando o delineamento da pesquisa, o recorte observacional e o percurso metodológico adotado, que inclui a revisão sistemática da literatura, os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, e as etapas de organização, análise e modelagem dos dados e definições metodológicas para proposições de aplicação.

Capítulo 4 - Apresenta os resultados obtidos a partir da revisão e da sistematização das variáveis de localização, estruturados em quadros e diagramas conceituais e proposições para gestão municipal e reúne a discussão dos resultados, relacionando os achados com a literatura especializada e destacando as contribuições do estudo para o avanço da avaliação em massa no contexto da gestão pública municipal.

Capítulo 5 - Encerra o trabalho com as conclusões, sintetizando os principais resultados e suas implicações práticas, teóricas e institucionais, além de apresentar as limitações do estudo e as recomendações para futuras pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa está organizado em dois eixos principais, que dão sustentação aos objetivos do estudo.

O primeiro eixo aborda a Avaliação em Massa de Imóveis, nesse campo, busca-se identificar as principais variáveis de localização presentes nos modelos de estudo, responsáveis por influenciar o comportamento dos mercados imobiliários e consideradas mais relevantes para a compreensão da heterogeneidade do mercado analisado. Esse eixo constitui a fundamentação teórica que subsidia a compreensão das dimensões envolvidas para execução e entendimento da avaliação em massa de imóveis dando suporte a análise de requisitos a ser executada.

O segundo eixo, de caráter complementar, trata da Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. Esse tema está diretamente alinhado ao objetivo de estruturar dados geográficos capazes de representar as variáveis de localização mais significativas para explicação do mercado imobiliário. Dessa forma, sua finalidade é oferecer suporte metodológico e técnico à aplicação de processos de avaliação em massa de imóveis. A seguir os referenciais teóricos dos respectivos temas com suas subdivisões.

2.1 AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS

2.1.1 O papel da Avaliação em Massa na Gestão Tributária Municipal

A tributação imobiliária é uma das formas mais antigas de arrecadação de impostos e possui relevância significativa no financiamento de políticas públicas em diversos países (Raslanas; Zavadskas; Kaklauskas, 2010), e está presente em mais de 130 países em todo o mundo (Silva, 2020b).

No Brasil, a Constituição Federal (Brasil, 1988) atribui aos municípios, conforme o artigo 156, incisos I e II, a competência para instituir e administrar tributos imobiliários, Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), e o Imposto de Transmissão Bens Imóveis Intervivos (ITBI), os quais configuram como principais fontes de receita municipal, sendo essencial para o desenvolvimento econômico e social local. (Humberto; De Carvalho Junior, 2019).

A base de cálculo destes impostos, conforme estabelecido pelos artigos 33 e 38 do Código Tributário Nacional (CTN) (Brasil, 1966), é o Valor Venal do Imóvel (VVI), entendido como o Valor de Mercado, que representa, o provável valor de negociação entre comprador e vendedor em condições normais de mercado (De Oliveira; Bandeira; Noberto, 2024). Para que essa estimativa seja justa e tecnicamente fundamentada, torna-se indispensável a utilização de dados atualizados e consistentes, capazes de refletir as dinâmicas do mercado imobiliário local (Silva, 2006, 2020). Assim, uma base de cálculo equitativa contribui para a redução de distorções, promove justiça fiscal e assegura que a arrecadação corresponda à real capacidade contributiva (Carranza *et al.*, 2019).

Neste cenário, a avaliação em massa de imóveis, desempenha papel estratégico nesse processo, pois subsidia a elaboração da Planta de Valores Genéricos (PVG), instrumento oficial que orienta a base de cálculo do IPTU e deve representar adequadamente o comportamento dos imóveis no território analisado, com a finalidade de alcançar equidade na tributação (De Cesare; Silva; Silva, 2023; Hornburg; Hochheim, 2017). Em situações de imóveis atípicos, que não se ajustam ao grupo amostral devido a características específicas, pode-se recorrer à avaliação individual, garantindo que a tributação se mantenha proporcional (De Cesare; Silva; Silva, 2023).

A aplicação da avaliação em massa permite estimar, de forma sistemática e em larga escala, o valor dos imóveis urbanos a partir de atributos padronizados (Silva, 2006), desempenhando papel fundamental para apuração dos valores de mercado de imóveis para utilização pelo setor público, contribuindo para políticas fiscais e de gestão urbana (Silva, 2020b).

Embora seja essencial para as políticas tributárias, sua implementação enfrenta desafios significativos que incluem limitações legislativas e a necessidade de capacitação técnica permanente (Felis *et al.*, 2025). Eguino e Erba (2020) destacam limitações relacionadas à complexidade do processo, a resistência burocrática e política à modernização, além de barreiras institucionais. De Cesare, Silva e Silva (2023), acrescentam dificuldades relacionadas à baixa qualidade cadastral, à desatualização de informações, à falta de capacitação técnica de servidores e às restrições legislativas, especialmente pela necessidade de aprovação de estudos técnicos nas Câmaras Municipais, o que sujeita a atualização das bases de cálculo a julgamentos políticos, o que pode comprometer a eficiência arrecadatória.

Em resposta a esses desafios, recentes mecanismos normativos têm buscado fortalecer a gestão tributária municipal. A Reforma Tributária por meio da Emenda Constitucional nº 132/2023 (Brasil, 2023), introduziu alterações significativas no sistema tributário, impactando diretamente a gestão e a tributação imobiliária nos municípios. Uma das mudanças relevantes foi a inclusão do inciso III do §1º do art. 156 da Constituição Federal (Brasil, 1988), que autoriza o Poder Executivo municipal a atualizar a base de cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), conforme critérios estabelecidos em lei municipal. Essa medida visa proporcionar maior flexibilidade e agilidade na administração tributária local, permitindo que os municípios ajustem a base de cálculo do IPTU de maneira mais eficiente, tecnicamente fundamentada e alinhada à realidade do mercado imobiliário.

Complementarmente, a Portaria nº 3242/2022, do Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2022), incentiva a modernização dos cadastros municipais, a padronização de procedimentos para avaliação de imóveis e a implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), como instrumento integrador de informações.

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), é estruturado comportando dados de diferentes aspectos e dimensões sobre os imóveis, fornecendo insumos indispensáveis para a avaliação em massa, qualificando os cadastros e aumentando a precisão na apuração dos valores venais. (De Cesare; Silva; Silva, 2023). Além disso, a Portaria prevê a criação dos Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI), destinados a coletar, organizar e monitorar informações de mercado, revisar periodicamente valores cadastrais (Brasil, 2022).

Estudos como os de Silva (2006), ressaltam a importância de mecanismos permanentes de monitoramento do mercado imobiliário como parte fundamental da gestão fiscal e territorial. A articulação desses mecanismos ao Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), permite a espacialização dos dados coletados dos eventos de mercado, condição essencial para o estabelecimento de um processo contínuo de atualização e para a consolidação de uma cultura técnica nos municípios. Carranza et al (2019), corroboram este posicionamento, ao evidenciar que a integração entre instrumentos de gestão imobiliária e cadastros atualizados constitui força motriz para o financiamento e a formulação de políticas públicas.

A implementação de Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI), conforme previsto portaria nº 3242/2022 (Brasil, 2022), representa um avanço na qualificação

da coleta, organização e tratamento das informações de mercado. Estruturados com ferramentas de geoespacialização da informação, esses dados ganham potencial analítico ampliado, possibilitando a representação espacial das dinâmicas de valorização e contribuindo para a qualificação da base de cálculo dos tributos imobiliários, por meio de procedimentos e métodos mais adequados à complexidade do território urbano.

Nesse processo, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham papel fundamental, uma vez que, permitem representar atributos espaciais com precisão, identificar padrões de localização e desenvolver modelos explicativos mais adequados às realidades urbanas (Amorim; Pelegrina; Julião, 2018). Conhecer o território, portanto, torna-se condição essencial para formulação de políticas públicas consistentes capazes de promover o desenvolvimento urbano (Leite; Veloso; Reis, 2022) além de contribuir para uma administração tributária eficiente.

O acompanhamento contínuo do mercado imobiliário torna-se imprescindível para o alcance destes objetivos. Segundo Tchuente e Nyawa (2022), contribuindo não apenas para o aprimoramento dos mecanismos de arrecadação, mas também para a identificação dos impactos diretos da valorização sobre os sistemas socioeconômicos, tanto no setor público quanto no privado.

Consolidando assim, a avaliação em massa como instrumento para justiça fiscal, cuja efetividade depende da integração entre estrutura normativa, monitoramento permanente e suporte tecnológico. A articulação entre o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), os Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) constitui a base técnica e institucional necessária para investigar a dinâmica do mercado, qualificar os cadastros e assegurar uma tributação mais justa proporcional e eficiente.

Traremos a seguir, experiências de municípios brasileiros que estão trabalhando em práticas integradas e heterogêneas adequadas às suas realidades, com impactos positivos.

2.1.2 Experiências dos municípios brasileiros

A experiência dos municípios brasileiros com a avaliação em massa de imóveis, ou com práticas de monitoramento de seu mercado, para fins de qualificação de arrecadação, revela um cenário heterogêneo, com impactos diretos sobre o

desempenho dos tributos (Humberto; Carvalho Junior, 2019; Poeta, 2020). Segundo de De Cesare; Silva; Silva (2023), a desatualização dos valores de referência compromete a justiça fiscal, pois afeta a distribuição da carga tributária e intensifica desigualdades.

Um exemplo concreto desse problema foi evidenciado na Nota Técnica nº 14/2022-CGF/TCE-PR, elaborada pelo Tribunal de Contas do Estado do Paraná (Tribunal de Contas do Estado do Paraná – Coordenadoria-Geral de Fiscalização, 2022). O documento ressalta a importância da atualização periódica das Plantas de Valores Genéricos (PVG) como condição para o fortalecimento da arrecadação municipal. A nota se baseou em pesquisa realizada em 2021 com os 399 municípios paranaenses, apresentando um diagnóstico preocupante. Dos municípios analisados, 88 não possuíam sequer norma legal publicada sobre a PVG, o que reforça as limitações institucionais enfrentadas para garantir a qualificação da arrecadação.

Entre os 311 municípios restantes, agrupados por porte populacional, observou-se que 206 (66%) apresentavam suas PVGs desatualizadas. O quadro se torna ainda mais crítico entre os municípios com menos de 20 mil habitantes: dos 79 analisados, 63 (80%) estavam com suas plantas defasadas. Essa situação implica em forte subavaliação dos imóveis para fins de cálculo do IPTU. O estudo ainda apontou que, em média, o valor venal utilizado correspondia a apenas 30% do valor de mercado real, evidenciando a magnitude da discrepância (Tribunal de Contas do Estado do Paraná, 2022).

Essa investigação conduzida por um órgão de controle externo reforça a diversidade de realidades observadas no contexto nacional e a multiplicidade de obstáculos enfrentados pelos municípios. Entre os principais desafios já relacionados na literatura estão: a baixa ou inexistente cobertura cadastral, a resistência política em atualizar os valores, a carência de qualificação técnica das equipes municipais e as dificuldades administrativas (Humberto; Carvalho Junior, 2019). Enquanto parte dos municípios ainda se mantém presa a esses entraves, outros têm conseguido avançar na modernização de suas bases de cálculo por meio da adoção de boas práticas, adequadas às realidades locais.

Entre as experiências positivas, destacam-se iniciativas voltadas à modernização administrativa, como a implantação dos Cadastros Territoriais Multifinalitários (CTM) e a adoção dos Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI). Essas medidas, alinhadas à Portaria nº 3242/2022 (Brasil, 2022), ampliam a

capacidade de monitoramento do mercado, fortalecem a avaliação em massa e fornecem subsídios não apenas para o IPTU, mas também para a qualificação da base de cálculo do ITBI e para o desenvolvimento de políticas públicas.

Um exemplo nesse sentido, foi relatado por Silva *et al.* (2022), no município de Brusque (SC), onde foi criado um Observatório Urbano de Valores Imobiliários integrado ao CTM. O projeto, concebido de forma colaborativa e executado em plataforma contratada, promoveu capacitação de servidores, modernizou a gestão tributária e contribuiu para a compreensão da dinâmica do mercado imobiliário local, respeitando sua segmentação.

Outra experiência de destaque internacional, é o Observatório Urbano de Fortaleza (CE), criado em 2005. Estruturado em base SIG e integrado ao CTM, o observatório evoluiu continuamente em termos de metodologias e técnicas, aperfeiçoando a avaliação do IPTU e automatizando a apuração da base de cálculo do ITBI. Conforme Eguino *et al.* (2020, p. 38) a capacitação dos servidores foi fator essencial para o êxito do projeto, alinhado ao acompanhamento da modernização tecnológica, propiciando o desenvolvimento de políticas públicas mais assertivas. Reforçando os pilares de estruturação eficientes já apontados.

Em Belo Horizonte (MG), a Secretaria da Fazenda, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), desenvolveu o projeto *Modernização da metodologia de avaliação de imóveis para a planta genérica de valores*. A iniciativa busca aprimorar a PVG por meio de metodologias específicas para diferentes tipologias de imóveis, fundamentadas em estudos técnicos elaborados sob demanda do órgão público (Tonucci Filho *et al.*, 2020) Essa parceria entre administração municipal e academia evidencia o potencial da colaboração institucional para a modernização da base de cálculo tributária.

Em síntese, as experiências dos municípios brasileiros revelam um cenário de contrastes marcantes: de um lado, a defasagem das PVGs e as dificuldades administrativas que limitam a equidade fiscal; de outro, iniciativas inovadoras que demonstram o potencial de modernização e qualificação da gestão tributária. Tais experiências demonstram que não há um modelo único de solução, sendo possível adotar caminhos diferenciados, como o desenvolvimento de sistemas próprios, a contratação de serviços terceirizados ou a construção de parcerias institucionais. Em todos os casos, o diferencial determinante é a capacitação técnica das equipes

municipais, capaz de garantir a adequada incorporação de metodologias e tecnologias às realidades locais.

Dessa forma, o que se observa é que cada município pode buscar melhorias compatíveis com suas condições institucionais, financeiras e administrativas, desde que disponha de referenciais técnicos que orientem o processo. É justamente nesse sentido que se insere o presente estudo: ao investigar as variáveis de localização mais relevantes e propor formas de modelagem para sua utilização, busca-se oferecer um norteador para a qualificação da base tributária municipal, contribuindo tanto para o aprimoramento da arrecadação quanto para a formulação de políticas públicas mais justas e consistentes.

2.1.3 Variáveis de localização

A natureza típica dos imóveis, caracterizada por sua durabilidade, heterogeneidade e imobilidade, confere a localização um fator determinante para a constituição dos valores imobiliários (Kiel; Zabel, 2008; Lockwood; Rossini, 2011). A localização do imóvel, sofre influência de múltiplos elementos, como acessibilidade, infraestrutura, serviços segurança, atributos ambientais dentre outros, cuja interação gera diferentes padrões de valorização no mercado. Esta diversificação de fatores, interagem também entre si, tornando sua mensuração e delimitação exatas de influência, desafios complexos de apuração nas avaliações massa (Gallimore; Fletcher; Carter, 1996; Melanda; Hunter; Barry, 2016)

Carranza *et al.* (2019, p. 99) reafirmam a *premissa de Tobler (1970) segundo a qual todas as coisas estão relacionadas entre si, mas as mais próximas no espaço possuem uma relação maior do que as distantes* (Tobler, 1970). Através desta constatação, evidenciam a relevância da dependência espacial e reforçam a importância de incorporar variáveis que expliquem a estrutura espacial nos estudos de avaliação em massa. Corroborando o entendimento de Gallimore; Fletcher; Carter (1996) que afirmam que um modelo de avaliação, “cego” ao impacto locacional, irá produzir distorções, não representação do mercado analisado e gerando resultados super ou subavaliação de determinadas áreas.

Estudos seminais evidenciaram a importância dos componentes espaciais na formação dos valores imobiliários, como em Basu e Thibodeau (1998), introduzindo os modelos espaciais estatísticos para o estudo do mercado imobiliário (Pace *et al.*,

1998). Na sequência, houve o desenvolvimento de modelos hedônicos, que passaram a incorporar variáveis de localização relevantes por meio da segmentação territorial como apresentado nos estudos de Bourassa, Cantoni e Hoesli (2007,2010), Bourassa, Hoesli e Peng (2003); Goodman e Thibodeau (1998a, 2003).

A literatura especializada, continua evidenciando que as variáveis de localização exercem forte influência sobre o comportamento do mercado imobiliário, apresentando elevado poder explicativo na determinação dos valores dos imóveis (Hornburg; Hochheim, 2017; Silva, 2006, 2020; De Cesare; Silva; Silva, 2023). Introduzindo fatores diversos de acordo com cada realidade analisada, como proximidade a centros urbanos, disponibilidade de transporte público, acesso a serviços essenciais e estágio de desenvolvimento urbano, que impactam diretamente em seu comportamento (Sharma; Bajaj; Tirumala, 2024).

Contudo, devido a heterogeneidade espacial, os efeitos da localização não são uniformes, variando segundo o contexto territorial observado e exigindo análises específicas para cada mercado, com a finalidade de identificar quais fatores são mais relevantes (Ünel; Yalpir, 2019) verificando até sua significância a nível global ou específico de uma área (Lockwood; Rossini, 2011). Há de se considerar também que, esta heterogeneidade, pode ser causada por um impacto subjetivo de determinada variável, como por exemplo a percepção de segurança da região, onde a objetividade da extração destas características nem sempre pode ter representado o alcance de sua interferência (Gallimore; Fletcher; Carter, 1996), tornando ainda mais explícito a observância do conhecimento do território analisado.

Para dar suporte aos desafios sobre o uso de variáveis de localização, as metodologias de avaliação em massa evoluíram, para incorporá-las nos modelos. Principalmente para identificação de variáveis relevantes, que servirão de base para a avaliação em massa (Ünel; Yalpir, 2019). Modelos tradicionais simplificam a localização por zonas homogêneas ou delimitadas administrativamente que podem gerar distorções, como o “efeito de fronteira”, comprometendo a precisão das estimativas (Gallimore; Fletcher; Carter, 1996). Nesse cenário, emergiram abordagens mais avançadas como: a Regressão Geograficamente Ponderada (GWR), por exemplo, capta a variabilidade espacial dos preços de forma mais refinada, enquanto técnicas como a Análise de Componentes Principais (PCA) permitem reduzir o conjunto de variáveis, mantendo sua capacidade explicativa e facilitando a integração com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), (Lockwood; Rossini, 2011; Ünel;

Yalpir, 2019), dentre outras metodologias atualmente utilizadas para avaliação em massa, que ainda serão apresentadas neste referencial.

Diante da relevância apresentada das variáveis de localização e seu impacto na formação dos valores de mercado imobiliário, devem ser mapeadas, constantemente atualizadas e incorporadas tanto ao Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) quanto aos Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI), a fim de promover a qualificação das bases cadastrais (De Cesare; Silva; Silva, 2023). Essa integração fortalece os modelos de avaliação em massa, aplicados à tributação trazendo maior transparência, e tornando-os mais condizentes com a realidade local (Lyashchenko; Mamedov, 2024). Bem como, a interrelação de base cadastral atualizada, com os instrumentos de avaliação em massa, promove desenvolvimento de políticas públicas de gestão territorial mais eficazes (Carranza *et al.*, 2019).

Em síntese, as variáveis de localização constituem o cerne desta pesquisa, uma vez que representam fatores decisivos na explicação do comportamento do mercado imobiliário e na formação dos valores de mercado. Sua incorporação aos modelos de avaliação em massa é, ao mesmo tempo, indispensável e desafiadora, dadas as dificuldades de mensuração, a heterogeneidade espacial e a complexidade das interações entre variáveis objetivas e percepções subjetivas. Como evidenciado na literatura, negligenciar o impacto locacional resulta em modelos distorcidos, enquanto abordagens que integram adequadamente esses fatores tendem a gerar estimativas mais justas, transparentes e alinhadas às dinâmicas reais do território.

Apesar dos avanços já registrados em pesquisas, persiste uma lacuna de pesquisa quanto à sistematização das variáveis de localização utilizadas nesses estudos. A literatura tende a abordar tais variáveis apenas como insumos dentro de modelos específicos, sem organizá-las em uma perspectiva comparativa que evidencie quais são mais recorrentes, de que forma foram aplicadas e em quais contextos se mostraram relevantes.

Essa ausência de sistematização limita a possibilidade de gestores municipais utilizarem esses achados como orientação prática para seus próprios processos de avaliação, já que cada município possui particularidades territoriais, institucionais e socioeconômicas. Assim, torna-se necessário identificar, descrever e modelar as variáveis de localização presentes na literatura, de modo a oferecer um referencial orientativo, que permita avaliar a pertinência ou não de sua adoção na realidade brasileira. Esta tarefa será apresentada nos resultados, por meio de quadros de

síntese que apoiarão a modelagem e a formulação de políticas de monitoramento do mercado. Essa escolha metodológica se justifica, pois permite alinhar a revisão sistemática da literatura internacional e nacional com a prática de avaliação em massa no contexto nacional, garantindo rigor analítico e aplicabilidade para a gestão municipal.

Assim, conclui-se que o entendimento das variáveis de localização é etapa essencial para a construção de modelos mais eficazes de avaliação em massa. Na sequência, serão discutidos os conceitos e técnicas de avaliação de imóveis, bem como a composição do mercado imobiliário e suas diferentes formas de segmentação, compondo a base teórica e metodológica necessária para integrar variáveis de localização, dinâmica de mercado e métodos de mensuração em um processo analítico estruturado.

2.1.4 Conceitos de Avaliação de Imóveis

A avaliação em massa de imóveis é definida por *International Association of Assessing Officers - IAAO* (1990), como o processo de avaliar um grupo determinado de imóveis num mesmo período, por meio metodologia padronizada e análises estatísticas, aplicadas em uma amostragem representativa.

De maneira similar e complementar entre os autores Ciuna, Milazzo e Salvo (2017), Marisco e Hochheim (2021), Silva (2006); Carranza *et al.* (2019), Arribas *et al.*, (2016) definem a avaliação em massa, como um processo sistemático de estimação simultânea dos valores em larga escala, de imóveis contidos em determinado perímetro, utilizando métodos avaliatórios, que sejam objetivos e respaldados legalmente, com a finalidade de representar o mercado imobiliário analisado.

Raslanas, Zavadskas e Kaklauskas (2010) e De Cesare, Silva e Silva (2023) complementam as definições entre a diferença da avaliação imobiliária individual e avaliação imobiliária em massa e como são constituídas. A primeira busca determinar o valor individual de imóvel, em data específica com a utilização de métodos normatizados, que utilizam como base um conjunto de dados de imóveis que possuem características intrínsecas e extrínsecas, semelhantes ao imóvel a ser analisado. Já avaliação em massa trabalha com uma base de dados de determinado período, constituída por uma amostragem representativas das heterogeneidades existentes do universo de imóveis a serem avaliados, com a utilização de metodologias e análises

que estão em constante aprimoramento para alcançar resultados mais aproximados dos valores praticados no mercado,

A avaliação em massa pode ser utilizada para diferentes finalidades. No setor privado, serve para fornecer informações relevantes, para bancos, com a finalidade de fins hipotecários, para fundos de investimentos para determinação de valor de seu portfólio e por companhias para monitorar o crescimento do mercado (Arribas *et al.*, 2016). No setor público, subsidia as bases de cálculo sobre impostos imobiliários e de transferência de propriedade, assim como o delineamento políticas urbanísticas destinadas a orientação do uso e ocupação do solo, que estão intrinsecamente relacionados com as dinâmicas do mercado imobiliário (Silva, 2020b).

Em revisão de literatura sistemática, sobre os modelos de avaliação em massa no século XXI, realizada por Wang e Li (2019), foram identificadas três principais tendências para avaliação em massa de imóveis: Modelos baseados em Inteligência Artificial (IA), Modelos em (SIG), e Modelos Mistos, que utilizam modelos combinados. Considerando que a presente pesquisa não irá realizar um estudo aplicado de avaliação em massa, a seguir uma breve contextualização sobre as metodologias de mais utilizadas para conhecimento das técnicas.

2.1.5 Técnicas de avaliação em massa de imóveis

2.1.5.1 Modelos Baseados em Inteligência Artificial (AI-Based)

Modelos *AI-Based* aplicam técnicas como regressão múltipla, redes neurais, árvores de decisão, sistemas especialistas, modelos hierárquicos, análise de *clusters*, redes neurais, *Support Vector Machine (SVM)* entre outros. São utilizados para lidar com grandes volumes de dados, relações não lineares e incertezas no processo de avaliação em massa, permitindo estimativas automatizadas com base em atributos dos imóveis (Ali *et al.*, 2020; Amindarbari; Baran; Meentemeyer, 2022; Keskin, 2022; Wang; Li, 2019).

Quadro 1- Modelos Baseados em Inteligência Artificial (AI-Based).

Técnica / Modelo	Descrição
Regressão Múltipla	Técnica estatística amplamente utilizada, baseada na relação funcional entre variáveis dependentes (preço) e independentes (características dos imóveis), destacando-se por sua simplicidade operacional, mas limitada pela necessidade de suposições paramétricas rígidas.
Redes Neurais Artificiais	Estrutura computacional inspirada no funcionamento do cérebro humano, capaz de modelar relações não-lineares complexas sem definição prévia de forma funcional, embora sua aplicação envolva desafios de interpretabilidade e transparência.
Árvores de Decisão (ex. M5P, MARS)	Métodos de aprendizado supervisionado que combinam estruturas de regressão com partições condicionais, favorecendo a análise interpretável de grandes conjuntos de dados, com boa performance preditiva.
Sistemas Especialistas / Apoio à Decisão	Ferramentas baseadas em regras heurísticas e lógica difusa que simulam o julgamento pericial humano, especialmente úteis em contextos com dados escassos ou conhecimento tácito.
Modelos Hierárquicos (<i>HLM/HTM</i>)	Estruturas econométricas que incorporam a natureza multinível dos dados imobiliários, permitindo a decomposição da variância entre níveis (por exemplo, imóvel e bairro) e melhorando a acurácia da estimação.
Análise de Agrupamento (<i>Cluster</i>)	Técnica de mineração de dados voltada à segmentação do mercado em subgrupos homogêneos, com potencial para aprimorar a modelagem da heterogeneidade espacial e estrutural dos imóveis.
Teoria dos Conjuntos Nebulosos e <i>Fuzzy</i>	Abordagens matemáticas que tratam a incerteza e a imprecisão nos dados, sendo aplicáveis a mercados com baixa informatização e dados subjetivos.
Modelos Baseados em Raciocínio	Métodos que empregam lógica indutiva e analogias entre imóveis comparáveis, com foco na explicabilidade e na consistência normativa, especialmente relevantes para contextos jurídicos.
Outros (<i>Genetic Algorithm, GA, Support Vector Machine SVM, Data Envelopment Analysis DEA, Conformal Predictors, CP</i>)	Métodos diversos de inteligência computacional e estatística, como algoritmos genéticos, máquinas de vetor de suporte e análise envoltória, aplicados pontualmente para otimização e previsão.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Wang e Li (2019).

2.1.5.2 Modelos Baseados em Sistemas de Informação Geográfica (GIS-Based)

Os modelos *GIS-Based* incorporam dados espaciais à avaliação em massa, considerando a localização como fator essencial na formação de valor. Técnicas como regressão ponderada geograficamente (GWR), análise de componentes principais geograficamente ponderada (GWPCA), modelos espaciais (SEM e SLM) e superfícies de resposta locacional (LVRS) são empregadas para capturar variações espaciais e dependências de localização nos preços (Bitter; Mulligan; Dall'erba, 2007; Oliveira; Bandeira; Távora, 2024; Wang; Li, 2019).

Quadro 2- Modelos Baseados em Sistemas de Informação Geográfica (*GIS-Based*).

Técnica / Modelo	Descrição
Regressão Geograficamente Ponderada (GWR)	Extensão da regressão linear que permite variação espacial dos coeficientes, capturando heterogeneidade local e melhorando a precisão da modelagem espacial de preços.
Análise de Componentes Principais Ponderada (GWPCA)	Técnica que incorpora a dimensão espacial na redução de dimensionalidade, permitindo segmentação de submercados com base em atributos e proximidade geográfica.
Modelos Espaciais (SEM e SLM)	Estruturas econométricas que incorporam dependência espacial: o SEM modela autocorrelação dos erros e o SLM modela dependência entre valores vizinhos, sendo ambos adequados à natureza espacial dos preços imobiliários.
Superfície de Resposta de Valor de Localização (LVRS)	Abordagem que utiliza ferramentas de interpolação espacial para estimar o efeito da localização sobre os valores, permitindo a geração de superfícies contínuas de ajuste espacial.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Wang e Li (2019).

2.1.5.3 Modelos Mistos (MIX-Based)

Os modelos *MIX-Based* combinam métodos tradicionais, inteligência artificial e técnicas espaciais, buscando aproveitar as vantagens de múltiplas abordagens. Incluem, por exemplo, integrações entre Redes neurais artificiais e SIG, modelos com dados de *crowdsourcing*, imagens ou sustentabilidade, e aplicações específicas como imóveis industriais e comerciais (McCluskey; Borst, 2011; Mete; Yomralioglu, 2023; Surgelas; Puķīte; Arhipova, 2024).

Quadro 3 – Modelos Mistos (MIX-Based).

Técnica / Modelo	Descrição
Integração de Abordagens Tradicionais	Combina elementos das abordagens clássicas de avaliação (comparativa, de custo e de renda) em estruturas híbridas, ampliando a robustez metodológica e adaptabilidade a diferentes contextos.
Combinação de Modelos <i>IA + GIS</i>	Integra técnicas de inteligência artificial com dados espaciais, possibilitando a modelagem simultânea de variáveis de localização e estruturais, com ganhos em precisão preditiva.
Métodos Híbridos e Inovadores	Envolve a incorporação de dados alternativos (ex.: <i>crowdsourcing</i> , imagens) e aplicações em nichos específicos (ex.: propriedades sustentáveis, lazer, uso comercial), ampliando as fronteiras da avaliação automatizada.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Wang e Li (2019).

As técnicas de avaliação em massa constituem o núcleo metodológico que possibilita a aplicação prática dos conceitos avaliativos, permitindo estimar valores de forma padronizada, transparente e em grande escala. Sua evolução reflete não apenas avanços estatísticos e computacionais, mas também a crescente demanda por sistemas tributários mais justos e alinhados à realidade do mercado. No entanto, a eficácia desses métodos depende diretamente da qualidade das informações utilizadas e do entendimento aprofundado sobre o comportamento do mercado. Por isso, na seção seguinte, traremos fundamentação teórica sobre mercado imobiliário, suas dinâmicas internas e os fatores que condicionam a formação dos preços, elementos fundamentais para dar consistência aos modelos de avaliação.

2.1.6 Mercado imobiliário

O mercado imobiliário é constituído pela interação de oferta e demanda de terras e propriedades, configurando-se como um sistema complexo, influenciado por múltiplos fatores. Para além das definições de regulamentação do planejamento urbano, sua dinâmica é moldada por aspectos geográficos, socioeconômicos e demográficos que interagem de forma orgânica, resultando em processos próprios de valorização e desvalorização (Sharma *et al.*, 2024). O mercado é espacialmente dependente (Silva, 2020a), e reflete as realidades singulares de cada contexto analisado (Carranza *et al.*, 2019). A imobilidade espacial da terra e a heterogeneidade das propriedades existentes, Brankovic (2013), reforçam sua singularidade.

Os elementos físicos que compõem o mercado imobiliário são: a construção e a terra (De Cesare; Silva; Silva, 2023).

A construção tem caráter antrópico, e o aumento de oferta de determinado tipo de edificação, exemplos: casas, apartamentos, imóveis comerciais, está diretamente relacionada a sua demanda no mercado local (De Cesare; Silva; Silva, 2023). Podendo se comportar, em oferta e demanda, de maneira diferente para distintos tipos de imóveis, refletindo as características valorizadas pelos compradores, no mercado analisado (Silva, 2020b).

A terra, por sua vez, é um recurso natural finito e constante, não é possível de replicar, tornando-a única, heterogênea e insubstituível, sobretudo no que se refere a sua localização (Raslanas; Zavadskas; Kaklauskas, 2010; Usman; Lizam; Adekunle, 2020). Sua oferta no mercado imobiliário, não depende diretamente da demanda, mas decorre de políticas públicas e de planejamento urbano, que regulam o parcelamento e a ocupação do solo, além da necessidade de particulares (Raslanas *et al.*, 2010).

O dinamismo do mercado imobiliário decorre tanto da criação de novos espaços quanto da readaptação de usos de imóveis existentes, gerando ciclos de valorização e desvalorização (Cunha, 2023). Nesse sentido, o investimento público em infraestrutura e políticas de desenvolvimento urbano, alinhado a um planejamento territorial consistente, constitui a principal fonte de valorização dos imóveis (Silva, 2006,2020).

Segundo Cunha (2023) as ações governamentais, por meio de políticas públicas, exercem papel determinante no comportamento do mercado imobiliário, podendo acelerar ou restringir seus processos de valorização. Compreender estas influências é fundamental para construção de modelos de avaliação mais eficientes na explicação do comportamento do mercado (Bourassa; Hoesli; Peng, 2003; Silva, 2006), estruturados de maneira que os efeitos da valorização sejam capturados, refletindo na base de cálculo tributária, a fim de garantir a sustentabilidade do ciclo de investimentos (Raslanas; Zavadskas; Kaklauskas, 2010).

Demonstrando assim que mercado imobiliário se configura como um sistema dinâmico, heterogêneo e espacialmente dependente, marcado pela interação entre múltiplos fatores estruturais, econômicos, sociais e territoriais. Essa complexidade exige abordagens analíticas que reconheçam a singularidade de cada contexto urbano e considerem as especificidades de localização e uso do solo, que nos estudos

de avaliação se traduzem nas variáveis de localização, tema da próxima seção desta pesquisa.

2.1.6.1 Segmentação do mercado

O mercado imobiliário é essencialmente heterogêneo, atípico e estruturalmente complexo, conforme afirmam Ciuna, Milazzo e Salvo (2017), essa compreensão do território é necessária para que os processos de avaliação em massa tenham maior aderência a realidade local. Ocorrendo por meio de investigação das características intrínsecas das propriedades e extrínsecas, relacionadas as diferentes dimensões de contextos espaciais e econômicas se revelam determinantes para os processos de avaliação (Almeida *et al.*, 2022).

Nesse sentido, Hu, He e Su (2022), destacam que a compreensão e identificação de segmentação do mercado imobiliário é uma ferramenta de análise essencial para monitorar o dinamismo da evolução do mercado imobiliário, como importante fonte de informação para formulações políticas públicas. Segundo os autores, esta segmentação pode ser entendida como a desagregação, individualização ou a delimitação de submercados distintos, dentro do contexto do mercado imobiliário, com o objetivo de evidenciar os fenômenos e variáveis que influenciam a realidade do mercado analisado.

Complementando o conceito de segmentação do mercado, para Usman, Lizam e Adekunle (2020), trata-se da delimitação, por homogeneização de imóveis com características estruturais, de vizinhança e serviços similares entre si, distinguindo-se significativamente das áreas adjacentes. Adicionalmente, Tchunte e Nyawa (2022), definem que podem corresponder tanto a áreas geográficas físicas quanto a grupos de imóveis não contíguos, desde que apresentem preços hedônicos semelhantes. Sua estimativa pode ocorrer de forma localizada ou global, sendo possível utilizar variáveis *dummies* para indicar submercados em modelos que abrangem todo o mercado.

Os autores Bourassa *et al.* (2003,2007) e Goodman e Thibodeau (1998, 2003) reconhecem que a utilização dos submercados, nos modelos de avaliação, refletem diferentes dimensões de variáveis de localização, tais como: as características socioeconômicas da região, a mobilidade, acessibilidade a serviços, todas

características que têm influência direta sobre os preços hedônicos, melhorando significativamente a precisão da previsão de preços das propriedades.

Importante observar que as abordagens para delimitação da segmentação do mercado, evoluíram o longo do tempo, se tornando ferramenta teórica e empírica relevante para compreensão do mercado imobiliário (Hu; He; Su, 2022). Tais abordagens oferecem suporte para identificar e traduzir variáveis determinantes dos preços hedônicos (Belasco; Farmer; Lipscomb, 2012). Em linhas gerais, as abordagens para segmentação do mercado, podem ser agrupadas em duas principais categorias: *a priori*: fundamentada a aspectos como localização, características geográficas, agrupamento dos imóveis por similaridades, disponibilidade e acesso a serviços, opinião de especialistas; e *a posteriori* com a utilização de modelos estatísticos, mineração de dados ou uma combinação híbrida dos fatores citados (Hu; He; Su, 2022).

O quadro 4, apresenta uma síntese das principais características, observações sobre as abordagens de segmentação do mercado, elementos de análises a serem considerados nos estudos do mercado imobiliário referente a sua análise segmentada.

Quadro 4 - Síntese da Segmentação do Mercado Imobiliário.

Dimensão	Elementos Principais	Observações Relevantes
Conhecimento a priori	Limites predefinidos ou atributos de qualidade; características geográficas	Não atinge submercados com homogeneidade interna e heterogeneidade externa
Conhecimento a posteriori	Mineração de dados (ex.: algoritmos de agrupamento)	Revela a disposição dos compradores de pagarem por atributos específicos
Características do mercado imobiliário	Heterogeneidade espacial Imobilidade Durabilidade	Estrutura básica do mercado que condiciona a segmentação
Características dos submercados	Substituibilidade Compacidade Efeito temporal	Captam a coerência interna, a similaridade por proximidade e a dinâmica de transformação no tempo
Fatores essenciais na segmentação	Preços implícitos dos atributos Relações topológicas no espaço e no tempo	Fundamentam a validação e precisão da segmentação

Fonte: Elaborado a partir de (Hu et al., 2022).

Estudos clássicos como o de Palm (1978), apresentam que a segmentação espacial deve considerar os fluxos de informação e as probabilidades de transações, propondo o uso de delimitadores geográficos como unidades de análise, apoiados na compreensão das dinâmicas internas do mercado. De forma semelhante, Goodman e

Thibodeau (1998,2003,2007), abordaram a segmentação considerando variáveis socioeconômicas, ambientais e em delimitações geográficas como distritos escolares ou setores censitários. Esses autores argumentam que, dentro de um submercado, o preço de imóveis próximos, tendem a apresentar relativa constância em função da semelhança dos atributos habitacionais disponíveis, reforçando a homogeneidade interna do grupo e revelando a dependência espacial dos valores (Bourassa; Cantoni; Hoesli, 2007).

A relevância da localização nas definições de submercados também é destacada por Bourassa *et al.*, (2007), ao comparar submercados geográficos delineados por avaliadores imobiliários, *a priori*, com aqueles derivados de análises estatísticas, *a posteriori*, os autores verificaram melhor desempenho dos primeiros em um contexto de avaliação em massa de imóveis, concluindo que valor dos imóveis está diretamente relacionado ao valor dos imóveis adjacentes.

Já Schnare e Struyk (1976) utilizaram divisões administrativas pré-existentes como base para segmentação espacial, e seus resultados demonstram que a dinâmica do mercado pode extrapolar as divisões administrativas, sugerindo que os submercados definidos espacialmente podem ser mais amplos do que os limites administrativos tradicionais.

Com o avanço metodológico, novas técnicas foram incorporadas à segmentação do mercado, incluindo análise fatorial, análise de componentes principais e clusterização, utilizadas por Schwann (1998), Maclennan e Tu (1996) e Bourassa e Hoesli (1999). Também se destacam as abordagens híbridas, que combinam múltiplos fatores para uma delimitação mais robusta. Goodman e Thibodeau (1998b), por exemplo, aplicaram métodos hierárquicos, considerando tanto a localização (distritos escolares, áreas geográficas) quanto características das propriedades, utilizando modelos de dois níveis para testar se áreas deveriam ser agrupadas ou analisadas separadamente, o que resultou em segmentações mais flexíveis e alinhadas ao comportamento real do mercado.

Belasco, Farmer e Lipscomb (2012) utilizaram uma abordagem híbrida implícita, combinando dados demográficos e modelos estatísticos de mistura fina. Mais recentemente Hu, He e Su (2022) utilizaram modelos hedônicos com regressão geográfica e temporalmente ponderada, apoiados em técnicas de aprendizado de máquina para segmentação do mercado, para reduzir subjetividade na definição de *clusters* e aprimorar a identificação de submercados.

A literatura alerta, contudo, para os riscos de segmentações mal calibradas podem gerar consequências adversas na predição dos valores imobiliários. De acordo com Bourassa, Hoeslie e Peng (2003), Gallimore, Fletcher e Carter (1996), a criação de um número excessivo de segmentação de submercados pode causar rarefação de amostragem, comprometendo a precisão das estimativas por modelos hedônicos. Por outro lado, a unificação indevida de submercados distintos, pode ocultar variáveis relevantes na composição dos valores dos imóveis, resultando em vieses significativos.

Assim a definição do nível adequado de segmentação deve ser conduzida com cautela, seja tratando o mercado com uma unidade única, seja como um conjunto de submercados inter-relacionados. As análises a serem realizadas devem compreender o contexto local, e seu objetivo é desvendar o comportamento e os fenômenos do mercado imobiliário da área de estudo (Hu; He; Su, 2022).

A revisão da literatura evidencia a evolução conceitual da segmentação, que passou de abordagens simplificadas para metodologias multivariadas e geoespaciais, voltadas à melhoria da precisão na avaliação em massa de imóveis. As diferentes estratégias: geográficas, estruturais, estatísticas ou híbridas, convergem na premissa de que a heterogeneidade do mercado deve ser considerada para evitar distorções. A delimitação adequada de submercados permite captar nuances do comportamento espacial dos preços, refletindo de forma mais precisa suas dinâmicas e variáveis de localização relevantes. Assim, a análise do mercado imobiliário deve considerar as diferentes dimensões contextuais que influenciam seu comportamento, incluindo a necessidade de o compreender e estudar como unidade ou de forma segmentada para melhor explicá-lo.

Em síntese, embora a literatura apresente diversas abordagens, há consenso quanto a necessidade de observar e compreender o comportamento do mercado imobiliário e sua realidade específica. Cada caso de estudo requer uma análise exploratória, considerando suas estruturas e dinâmicas próprias, buscando a metodologia mais adequada. Como etapa essencial da avaliação em massa, esse diagnóstico permite identificar o grau de homogeneidade ou de segmentação do mercado, articulando-se às demais fases do processo e contribuindo para a construção de modelos mais eficazes e com maior capacidade preditiva.

Superado este tema, torna-se necessário discutir como esses elementos podem ser representados de maneira estruturada, modelados, integrados em

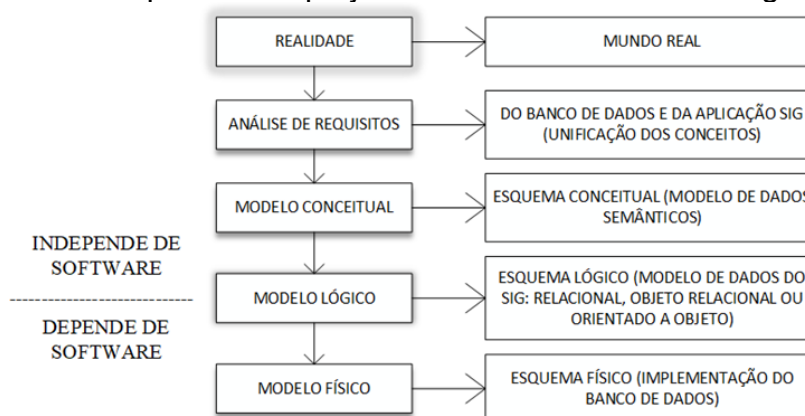
sistemas de informação. É nesse ponto que a modelagem conceitual de dados geográficos se apresenta como ferramenta estratégica, permitindo traduzir as variáveis de localização e demais atributos relevantes em esquemas organizados que subsidiem tanto a avaliação em massa quanto a formulação de políticas públicas e o aperfeiçoamento da gestão tributária.

2.2 MODELAGEM CONCEITUAL E ESTRUTURA DOS DADOS GEOGRÁFICOS

Em banco de dados, distinguem-se três níveis de modelagem: conceitual, lógica e física. Os níveis lógico e físico, possuem maior proximidade com a implementação do banco, pois se relacionam diretamente ao tipo de armazenamento, ao *software* que serão utilizados e a restrições tecnológicas associadas. Já a modelagem conceitual, constitui etapa mais fiel ao objeto observado, ao abstrair conceitos e características do ambiente em nível teórico, livre de limitações computacional (Cougo, 1997).

Segundo Lago (2006), o nível de abstração adotado pode variar de acordo com o público-alvo. Para um leigo, a modelagem tende a se aproximar mais da realidade observada, favorecendo a compreensão intuitiva. Já para técnicos e especialistas, é necessário incorporar dependências e restrições que impactam a eficiência do sistema. Essas distinções são representadas de forma esquemática na Figura 1.

Figura 1- Etapas de um projeto de Banco de Dados Geográfico.



Fonte: Adaptado de Lago (2006).

Já o conceito de modelo, pode ser entendido como uma abstração simplificada da realidade, que permite explicá-la, testá-la e analisar seu comportamento, seja

parcialmente, seja em sua totalidade. Tal como ocorre com maquetes arquitetônicas, protótipos de veículos ou moldes industriais, os modelos não buscam replicar integralmente o objeto real, mas sim destacar elementos essenciais para antecipar e compreender seu funcionamento (Cougo, 1997).

A fase inicial do processo de modelagem envolve a análise de requisitos, etapa de alta relevância metodológica, pois define a finalidade do banco de dados e o escopo das informações que irá conter. Nessa etapa são identificados e descritos os elementos a serem abstraídos da realidade, seus atributos e relacionamentos, os tipos de transações esperadas e as restrições aplicáveis (Teory *et al.*, 2014). Esses elementos, quando transportados para o ambiente computacional, são denominados *objetos*. No contexto geográfico, podem ser classificados como *objetos geográficos*, quando apresentam relação direta com uma localização espacial, ou *não geográficos*, quando independem da posição (Almeida; Câmara; Monteiro, 2007a; Lisboa Filho *et al.*, 2000).

A modelagem conceitual de banco de dados consiste, portanto, no processo de abstração de objetos e fenômenos do mundo real para o ambiente computacional, visando sistematizar o conhecimento em representações formais. Essa sistematização torna possível identificar, conceituar e organizar informações de modo consistente (Borges; Davis; Laender, 2001; Cougo, 1997; Hübner *et al.*, 2013).

O esquema resultante da modelagem deve conter conceitos semânticos, relacionamentos e restrições aplicáveis aos dados, sem depender de recursos específicos de visualização (Hubner, 2009; Lisboa Filho *et al.*, 2000).

Embora a modelagem conceitual se baseie em formalismos, como o Modelo Entidade-Relacionamento (ER) e a Abordagem Orientada a Objetos (OO), sua principal vantagem é a independência em relação a *software* e *hardware*, garantindo validade mesmo diante da evolução tecnológica (Lisboa Filho *et al.*, 2000). Dessa forma, facilita o diálogo entre usuários e desenvolvedores e assegura maior durabilidade conceitual às bases de dados.

No caso de dados geográficos, o modelo pode ser compreendido como a abstração digital dos elementos do mundo real, organizados de maneira a permitir análises e operações espaciais (Almeida; Câmara; Monteiro, 2007a). Seu objetivo é fornecer significado aos dados, estruturando-os para que possam apoiar processos analíticos e decisórios (Borges; Davis; Laender, 2001; Longley *et al.*, 2015). Essa abstração, entretanto, é complexa e deve considerar as necessidades analíticas do

sistema, o que implica na seleção e simplificação de variáveis de acordo com a aplicação desejada (Borges; Davis; Laender, 2001).

Lisboa Filho *et al.* (2000) e Elmasri, Ramez e Navathe (2005) ressaltam que a modelagem de dados deve priorizar os elementos essenciais, descartando informações secundárias. Gruber (1993), Bozio (2022) e Almeida, Câmara e Monteiro (2007b) destacam a importância da definição prévia de entidades e objetos a serem representados em um SIG, organizados em conceitos estruturados, o que favorece a criação de esquemas consistentes e integrados.

Nesse processo, destaca-se o uso de ontologias, entendidas como estruturas formais que organizam os conceitos de um domínio específico e permitem o compartilhamento de informação entre diferentes usuários (Almeida; Câmara; Monteiro, 2007). Incorporadas à modelagem conceitual de dados geográficos, as ontologias oferecem suporte para o alinhamento semântico e a interoperabilidade entre sistemas, assegurando maior consistência e confiabilidade às análises (Borges; Davis; Laender, 2001; Gruber, 1993; Hubner, 2009).

A literatura revisada aponta que a modelagem conceitual assegura a integridade e a qualidade dos bancos de dados geoespaciais, oferecendo bases sólidas para a modelagem lógica e física. Além disso, promove um entendimento transversal entre diferentes perfis de usuários e aplicações. Considerando a aplicação deste estudo, que envolve a abstração e sistematização de variáveis de localização para posterior mapeamento em SIG, a compreensão dos fundamentos da modelagem conceitual é indispensável. A partir desta revisão, a seção seguinte discutirá de forma aprofundada a modelagem conceitual de dados geográficos voltada especificamente aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

2.2.1 Modelagem Conceitual de dados geográficos para SIG

A modelagem de conceitual não se restringe ao uso em banco de dados, sendo aplicado em diferentes áreas como forma de representar o ambiente observado. Seu propósito é capturar os aspectos e relacionamentos entre os objetos, padronizar conceitos e servir de referência para a construção de estruturas de dados (Cougo, 1997).

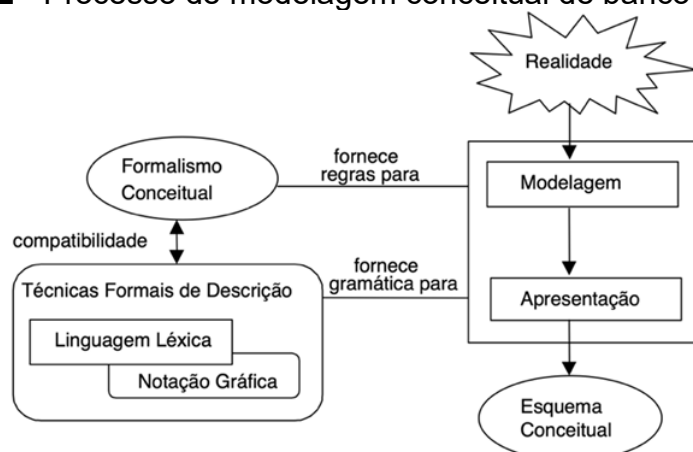
No entanto, sua relevância em Bancos de Dados (BD) é particularmente notável, por possibilitar a comunicação entre diferentes perfis de usuários e por

oferecer uma visão global e unificada do sistema. Ao abstrair elementos do mundo real em representações estruturadas e simplificadas, a modelagem conceitual viabiliza a construção de esquemas integrados em Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) (Teory *et al.*, 2014).

Nos Bancos de Dados Geográficos (BDG), a modelagem conceitual adquire papel ainda mais significativo, pois envolve a abstração de fenômenos geográficos e objetos espaciais para representação em meio computacional, assegurando que a complexidade do mundo real seja capturada em esquemas que favorecem análises e aplicações espaciais (Hübner *et al.*, 2013). Diferentemente dos bancos de dados convencionais, que armazenam informações essencialmente alfanuméricas e relacionais, os BDG incluem a dimensão espacial, que descreve a localização, que é um componente fundamental do dado, sua forma e a relação entre objetos no território (Lisboa Filho; Iochpe; Alegre, 2001). Esse aspecto diferencia os BDG dos sistemas tradicionais, tornando-os mais complexos e exigindo metodologias específicas para seu gerenciamento (Borges; Davis; Laender, 2001; Lago, 2006).

Além disso, a modelagem conceitual específica para aplicações em SIG, apresenta vantagens adicionais: é independente de *software* específico, assegurando a reutilização de projetos mesmo diante da evolução tecnológica, e promove a padronização semântica, favorecendo o compartilhamento da informação entre diferentes instituições e usuários (Lisboa Filho; Iochpe; Alegre, 2001). A incorporação da semântica aos dados, por meio de mecanismos de abstração que se aproximam do modelo mental do usuário, representa um avanço em relação às abordagens anteriores, tornando os modelos mais próximos da realidade (Borges; Davis; Laender, 2001).

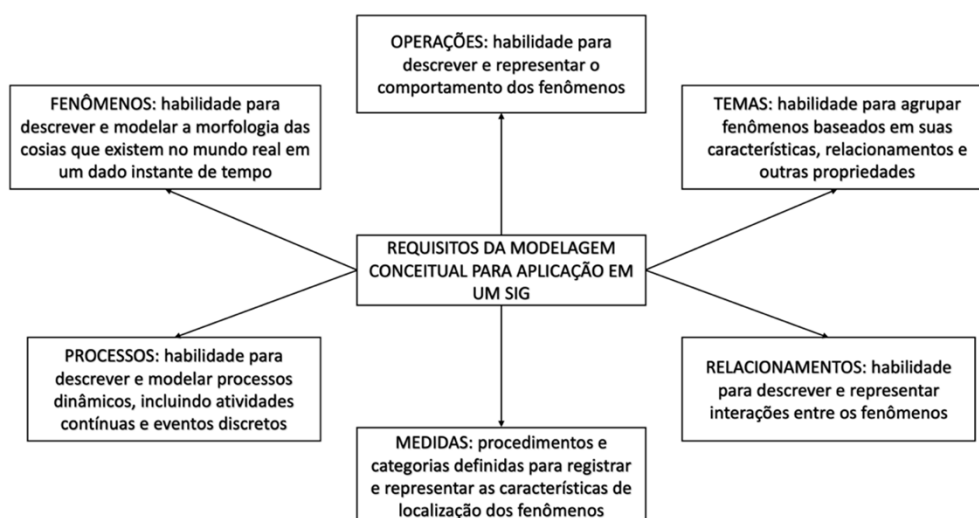
O esquema conceitual, produto desse processo, é expresso por meio de notação gráfica e linguagem formal. Pode basear-se em formalismos como o Modelo Entidade-Relacionamento (ER) ou a Abordagem Orientada a Objetos (OO). Esses formalismos trazem consigo regras e conceitos que possibilitam abstrair a realidade de forma sistemática, assegurando clareza entre desenvolvedores e usuários (Lisboa Filho *et al.* 2000). Na figura 2, podemos ver a ilustração do processo de modelagem.

Figura 2 - Processo de modelagem conceitual de banco de dados.

Fonte: Lisboa Filho; Iochpe; Alegre (2001).

A informação geográfica, contudo, apresenta especificidades que a diferenciam dos bancos de dados convencionais. Três componentes são considerados primordiais: (i) o espacial, relacionado à localização e geometria dos objetos, representados por sistemas de coordenadas e projeções cartográficas; (ii) o atributo, referente às características quantitativas e qualitativas dos objetos; e (iii) o tempo, que registra o instante ou intervalo da observação (Lisboa Filho; Iochpe; Alegre, 2001).

Em razão dessa complexidade, Rugg, Dobson e Egenhofer (1998), estabeleceram um conjunto de requisitos fundamentais que devem orientar a modelagem conceitual voltada aos SIG, sintetizados na Figura 3.

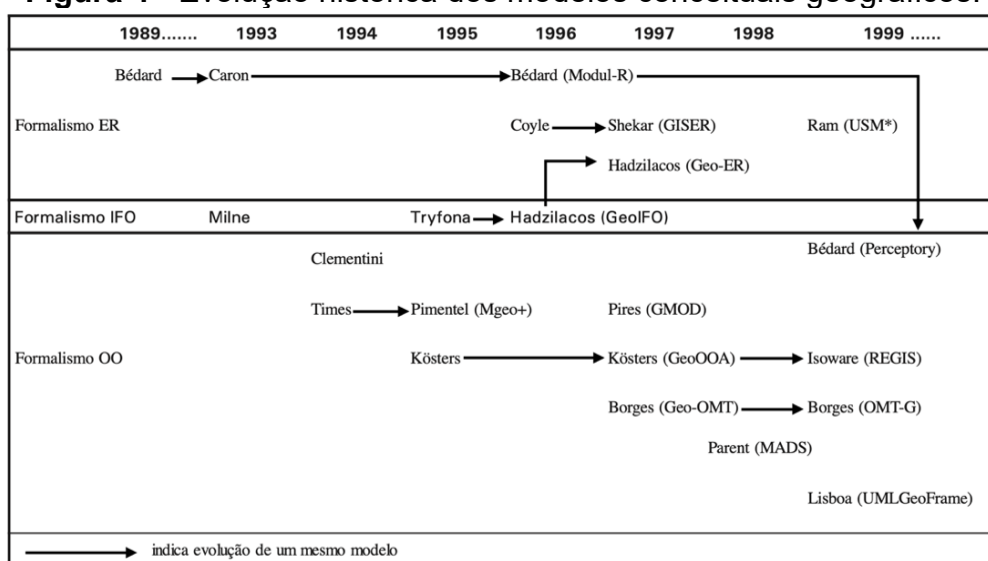
Figura 3 - Requisitos da modelagem conceitual para um SIG.

Fonte: Adaptado de Rugg; Dobson; Egenhofer (1998).

Esses requisitos reforçam a necessidade de representar não apenas formas e localizações, mas também as dinâmicas, interações e categorizações dos fenômenos espaciais. Assim, a modelagem deve ser capaz de lidar com a descrição de objetos e eventos, processos contínuos ou discretos, operações observáveis, medidas espaciais, relacionamentos topológicos e funcionais, além de agrupamentos temáticos. Esses elementos convergem para a construção de modelos conceituais semanticamente ricos, interoperáveis e aderentes à realidade observada, uma demanda enfatizada na literatura Borges, Davis e Laender (2001); Gonçalves (2008); Hubner (2009).

A modelagem geográfica evoluiu a partir da década de 1980, inicialmente, estavam fortemente vinculados aos modelos lógicos e físicos, impondo aos usuários a necessidade de adaptar os fenômenos do mundo real às limitações dos SIG existentes (Borges; Davis; Laender, 2001). Na figura 4, podemos observar a evolução dos modelos geográficos.

Figura 4 - Evolução histórica dos modelos conceituais geográficos.



Fonte: Lisboa Filho e lochpe (1999).

Com o avanço tecnológico, sobretudo nos anos 1990, os SIG expandiram suas aplicações para além da cartografia, passando a apoiar o gerenciamento urbano e territorial. Essa ampliação de escopo exigiu técnicas de modelagem mais sofisticadas, capazes de lidar com grandes volumes de dados, múltiplas dimensões analíticas e fenômenos dinâmicos (Almeida; Câmara; Monteiro, 2007a). Atualmente, os SIG são reconhecidos como plataformas essenciais para integrar dimensões sociais,

econômicas e ambientais, consolidando-se como instrumentos estratégicos para a gestão pública.

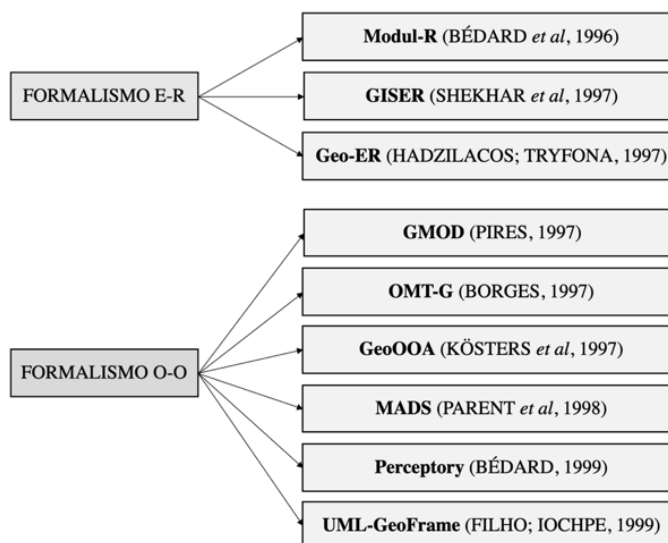
A literatura recente demonstra que as técnicas de modelagem acompanharam essa evolução, tornando-se fundamentais para representar de forma mais fiel as complexidades do espaço e apoiar o gerenciamento da informação geoespacial em diferentes escalas (Reginato *et al.* 2023). Em revisão bibliográfica abrangente, Reginato *et al.* (2023) e Silva, Silva, Bozio (2024) identificam elevada produção científica sobre modelagem conceitual e dados espaciais. Contudo, apontam a falta de integração entre ontologia, análise de requisitos e implementação prática, o que revela uma lacuna a ser explorada para garantir maior robustez metodológica, a fim de garantir uma sinergia desde a etapa de abstração da realidade, até a produção de modelos para implementação, trazendo assim uma abordagem mais holística da modelagem conceitual.

No campo aplicado, Almeida; Câmara; Monteiro (2007b) evidenciam o papel dos SIG em análises espaciais avançadas, capazes de articular variáveis socioeconômicas e urbanas. Essa característica, torna os SIG ferramentas eficazes para espacialização e aquisição de variáveis de localização, nos modelos de avaliação em massa, integradas a métodos estatísticos e geoestatísticos. Tornando-se suporte tecnológico, para investigar os efeitos da localização sobre os valores de mercado, essencial para compreensão da realidade local e alinhado ao apontamento de Silva (2023), sobre a importância da definição adequada das variáveis de localização como fator determinante para o grau de precisão dos modelos de avaliação em massa de imóveis, aproximando teoria e prática na gestão tributária e territorial.

2.2.2 Abordagens metodológicas em Modelagem de Dados Espaciais

A literatura apresenta uma diversidade de técnicas de modelagem voltadas à representação de dados geográficos, desenvolvidas a partir das especificidades inerentes a esse tipo de informação. Essas técnicas têm como base formalismos distintos, entre eles o Entidade-Relacionamento (E-R) e o Orientado a Objetos (O-O). Na Figura 5, são sintetizados os principais modelos conceituais de banco de dados geográficos, seus respectivos autores e os formalismos adotados.

Figura 5 - Modelos conceituais de banco de dados geográficos, seus autores e formalismos.



Fonte: Adaptado de Lisboa Filho e Iochpe (2001).

Segundo Borges, Davis e Laender (2001) as abordagens O-O demonstram maior eficácia para a representação de dados geográficos quando comparadas aos modelos baseados no formalismo E-R, os quais apresentam limitações significativas para lidar com a complexidade espacial. Lisboa Filho; Iochpe; Alegre (2001), corroboram esse entendimento em um estudo crítico sobre a modelagem de dados geográficos, reforçando a pertinência das abordagens O-O. Essa perspectiva também é compartilhada por Couto *et al.* (2017), que propõem uma modelagem conceitual de bancos de dados geoespaciais ancorada nesses fundamentos.

Essas diferentes metodologias desempenharam papel fundamental no aprimoramento da representação de relações espaciais complexas e na possibilidade de múltiplas representações de entidades geográficas, ampliando a robustez e aplicabilidade dos modelos (Borges; Davis; Laender, 2001; Lisboa Filho, 2001).

Entre os modelos baseados no formalismo O-O, a escolha da abordagem mais adequada depende da natureza da aplicação. É necessário avaliar o nível de abstração exigido, os requisitos funcionais, as restrições de integridade espacial e o grau de detalhamento necessário à análise, de modo a selecionar o modelo que melhor se ajuste ao propósito da aplicação (Borges; Davis; Laender, 2001).

Com base nesse quadro teórico, torna-se necessário avançar para a definição das ferramentas que operacionalizam a modelagem conceitual em contextos geográficos. Entre essas ferramentas, destacam-se os formalismos gráficos orientados a objetos, especialmente a *Unified Modeling Language (UML)*, que será

abordada na próxima seção em razão de sua ampla adoção em ambientes institucionais e acadêmicos, bem como de sua relevância para a estruturação de bancos de dados geográficos.

2.2.2.1 UML como Linguagem de Modelagem para Dados Geográficos

Na escolha de modelos para representação de dados espaciais, é fundamental considerar aqueles que proporcionam altos níveis de abstração e maior capacidade de captação semântica (Bozio, 2022). Entre as notações gráficas utilizadas, destaca-se a *Unified Modeling Language (UML)*, empregada amplamente em modelos orientados a objetos e adaptada para a modelagem conceitual de dados geográficos (Gonçalves, 2008).

A UML, foi desenvolvida por Rumbaugh, Booch e Jacobson (1999) como linguagem gráfica padronizada para especificação de projetos de *software*. Embora concebida inicialmente para bancos orientados a objetos, tornou-se linguagem padrão em diferentes aplicações. Sua estrutura contempla diversos diagramas, com destaque para os diagramas de classes, que permitem representar aspectos estruturais e relacionamentos de forma padronizada (Teory *et al.*, 2014).

Essa versatilidade explica sua adoção em diferentes fases da modelagem de banco de dados, da conceitual à física, e sua relevância em projetos que envolvem componentes espaciais, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os diagramas de classes, adaptados para a representação de elementos do mundo real, facilitam a comunicação entre desenvolvedores, gestores e usuários de bancos de dados geográficos bancos de dados geográficos (BDG) (Lisboa Filho; lochpe; Alegre, 2001).

Um dos principais diferenciais da UML é sua estrutura extensível, que permite a criação de estereótipos e construtores especializados. Isso viabiliza a representação clara de entidades espaciais, atributos, relações e restrições de integridade, com maior clareza semântica (Hubner, 2009). Além disso, favorece o mapeamento das representações conceituais para etapas lógicas e físicas posteriores, mantendo consistência entre os diferentes níveis da modelagem.

Nesse contexto, a UML serve de base para o desenvolvimento do *Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G)*, (Borges; Davis; Laender, 2001) como uma extensão do *Object Modeling Technique (OMT)* (Rumbaugh; Booch;

Jacobson, 1999) O OMT-G incorpora primitivas específicas para dados espaciais, possibilitando a representação explícita de classes georreferenciadas e convencionais, bem como de relacionamentos espaciais, topológicos e de rede (Borges; Davis; Laender, 2001; Hubner, 2009).

A adoção da UML e, especificamente, do OMT-G, alinha-se às necessidades desta pesquisa, ao permitir a representação conceitual consistente de variáveis de localização, assegurando independência em relação à implementação. Essa abordagem dialoga diretamente com os princípios teóricos discutidos Borges, Davis Junior e Laender (2005); Borges, Davis e Laender (2001); Cougo (1997); Lisboa Filho *et al.* (2000); Lisboa Filho, Iochpe e Alegre (2001).

A escolha pelo modelo OMT-G para a modelagem conceitual do banco de dados nesta pesquisa fundamenta-se, sobretudo, em sua adoção institucional pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) como modelo de referência. A INDE, definida pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) (CONCAR, 2010), constitui um arcabouço de tecnologias, políticas, padrões e procedimentos voltados à organização, integração e disseminação de dados geoespaciais em âmbito federal, distrital, estadual e municipal.

Nesse contexto, o OMT-G destaca-se por oferecer os recursos necessários para assegurar a padronização, interoperabilidade e consistência semântica dos dados geoespaciais, aspectos relevantes em sistemas públicos e interinstitucionais. Sua utilização, portanto, alinha-se diretamente as diretrizes nacionais para estruturação e compartilhamento de informações geográficas, conferindo legitimidade técnica e aderência às boas práticas recomendadas.

Assim, considerando que esta pesquisa tem por objetivo propor aplicações voltadas à realidade dos municípios brasileiros, a adoção do OMT-G garante tanto a conformidade com os referenciais normativos nacionais quanto a fundamentação metodológica necessária. Dessa forma, fundamenta-se a escolha do OMT-G como instrumento capaz de representar objetos espaciais com alta fidelidade semântica e estrutural, especialmente em contextos que demandam análises territoriais automatizadas e a modelagem de variáveis de localização contribuindo diretamente para o aperfeiçoamento da análise do território e para a qualificação da avaliação em massa de imóveis, garantindo maior confiabilidade aos modelos utilizados.

Na próxima seção, será apresentada uma análise mais aprofundada sobre o Modelo OMT-G, seus principais diagramas, construtores e operações, enfatizando sua relevância prática para este estudo.

2.2.2.2 Modelo OMT-G: Aplicação Orientada a Objetos para SIG

O OMT-G, inicialmente denominado Geo-OMT, tem como base a notação gráfica UML, já apresentada anteriormente, mas a amplia por meio da incorporação de primitivas geográficas e topológicas. Esse aprimoramento confere ao modelo maior capacidade de representação semântica, tornando-o mais fiel ao espaço geográfico observado (Borges; Davis; Laender, 2001). De acordo com os autores, destacam-se como pontos fortes do OMT-G a expressividade gráfica e o suporte ao mapeamento para codificação, substituindo anotações textuais comuns dos diagramas UML por representações explícitas de relacionamentos espaciais, evidenciadas por meio de símbolos gráficos.

Sua estrutura conceitual organiza-se em três elementos fundamentais: classes, relacionamentos e restrições de integridade espacial (Borges; Davis; Laender, 2001).

As classes e relacionamentos compõem as primitivas básicas do modelo, utilizadas na construção do diagrama de classes, que define os esquemas estáticos e explicita as relações espaciais e não espaciais entre os objetos. A partir desse diagrama, derivam-se as restrições de integridade espacial, assegurando a consistência geométrica e topológica dos dados.

Além disso, o OMT-G, segundo seus autores Borges, Davis e Laender (2001) e exposto em norma técnica da INDE (CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia, 2010), propõem a utilização de três tipos de diagramas que complementam sua aplicação:

I - Diagrama de classes espaciais – específicas entidades, atributos e relacionamentos, servindo de base para a derivação das restrições de integridade espacial;

II - Diagrama de transformação – descreve múltiplas representações e processos de derivação entre classes, delimitando as regras para criação de novas estruturas e restringindo a manipulação indevida de representações;

III - Diagrama de apresentação – define alternativas de visualização dos objetos no SIG, como simbologias e estilos gráficos, adaptados às necessidades dos usuários.

A integração desses três diagramas garante ao OMT-G uma abordagem robusta e flexível, capaz de contemplar desde a estruturação estática de dados espaciais até a visualização e transformação dinâmica das informações. Juntos, eles compõem um modelo conceitual que alia clareza gráfica, rigor semântico e aderência às necessidades das aplicações geográficas (CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2007).

2.2.2.3 Estrutura e Elementos do Modelo OMT-G

O modelo OMT-G estrutura-se a partir de três conceitos centrais — classes, relacionamentos e restrições de integridade espacial — que, em conjunto, viabilizam a representação de fenômenos geográficos com alto nível de detalhamento semântico.

As classes, segundo Teory *et al.* (2014), podem ser compreendidas como descritores de conjuntos de objetos, agrupando aqueles que compartilham atributos e/ou operações comuns. No modelo conceitual OMT-G, as classes podem ser georreferenciadas ou convencionais (Lisboa Filho; Lochpe, 1999; Borges; Davis Jr; Laender, 2005):

- **Classes convencionais** descrevem conjuntos de objetos com propriedades, comportamentos, relacionamentos e semânticas semelhantes, mas que não possuem representação geométrica própria. Embora não tenham atributos espaciais, podem manter vínculos semânticos ou relacionamentos com objetos georreferenciados. A notação gráfica utilizada para essas classes segue os padrões da UML, ou seja, um retângulo subdividido em três partes: o nome da classe na parte superior, os atributos no centro e os métodos na base.

- **Classes georreferenciadas**, por sua vez, descrevem objetos que possuem representação espacial explícita, associada a feições localizadas na superfície terrestre. Nesse caso, além das três subdivisões clássicas, inclui-se no canto superior esquerdo do retângulo um marcador que indica a primitiva geométrica correspondente ao objeto. Essa estrutura permite explicitar sua geometria, distinguindo-as das classes convencionais.

As classes georreferenciadas especializam-se em dois subtipos:

- **Geo-campos (*geo-fields*)**: representam fenômenos ou atributos distribuídos continuamente pelo espaço, como tipos de solo, relevo ou cobertura vegetal. Nesses casos, qualquer subdivisão do espaço modelado mantém uma variável relacionada ao fenômeno observado.

- **Geo-objetos (*geo-objects*)**: representam entidades individuais ou discretas, que podem ou não ocupar toda a extensão do espaço, como lotes, edificações, rios ou árvores. Diferentemente dos geo-campos, permitem a existência de áreas vazias, sem associação obrigatória a um objeto. Representação da categorização das classes na Figura 6.

Figura 6 – Categorização de classes.



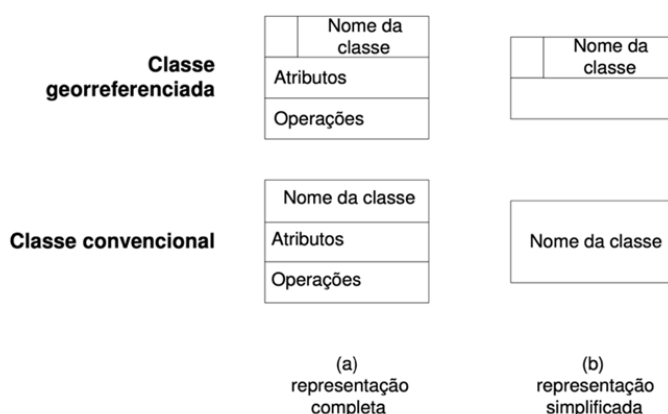
Fonte: adaptado de (Borges; Davis; Laender, 2001).

A utilização dessa diferenciação é estratégica, pois possibilita integrar dados espaciais e não espaciais em um mesmo modelo, facilitando tanto o reuso de dados quanto a interoperabilidade entre diferentes aplicações. Segundo Borges; Davis; Laender, (2001), a escolha por representar diretamente a geometria das entidades dentro das classes, em vez de descrevê-las apenas por relacionamentos, simplifica significativamente os diagramas finais, tornando-os mais expressivos e compreensíveis.

As notações gráficas utilizadas na representação dos diferentes tipos de classes no modelo OMT-G seguem, em grande parte, os padrões definidos pela UML. No caso das classes convencionais, a representação ocorre por meio de um retângulo subdividido em três seções: o nome da classe aparece em destaque na parte superior, seguido pela listagem de atributos no centro e, por fim, os métodos e operações na parte inferior (Teory *et al.*, 2014).

Já as classes georreferenciadas utilizam uma estrutura semelhante, com a inclusão de uma divisão adicional no canto superior esquerdo do retângulo, destinada à indicação da primitiva geométrica associada ao objeto modelado. Tanto para classes convencionais quanto georreferenciadas, a listagem de atributos pode estar ausente, sem prejuízo à estrutura do modelo (Borges; Davis; Laender, 2001). Na Figura 7 está representando a diferenciação citada entre as classes, segue:

Figura 7 - Notação gráfica para as classes do modelo OMT-G.



Fonte: (Borges; Davis; Laender, 2001).

No caso específico das classes georreferenciadas, as primitivas utilizadas para representar os geo-objetos podem ser divididas em duas categorias: (i) geo-objetos com geometria, representados por pontos, linhas e polígonos, que descrevem diretamente a forma espacial dos objetos; e (ii) geo-objetos com geometria e topologia, que acrescentam relações de conectividade, fundamentais em estruturas de rede. Neste segundo grupo, estão os nós, as linhas unidirecionais e as linhas bidirecionais, comumente aplicados na representação de infraestruturas de redes viárias, de esgoto ou de energia (Lago, 2006). No quadro 5 podemos observar sua representação e usos:

Quadro 5 - Notação gráfica e características de cada subclasse dos geo-objetos.

Subclasse	Descrição
☆ Nome da Classe Atributos Operações	PONTO representa objetos localizados em uma única coordenada (x,y), como postes, árvores ou hidrantes;

Subclasse		Descrição
— Nome da Classe Atributos Operações		LINHA representa entidades lineares sem conectividade obrigatória, como cercas ou muros;
□ Nome da Classe Atributos Operações		POLÍGONO representa objetos de área, podendo ser contínuos ou isolados, como lotes ou ilhas.
● Nome da Classe Atributos Operações		NÓ Representa objetos pontuais no fim de uma linha, ou os objetos pontuais no quais as linhas se cruzam (nó do grafo). Possui a propriedade de conectividade, garantindo a conexão com a linha. Ex.: cruzamentos (intersecção) na malha viária;
↔ Nome da Classe Atributos Operações		LINHA BIDIRECIONADA Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que são bidirecionais. Cada linha bidirecional deve estar conectada a dois nós ou a outra linha bi direcionada. Ex.: rede de fluxo de água (onde o fluxo se dá nos dois sentidos);
→ Nome da Classe Atributos Operações		LINHA UNIDIRECIONADA Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que possuem uma direção (arco do grafo orientado). Cada linha deve estar conectada a dois nós ou a outra linha uni-direcionada. Ex: rede de esgoto (que indica a direção do fluxo da rede).

Fonte: Adaptado Lago, (2006).

Já para a representação dos geocampos, o OMT-G, possui cinco diferentes primitivas geométricas, que permitem representar fenômenos distribuídos continuamente no espaço: isolinhas, amostragem, polígonos adjacentes, tesselação e malha triangular. A definição da primitiva geográfica a ser utilizada para representação, deve levar em consideração ao objeto modelado e análise a ser realizada como resultado do digrama. No quadro 6 podemos observar sua representação das subclasses geocampo e suas características e usos:

Quadro 6 - Notação gráfica e características de cada subclasse geo-campos.

Subclasse		Descrição
	Nome da Classe	ISOLINHAS Representa uma coleção de linhas fechadas que não se cruzam nem se tocam (aninhadas). Cada instância da subclasse contém um valor associado. Ex.: curvas de nível, curvas de temperatura e curvas de ruído. Deve-se observar que o fechamento das isolinhas sempre ocorrerá quando se considera o espaço geográfico como um todo, no entanto, na área em que se está modelando isto poderá não ocorrer.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	AMOSTRAGEM Representa uma coleção de pontos regular ou irregularmente distribuídos por todo o espaço geográfico. Ex.: estações de medição de temperatura, modelos numéricos de terreno ou pontos cotados em levantamentos altimétricos de áreas urbanas.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	SUBDIVISÃO PLANAR ou POLIGONOS ADJACENTES Representa o conjunto de subdivisões de todo o domínio espacial em regiões simples que não sobrepõem e que cobrem completamente este domínio. Ex.: pedologia, divisão de bairros, divisões administrativas e divisões temáticas.
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	TESSELAÇÃO Representa o conjunto das subdivisões de todo o domínio espacial em células regulares que não sobrepõem e que cobrem completamente este domínio. Cada célula possui um único valor para todas as posições dentro dela. Ex: imagem de satélite
Atributos		
Operações		
	Nome da Classe	REDE TRIANGULAR IRREGULAR Representa o conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial. Ex.: modelagem de terreno.
Atributos		
Operações		

Fonte: Adaptado Lago (2006).

A distinção entre geo-objetos e geo-campos permite representar tanto entidades discretas quanto fenômenos contínuos, aspecto essencial em aplicações geográficas. Como observam Borges; Davis; Laender, (2001), essa diferenciação, quando incorporada ao esquema conceitual, garante maior aderência do modelo à realidade espacial, além de proporcionar uma base sólida para análises mais sofisticadas em SIG.

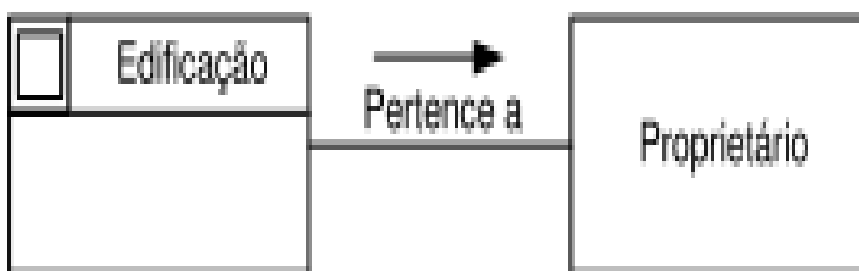
Por fim, a integração entre classes convencionais e georreferenciadas, articuladas por suas respectivas primitivas gráficas, constitui uma das maiores fortalezas do OMT-G. Essa abordagem confere clareza semântica, expressividade

visual e consistência estrutural ao modelo, características indispensáveis para projetos que demandam interoperabilidade e reutilização de dados em diferentes níveis de aplicação.

Dando continuidade a estruturação do modelo, após a definição das classes de objetos, o modelo OMT-G avança para a especificação dos relacionamentos entre essas classes, etapa essencial para a representação dos fenômenos geográficos. A modelagem de relacionamentos, tanto espaciais (geo-campo e geo-objetos) quanto não espaciais, é central para a compreensão do espaço modelado e pode ser organizada em três categorias principais: associações simples, relações topológicas de rede e relações espaciais. (Borges; Davis Junior; Laender, 2005; Borges; Davis; Laender, 2001; Lago, 2006).

As associações simples representam vínculos entre objetos de diferentes classes, que podem ser tanto georreferenciadas quanto convencionais. Essas associações podem conter atributos próprios e indicar a direção do relacionamento através de setas, sendo representadas graficamente por linhas contínuas que conectam as classes (Borges; Davis; Laender, 2001; Lago, 2006). Conforme exemplificado na Figura 8.

Figura 8 - Notação gráfica associação simples.

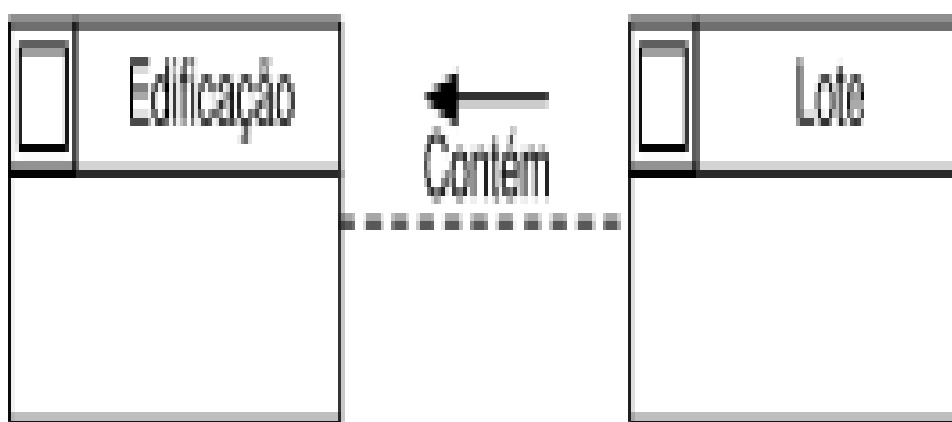


Fonte: Borges, Davis Jr. e Laender (2005).

Os relacionamentos espaciais no OMT-G são fundamentais para explicitar as interações entre objetos geográficos. Esses vínculos compreendem relações topológicas, métricas, de ordem e *fuzzy* (Borges, 2002). Parte dessas relações pode ser automaticamente inferida a partir das coordenadas espaciais durante análises espaciais, enquanto outras precisam ser declaradas pelo usuário como relacionamentos explícitos (Borges; Davis; Laender, 2001).

Graficamente, esses relacionamentos são representados por uma linha pontilhada com uma seta que indica a direção da relação, o que facilita a distinção, no diagrama, entre vínculos espaciais e relacionamentos alfanuméricos (Borges; Davis; Laender, 2001; Lago, 2006). O modelo contempla até 20 tipos diferentes de relações espaciais, como “disjunto”, “contém”, “toca”, “sobreposição”, “adjacente”, “coincide”, entre outros, conforme catalogados por Borges; Davis; Laender (2001), ilustrados na figura 9.

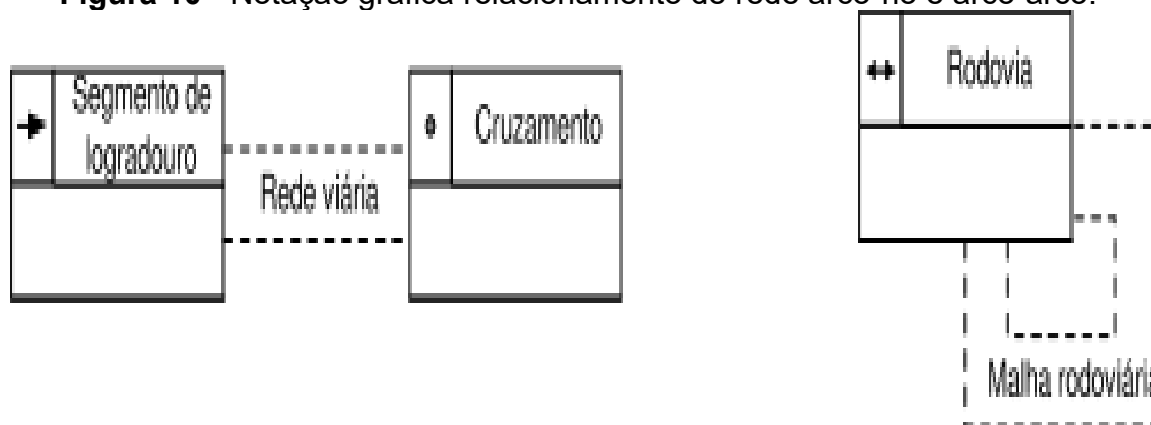
Figura 9 - Notação gráfica relacionamento espacial.



Fonte: Adaptado de (Borges; Davis; Laender, 2001).

Outro tipo específico de relacionamento contemplado pelo OMT-G é o relacionamento em rede, que expressa a conexão entre objetos de forma a permitir que essas estruturas sejam representadas e mantidas em ambientes de SIG. Tais elementos são comumente representados por nós (*points*) e arcos (*lines*), sendo graficamente simbolizados por duas linhas pontilhadas paralelas entre as classes conectadas, com indicação do tipo de conexão: unidirecional ou bidirecional (Borges; Davis; Laender, 2001). Como exemplificado na Figura 10:

Figura 10 - Notação gráfica relacionamento de rede arco-nó e arco-arco.

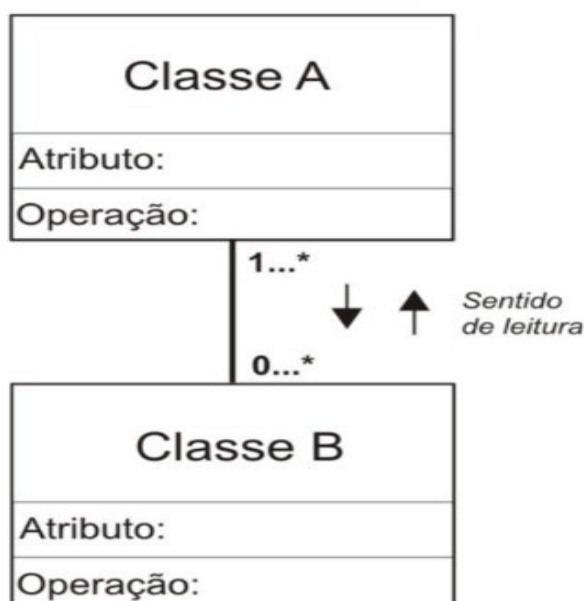


Fonte: Adaptado de (Borges; Davis; Laender, 2001).

Associada à definição dos relacionamentos, a cardinalidade, ou multiplicidade, constitui um conceito complementar e indispensável. Ela estabelece o número mínimo e máximo de instâncias de uma classe que podem se relacionar com instâncias de outra, garantindo, assim, a integridade do modelo (Hubner, 2009; Lisboa Filho *et al.* 2000). Nas representações gráficas, a cardinalidade é indicada nas extremidades das linhas que conectam as classes, utilizando números inteiros (0,1) ou o símbolo asterisco (*) para indicar múltiplas ocorrências (Hubner, 2009).

A Figura 11 ilustra esse mecanismo, em que a Classe A possui nenhum ou muitos relacionamentos com a Classe B, enquanto a Classe B mantém no mínimo um relacionamento com a Classe A.

Figura 11 – Notação gráfica de cardinalidade.



Fonte: Hübner (2009).

Existem diferentes processos de relacionamento espaciais que não foram abordados pois não serão utilizados neste estudo, entretanto apresentamos todo o arcabouço básico de construtos e estruturas para compreensão da modelagem OMT-G. Encerrando assim sua a apresentação, sendo suporte essencial para o embasamento desta pesquisa.

A literatura apresentada evidencia a relevância da avaliação em massa como instrumento estratégico para a gestão tributária municipal, ao mesmo tempo em que destaca as dificuldades enfrentadas pelos municípios brasileiros em manter suas bases cadastrais atualizadas. Nesse contexto, a identificação das variáveis de localização que influenciam o mercado, surge como elemento central para compreender a heterogeneidade espacial do mercado imobiliário, possibilitando a construção de modelos mais precisos e condizentes com a realidade urbana.

A discussão sobre modelagem conceitual e, em especial, sobre a aplicação do OMT-G, revelou-se essencial para oferecer um suporte metodológico capaz de representar, de forma estruturada e semanticamente consistente, os fenômenos geográficos e suas inter-relações. A capacidade desse modelo em articular classes, relacionamentos e cardinalidades, além de assegurar a interoperabilidade dos dados, confere-lhe legitimidade como ferramenta aplicada à análise do mercado imobiliário e à avaliação em massa de imóveis. Fundamental nesta pesquisa para a compreensão e sistematização das diferentes dimensões de variáveis que influenciam o mercado imobiliário, possibilitando suas abstrações de maneira que possam ser utilizadas nas práticas municipais.

Apesar dos avanços registrados na literatura, permanece a lacuna quanto ao desenvolvimento de mecanismos replicáveis e tecnicamente fundamentados que possam apoiar a implementação de políticas públicas baseadas na territorialidade e na justiça fiscal. É neste ponto que esta pesquisa se insere: identificar e descrever as variáveis de localização e modelar seus processos de obtenção, para subsidiar a avaliação em massa de imóveis urbanos, oferecendo subsídios para gestores municipais na qualificação de cadastros e na construção de modelos de avaliação mais transparentes e aderentes às realidades locais.

Assim, o referencial aqui apresentado não apenas fundamenta teoricamente a pesquisa, mas também direciona a etapa metodológica que se seguirá, em que se buscará traduzir os conceitos e instrumentos discutidos em estratégias aplicáveis à

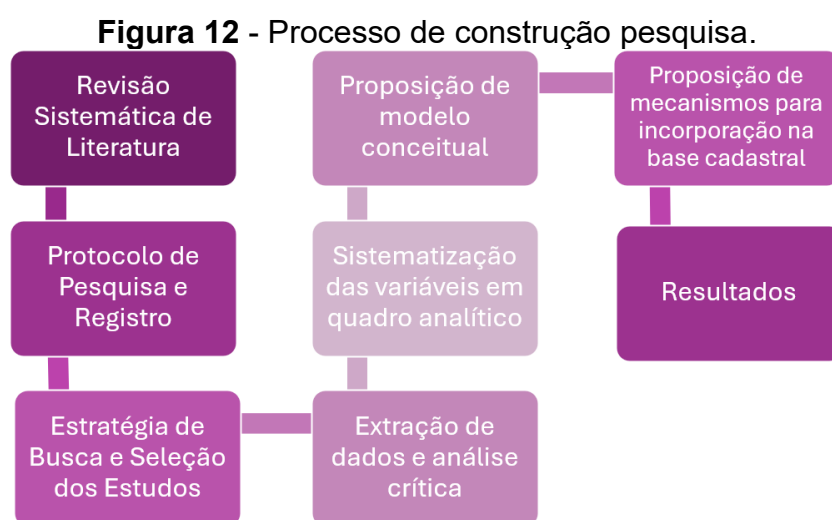
realidade dos municípios brasileiros, promovendo a modernização da gestão tributária e a eficiência das políticas públicas urbanas.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1.1 Fluxo geral da Pesquisa

Para demonstrar como os procedimentos metodológicos realizados nesta pesquisa foram conduzidos, segue fluxograma representado na Figura 12.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Este fluxograma apresenta os procedimentos metodológicos realizados para fundamentar e dar suporte teórico aos objetivos desta pesquisa. O recorte observacional é embasado pela revisão sistemática de literatura que permitiu identificar variáveis de localização relevantes ao estudo.

A partir da revisão de literatura realizada, as variáveis de localização foram sistematizadas e categorizadas, em função de suas semelhanças, consolidando os achados em um referencial replicável para estudos e aplicações práticas., alcançando o primeiro objetivo específico da pesquisa. Esta categorização, forneceu base para a definição de objetos e classes a serem utilizadas na etapa de modelagem conceitual orientada à automatização em ambiente SIG, respondendo o segundo objetivo específico. Por fim, os resultados integrados, da categorização e modelagem das variáveis de localização e do diagnóstico apresentado no referencial teórico, sustentam a proposição de mecanismos para a incorporação das variáveis de localização a base cadastral municipal, para aperfeiçoamento da Avaliação em

Massa, encerrando assim com o alcance do terceiro objetivo específico. Cumprindo com a entrega destes resultados o objetivo desta pesquisa.

3.1.2 Revisão Sistemática de Literatura

A avaliação em massa de imóveis constitui um campo de pesquisa em constante evolução, e têm nas variáveis de localização relevante insumo para as análises e resultados, de suas áreas de estudo. Esta etapa visa apresentar uma revisão sistemática de literatura científica com foco na identificação, classificação e análise das variáveis espaciais utilizadas em metodologias de avaliação imobiliária, para mapear variáveis de localização empregadas em estudos de avaliação em massa urbana.

3.1.2.1 Protocolo de Pesquisa e Registro

Com o objetivo de conferir rigor metodológico e científico a revisão sistemática de literatura que fundamenta esta pesquisa, foi adotado o protocolo PRISMA 2020 (Page *et al.* 2021), amplamente reconhecido por sua aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento. Complementarmente também foram incorporadas orientações metodológicas de Kitchenham; Charters, (2007), especialmente relevantes para estudos conduzidos nas áreas de engenharia e área correlatas.

O processo seguiu seis macroetapas interdependentes, conforme descritas abaixo:

I - Formulação de estratégia conceitual: definição dos eixos teóricos e empíricos que guiaram a busca;

II - Busca/seleção de estudos: consulta a bases de dados com aplicação de filtros temáticos e metodológicos;

III - Definição de critérios de elegibilidade: parâmetros para inclusão e exclusão de estudos;

IV - Extração estruturada de dados: coleta dos elementos-chave de cada estudo para fins de análise e categorização;

V - Síntese e visualização dos resultados: organização dos achados em quadros, gráficos e visualizações interpretativas;

VI - Relatório e categorização das variáveis de localização: estruturação final do corpus, com foco nas variáveis espaciais identificadas.

Para a organização da estratégia conceitual, utilizou-se a estratégia PICO (Santos; Pimenta; Nobre, 2007), que apesar de normalmente estar associada as áreas da saúde, foi adaptada para esta pesquisa. O objetivo foi decompor o problema de investigação em quatro dimensões analíticas:

- **P (População):** Modelos de avaliação imobiliária e avaliação em massa de imóveis urbanos.

- **I (Intervenção):** Utilização de variáveis de localização, espaciais ou geográficas.

- **C (Comparação):** Abordagens automatizadas em contraste com métodos tradicionais.

- **O (Outcomes):** resultados relacionados ao comportamento de mercado e à precisão na estimativa de valores

Importante destacar que, nesta fase inicial de exploração, não foram aplicados filtros temporais, linguísticos ou geográficos. Esta escolha teve como objetivo ampliar o universo de dados e capturar a maior diversidade possível de abordagens, metodologias e contextos aplicados à avaliação em massa com variáveis espaciais.

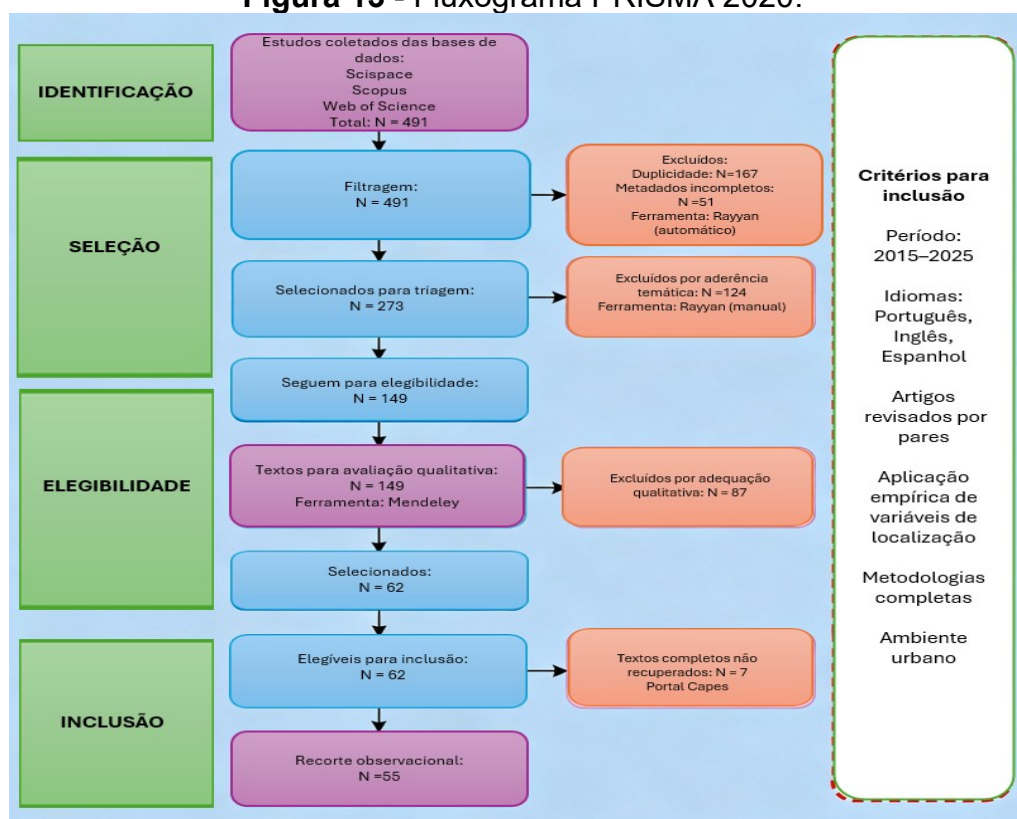
As buscas foram realizadas nas bases *Scispace*, (SciSpace, 2025), *Scopus* e *Web of Science*. Esta combinação contemplou repositórios tradicionais e ferramentas de busca semântica baseada em inteligência artificial, possibilitando assim maior agilidade no processamento dos estudos selecionados (Khamis; Gomaa; Ahmed, 2020).

Todo o processo foi documentado e registrado de forma a garantir a transparência e replicabilidade.

3.1.2.2 Estratégia de busca e Seleção dos estudos

A revisão sistemática foi conduzida com base nas diretrizes do PRISMA 2020, em quatro etapas principais: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. O fluxo detalhado da seleção dos estudos é apresentado no fluxograma PRISMA 2020, que sintetiza o número de registros em cada etapa:

Figura 13 - Fluxograma PRISMA 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

A etapa de identificação inicial resultou em 491 registros de estudos com alguma relação os conceitos aplicados. Nesta fase, foram incluídas publicações de diferentes áreas, idiomas e abordagens metodológicas para garantir uma visão abrangente do tema.

Em seguida, aplicaram-se os procedimentos de duplicação automática e triagem inicial diretamente no *software Rayyan*, uma plataforma especializada em revisão sistemática e colaboração entre pesquisadores (Ouzzani *et al.*, 2016). A de duplicação considerou os identificadores DOI e o título normalizado, o que resultou na exclusão de 167 registros duplicados. Também foi realizada uma verificação complementar dos metadados, resultando na exclusão de 51 registros por inconsistência ou ausência de informações relevantes. Após estes processos, restaram 273 estudos para análise de títulos e resumos.

A etapa da triagem temática também foi conduzida de maneira manual no Rayyan, com leitura dinâmica dos títulos e resumos, visando identificar a aderência temática e metodológica dos estudos ao escopo desta pesquisa. Como resultado, 124 artigos foram excluídos por apresentarem abordagens desalinhadas ou metodologias

incompatíveis com os objetivos propostos. Assim, 149 artigos seguiram para a etapa de avaliação de elegibilidade.

Para organização e gerenciamento da bibliografia, utilizou-se o *software Mendeley* (Elsevier, 2021), onde foi realizada a avaliação detalhada de cada estudo. Nessa etapa, foram definidos e aplicados critérios objetivos de inclusão e exclusão, conforme sintetizado no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 - Critérios seleção de corpus.

Critério	Inclusão	Exclusão
Período	2015–2025	Períodos diferentes de 2015–2025
Idiomas	Português; Inglês; Espanhol	Idiomas diferentes dos incluídos
Tipo de publicação	Artigos e periódicos revisados por pares	Publicações não revisadas por pares (anais, relatórios técnicos)
Aplicação empírica de variáveis	Estudos que apresentam aplicação empírica de variáveis de localização	Estudos puramente teóricos sem aplicação empírica de variáveis
Metodologia	Metodologias completas	Metodologias incompletas
Escopo	Aplicação em ambiente urbano	Escopo exclusivamente rural

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Após aplicação destes filtros, 87 estudos foram excluídos, totalizando 62 artigos elegíveis. Dentre estes, 7 artigos não tiveram seus textos completos recuperados via Portal de Periódicos CAPES, consolidando uma base final de 55 estudos completos analisados que compõe a base final desta pesquisa.

3.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO

3.2.1 Técnicas e Ferramentas de Análises de Dados

A etapa da análise dos dados extraídos dos 55 estudos selecionados, foi conduzida com apoio da plataforma *Perplexity Labs (versão pro)* (Perplexity AI, 2024) ambiente online de inteligência artificial, que integra Processamento de Linguagem Natural (PLN). A escolha dessa ferramenta se justifica por sua capacidade de

processar múltiplos arquivos integrais simultaneamente, aplicar análise semântica avançada com suporte de modelos de linguagem, gerar taxonomias e classificações e implementar *pipelines* de análise reproduzíveis. Todo o processo foi conduzido em ambiente controlado, garantindo transparência metodológica e replicabilidade dos resultados.

O uso da plataforma foi direcionado à identificação, extração, normalização e categorização das variáveis de localização mencionadas nos estudos. A ferramenta não substituiu a análise crítica da pesquisadora, que delineou previamente cada etapa do processo, auditou todos os resultados e reprocessou os dados sempre que os padrões esperados não foram alcançados.

Assim, foram realizados diversos testes, ajustes, treinamentos e reavaliações até o afinamento dos resultados, garantindo a confiabilidade da classificação final das variáveis. Essa abordagem integra a combinação de recursos tecnológicos e reflexão analítica, elemento central da pesquisa qualitativa aplicada.

A utilização da inteligência artificial neste contexto está em conformidade com os usos éticos e emergentes em pesquisa científica, respeitando os princípios de transparência, reprodutibilidade e responsabilidade acadêmica.

3.2.1.1 Arquivos de entrada

A análise dos dados foi baseada em duas fontes principais de informação derivadas dos 55 artigos científicos selecionados na etapa de revisão sistemática:

I - Arquivo.ris

Arquivo exportado com a extensão ris contendo os metadados bibliográficos de cada estudo como, título, autor(es), periódico ano de publicação e demais informações relevantes para identificação da base.

II - Artigos científicos integrais

Os textos dos 55 artigos, foram preparados e renomeados com a estrutura padrão SobrenomeAno.pdf, garantido o correto o pareamento com os metadados do arquivo. ris. Esta padronização foi fundamental para a automação do *pipeline* e para a rastreabilidade dos dados durante os processos de categorização.

Conforme os critérios definidos no *pipeline* de análise, as seções de título, resumo, introdução, referencial teórico, foram excluídas da etapa de contagem, identificação e extração direta das variáveis de localização. Optou-se por esta

estratégia, pois estas seções tratam de fundamentação e ambientação das pesquisas. Assim a extração automatizada e posterior etapa de categorização das variáveis foi realizada apenas nas demais seções textuais dos artigos, como metodologia resultados, conclusões e discussões, onde ocorre as aplicações empíricas das variáveis de localização nos estudos. Também foi estabelecido o critério de contagem única para cada variável encontrada mesmo que descritas mais de uma vez em diferentes seções.

Essa delimitação metodológica teve como objetivo assegurar a qualidade, unicidade e representatividade dos dados coletados, evitando distorções, e permitindo uma análise mais alinhada com o foco empírico da pesquisa.

3.2.1.2 Configuração do ambiente de análise

A análise dos dados foi realizada no ambiente *Perplexity AI Labs* (versão Pro), durante o mês de outubro de 2025. O processamento foi conduzido por meio de um *pipeline* estruturado de Processamento de Linguagem Natural (PLN), composto por dez etapas integradas e reproduzíveis conforme descrito a seguir:

I - Pós-processamento: Categorização final das variáveis com base em sua semântica e função nos estudos, incluindo validação qualitativa dos resultados

II - Análise Estatística: Cálculo de co-ocorrências, correlações e frequência de variáveis, visando identificar padrões e tendências;

III - Visualização: Geração de gráficos para análise exploratória;

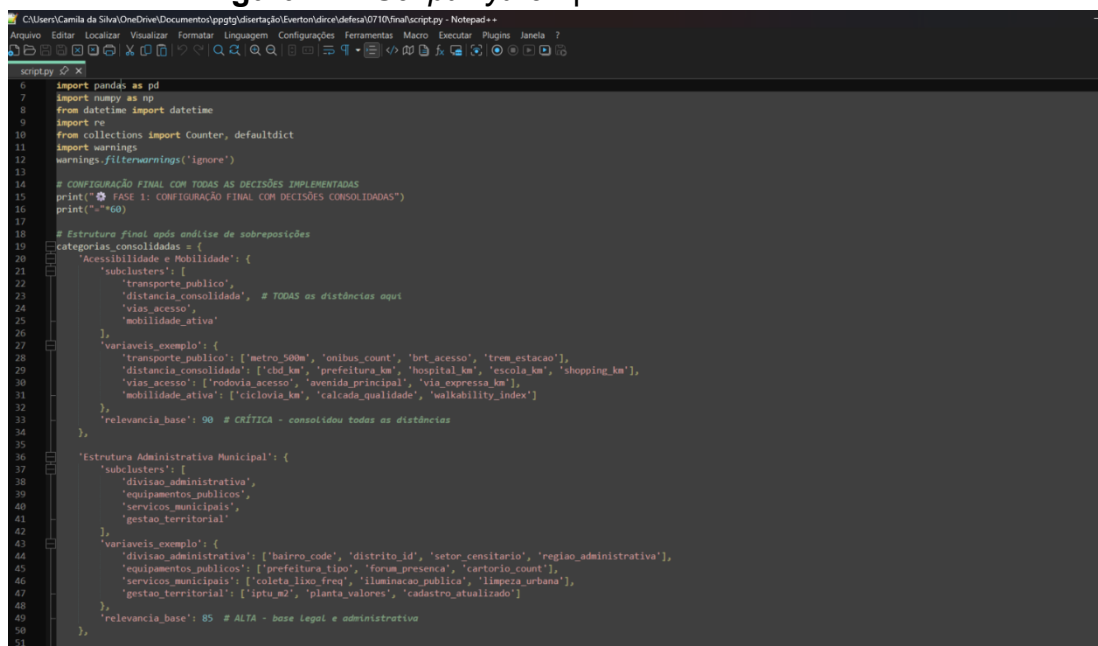
IV - Geração de Relatórios: do processamento realizado facilitando a replicação do processo.

Especificações técnicas subjacentes:

- Plataforma com modelos de linguagem de larga escala (LLMs).
- Ambiente computacional compatível com *Python 3.9+*.
- Bibliotecas equivalentes a: *spaCy* (extração de entidades nomeadas), *scikit-learn* (modelos de *machine learning*), e *matplotlib/plotly* (visualizações).
- Visualização de scripts por meio do *Notepad++*.

O ambiente de execução é do tipo “black box”, o que significa que as operações internas dos modelos são encapsuladas, ainda que suas funcionalidades correspondam a bibliotecas conhecidas.

Figura 14 - Script Python parcial Revisão Sistemática.



```

6 import pandas as pd
7 import numpy as np
8 from datetime import datetime
9 import re
10 from collections import Counter, defaultdict
11 import warnings
12 warnings.filterwarnings('ignore')
13
14 # CONFIGURAÇÃO FINAL COM TODAS AS DECISÕES IMPLEMENTADAS
15 print("FASE 1: CONFIGURAÇÃO FINAL COM DECISÕES CONSOLIDADAS")
16 print("-" * 60)
17
18 # Estrutura final após análise de sobreposições
19 categorias_consolidadas = {
20     'Acessibilidade e Mobilidade': {
21         'subclusters': [
22             'transporte_publico',
23             'distancia_consolidada', # TODAS as distâncias aqui
24             'vias_acesso',
25             'mobilidade_ativa'
26         ],
27         'variaveis_exemplo': {
28             'transporte_publico': ['metro_500m', 'onibus_count', 'btt_acesso', 'trem_estacao'],
29             'distancia_consolidada': ['distancia', 'prefeitura_km', 'hospital_km', 'escola_km', 'shopping_km'],
30             'vias_acesso': ['rodovia_acesso', 'avenida_principal', 'via_expressa_km'],
31             'mobilidade_ativa': ['ciclismo_km', 'calçada_qualidade', 'walkability_index']
32         },
33         'relevancia_base': 90 # CRÍTICA - consolidou todas as distâncias
34     },
35
36     'Estrutura Administrativa Municipal': {
37         'subclusters': [
38             'divisao_administrativa',
39             'equipamentos_publicos',
40             'servicos_municipais',
41             'gestao_territorial'
42         ],
43         'variaveis_exemplo': {
44             'divisao_administrativa': ['bairro_code', 'distrito_id', 'setor_censitario', 'regiao_administrativa'],
45             'equipamentos_publicos': ['prefeitura_tipo', 'forum_presenca', 'cartorio_count'],
46             'servicos_municipais': ['coleta lixo_freq', 'iluminacao_publica', 'limpeza_urbana'],
47             'gestao_territorial': ['iptu_m2', 'planta_valores', 'cadastro_atualizado']
48         },
49         'relevancia_base': 85 # ALTA - base legal e administrativa
50     },
51 }

```

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

3.2.2 Justificativa para a Estruturação das Categorias

A consolidação das variáveis de localização em sete categorias distintas: Acessibilidade e Mobilidade, Características Ambientais, Contexto Socioeconômico, Divisão Territorial, Infraestrutura Física Regional, Serviços e Amenidades Urbanas, e Zoneamento e Uso do Solo, resultou de um processo indutivo fundamentado tanto nos padrões empíricos observados na revisão sistemática quanto nas bases teóricas que orientam a análise de contexto da avaliação imobiliária em massa e nos princípios de representação dos objetos geográficos para utilização em ambientes informatizados.

Conforme demonstrado na literatura, a localização exerce papel central na determinação dos valores imobiliários, sendo influenciada por múltiplos fatores interdependentes, como acessibilidade, oferta de serviços, infraestrutura e atributos ambientais (Oliveira; Bandeira; Noberto, 2024b; Fik; Ling; Mulligan, 2003; Kiel; Zabel, 2008; Tchuente; Nyawa, 2022).

Essas categorias não foram apenas agrupamentos arbitrários, mas refletem dimensões reconhecidas para a estruturação do mercado imobiliário e sua segmentação, conforme destacado por Bourassa *et al.* (2003), Goodman e Thibodeau (2003). A heterogeneidade espacial e a complexidade dos fatores que afetam os valores dos imóveis exigem abordagens analíticas que permitam discriminar entre os

efeitos contextuais e específicos de cada variável. Assim, a categorização adotada proporciona uma estrutura lógica que respeita as distinções entre características físicas do território, fatores institucionais e condicionantes socioeconômicos, em conformidade com evidências encontradas em estudos sobre o tema, como nos estudos sobre o comportamento dos mercados imobiliários de Almeida; Amano; Tupy, (2022); Ünel; Yalpir (2019).

Além disso, essa estruturação se mostra compatível com os princípios da modelagem conceitual de dados geográficos, especialmente no modelo OMT-G, que exige a distinção entre entidades com comportamentos e atributos distintos para garantir a fidelidade semântica e a interoperabilidade dos dados em ambiente SIG (Borges; Davis; Laender, 2001). Ao organizar as variáveis em categorias semanticamente coesas, viabiliza-se sua compreensão de relacionamentos com as classes e atributos com propriedades similares, o que facilita tanto a automatização da extração quanto a posterior implementação em sistemas computacionais.

Portanto, a escolha das sete categorias reflete um equilíbrio entre as evidências empíricas da literatura, os requisitos técnicos da modelagem geográfica e as demandas práticas de aplicabilidade da avaliação em massa no contexto urbano brasileiro. Essa categorização estruturada será a base para os quadros e esquemas conceituais apresentados na seção de resultados, orientando a sistematização das variáveis e sua possível aplicação por prefeituras e gestores públicos no aprimoramento de suas bases cadastrais e políticas tributárias.

3.2.3 Recorte observacional e caracterização metodológica do corpus selecionado

Cabe trazer neste momento informações relevantes sobre o corpus de estudos selecionados pela revisão sistemática que servirá de base para a elaboração do quadro de classificação de variáveis de localização. Ver Quadro 8.

Quadro 8 - Síntese de trabalhos definidos no recorte observacional.

Autor(es)	País	Objetivo Do Trabalho
Ali <i>et al.</i> (2020)	Estados Unidos	Aplicar abordagem de aprendizado de máquina para delinear vizinhanças a partir de dados de avaliação geocodificados.

Autor(es)	País	Objetivo Do Trabalho
Amindarbari; Baran; Meentemeyer, (2022)	Estados Unidos	Simular espacialmente as interações entre preços de imóveis e mudanças no uso do solo através de <i>framework</i> SimP-R.
Arribas <i>et al.</i> (2016)	Espanha	Propor uso do Modelo Linear Hierárquico (HLM) para avaliação em massa de apartamentos superando limitações do modelo OLS tradicional.
Awonaike; Ghorashi; Hammaad, (2022)	Reino Unido	Desenvolver <i>framework</i> de aprendizado de máquina para estimação de preços de casas utilizando dados de vizinhança.
Aydinoglu; Sisman, (2024)	Turquia	Comparar desempenho de modelagem e avaliar diferenças de importância de características em zonas geográficas definidas.
Balu, (2024)	Índia	Estimar preços futuros de propriedades utilizando ML, Power BI e análise de séries temporais para previsão.
Batóg; Foryś; Gaca, (2017)	Polônia	Analisar autocorrelação espacial no mercado de propriedades fundiárias em <i>Szczecin e Bydgoszcz</i> .
Bazan-Krzywoszanska; Bereta, (2018)	Polônia	Utilizar indicadores urbanos para previsão de valores imobiliários através de redes neurais profundas.
Bencure <i>et al.</i> (2019)	Tailândia	Desenvolver modelo inovador de avaliação de terrenos (iLVM) para aplicação em massa em áreas suburbanas usando AHP.
Bergadano <i>et al.</i> (2021)	Itália	Desenvolver modelos automatizados de avaliação imobiliária aprendendo de fontes de dados heterogêneas para Turin
Borba; Dentinho, (2016)	Portugal	Avaliar cenários urbanos utilizando rendas de lance de modelos de interação espacial como estimadores hedônicos.
Čeh <i>et al.</i> (2018)	Eslovênia	Estimar desempenho de <i>Random Forest</i> versus regressão múltipla para predição de preços de apartamentos em Ljubljana.
Cellmer; Kobylińska, (2025)	Polônia	Predizer preços habitacionais combinando métodos de aprendizado de máquina e geoestatística para análise espacial.
Cellmer; Kobylińska; Belej, (2019)	Polônia	Aplicar modelos autoregressivos espaciais hierárquicos para desenvolver mapas de valor da terra em áreas urbanizadas.
Chai <i>et al.</i> (2021)	China	Investigar efeitos de fatores contextuais em preços de terrenos residenciais através de modelo GTWR estendido.
Chanasit <i>et al.</i> (2021)	Tailândia	Criar modelo de avaliação imobiliária utilizando seleção de características impulsionada por estratégia <i>boosting</i> .
Chen, (2024)	Estados Unidos	Integrar técnicas de aprendizado de máquina para análise imobiliária focando predição de preços e tomada de decisão.
Chica-Olmo; Cano-Guervos; Chica-Rivas, (2019)	Espanha	Estimar variações de preços habitacionais utilizando dados espaço-temporais através de regressão co-krigagem.
Del Giudice; De Paola; Forte, (2017)	Itália	Aplicar avaliações imobiliárias com abordagem <i>bayesiana</i> e método Monte Carlo híbrido em área urbana central.

Autor(es)	País	Objetivo Do Trabalho
Ding <i>et al.</i> (2024)	China	Otimizar medida de proximidade espacial em abordagem de regressão geograficamente ponderada através de redes neurais.
Doumpos <i>et al.</i> (2021)	Grécia	Desenvolver modelos automatizados de avaliação comparando abordagens globais e localmente ponderadas para estimação de valores.
Faria Filho; Gonçalves; Luiz, (2019)	Brasil	Gerar modelos estatísticos para Planta de Valores Genéricos aplicado em município de pequeno porte brasileiro.
Fontoura Júnior; Uberti; Tachibana, (2020)	Brasil	Desenvolver modelo de avaliação em massa de apartamentos utilizando regressão geograficamente ponderada para análise espacial de preços, para aplicação no IPTU e ITBI.
Fullerton; Bujanda, (2018)	Estados Unidos	Avaliar valores de propriedades comerciais em economia metropolitana fronteira utilizando regressão geograficamente ponderada.
Hu; He; Su, (2022)	China	Propor metodologia inovadora para segmentação do mercado habitacional integrando modelo hedônico, regressão GTWR e aprendizado de máquina.
Hu <i>et al.</i> , (2022)	China	Descobrir heterogeneidade espacial em preços imobiliários através de modelo linear hierárquico combinado com GWR.
Iban, (2022)	Turquia	Integrar métodos de Inteligência Artificial Explicável (XAI) com avaliação imobiliária em massa comparando quatro algoritmos baseados em árvore e técnicas de interoperabilidade.
Jafary <i>et al.</i> (2024)	Austrália	Desenvolver modelos automatizados de avaliação de terrenos comparando quatro métodos de <i>Machine learning</i> e <i>deep learning</i> .
Keskin, (2022)	Reino Unido	Aplicar abordagem multinível para análise de submercados habitacionais utilizando modelagem espacial estratificada.
Khalid; Zameer, (2023)	Paquistão	Avaliar propriedades imobiliárias urbanas empregando <i>big data</i> e análise espacial em Lahore e Faisalabad, Paquistão.
Kim <i>et al.</i> (2022)	Coreia do Sul	Comparar técnicas de aprendizado de máquina e interpolação espacial para predição de preços de casas em Seoul.
Lee <i>et al.</i> (2024)	Austrália	Aplicar abordagem de aprendizado de máquina para avaliação residencial através de modelo de rede neural convolucional.
Lisi; Ghirardo; Nardelli, (2025)	Itália	Modelar multinível considerando localização e avaliações imobiliárias aplicado ao mercado residencial italiano.
McCord <i>et al.</i> , (2022)	Reino Unido	Aplicar abordagem de filtro <i>Spatial Eigen Vector Filtering</i> (SEF) em regressão regularizada para melhorar precisão preditiva.
Melanda; Hunter; Barry, (2016)	Canadá	Identificar influência locacional em valores de propriedades utilizando métodos de mineração de dados em Calgary, Canadá.
Mete; Yomralioglu, (2023)	Turquia	Desenvolver abordagem híbrida integrando SIG e aprendizado de máquina para avaliação em massa de propriedades residenciais.

Autor(es)	País	Objetivo Do Trabalho
Morano <i>et al.</i> (2019)	Itália	Implementar modelos contextualizados de mercado imobiliário versus avaliações em massa generalizadas através de abordagem inovadora.
Oliveira; Bandeira; Távora, (2024)	Brasil	Aplicar avaliação em massa de terrenos urbanos com fatores de homogeneização através de modelos espaciais.
Orzeszko; Fałdziński; Siemińska, (2024)	Polônia	Desenvolver algoritmo de avaliação imobiliária utilizando métodos de regressão não paramétrica para mercados dinâmicos.
Osland; Thorsen; Thorsen, (2016)	Noruega	Contabilizar heterogeneidades espaciais locais em estudos de mercado habitacional através de modelo CAR gaussiano.
Ozhegov; Ozhegova, (2022)	Rússia	Analisar distância no espaço geográfico e de características para precificação imobiliária em mercado de revenda.
Piumetto <i>et al.</i> (2022)	Argentina	Analisar impacto fiscal e territorial da avaliação massiva de terrenos baseada em preços de mercado em Córdoba.
Schmitz; Antunes, (2024)	Brasil	Predizer preços de imóveis utilizando redes neurais artificiais espaciais como alternativa ao valor venal tributário.
Sharma; Bajaj; Tirumala, (2024)	Índia	Examinar e identificar determinantes críticos que impactam o valor de terrenos residenciais em Delhi, Índia.
Surgelas; Puķīte; Arhipova, (2024)	Letônia	Desenvolver abordagem multifacetada integrando algoritmos, SIG, lógica <i>fuzzy</i> e insights de engenharia civil, para predição de valores de apartamentos na Letônia e no Brasil.
Tajani <i>et al.</i> (2020)	Itália	Otimizar avaliação de propriedades através de abordagem de mercado com modelo de avaliação ponderado.
Usman; Lizam; Burhan, (2021)	Malásia	Determinar segmentação espacial a priori do mercado de propriedades comerciais utilizando modelagem hedônica de preços.
Venerandi <i>et al.</i> (2019)	França	Estudar relação entre características do ambiente urbano e valor das ruas através de abordagem de aprendizado de máquina.
Wang; Li; Yu, (2020)	China	Modelar avaliação em massa de imóveis em centros urbanos através de regressão geograficamente e temporalmente ponderada.
Wang <i>et al.</i> (2024)	China	Explorar efeitos espacialmente heterogêneos de qualidades percebidas ao nível da rua em preços imobiliários listados.
Wang <i>et al.</i> (2022)	China	Desenvolver um modelo de avaliação de preços de imóveis baseado em <i>Geographically Neural Network Weighted Regression</i> (GNNWR), integrando dependência e heterogeneidade espaciais por meio de pesos aprendidos por rede neural; estudo de caso em Shenzhen.
Yang <i>et al.</i> (2022)	China	Desenvolver modelo baseado em redes neurais convolucionais gráficas para avaliação imobiliária em megacidades.

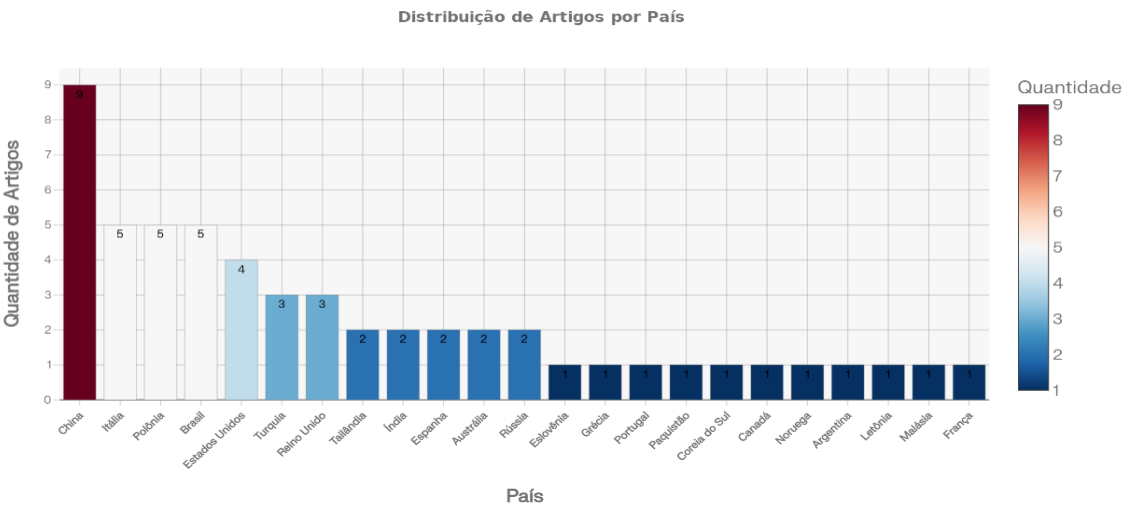
Autor(es)	País	Objetivo Do Trabalho
Yasnitsky <i>et al.</i> (2021)	Rússia	Criar modelo complexo de redes neurais para avaliação em massa e previsão de cenários adaptativo ao espaço e tempo.
Zhao <i>et al.</i> (2023)	China	Selecionar modelos econométricos espaciais para avaliação em massa de imóveis com evidências de Yinchuan, China.
Zilli; Hochheim, (2023)	Brasil	Aplicar avaliação em massa para fins tributários utilizando abordagens de regressão espacial global e local.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Esta seção trará um diagnóstico do corpus selecionado, constituído por uma amostragem representativa e contemporânea sobre os estudos de avaliação em massa de imóveis. Buscou-se reunir estudos que representassem uma diversidade de realidades geográficas e metodologias diversificadas para fundamentar a categorização e modelagem das variáveis de localização.

A diversidade geográfica dos estudos é representada por 23 países, com China com 9 publicações, Itália, Polônia e Brasil, com 5 artigos cada e Estados Unidos com 4 artigos. Esta amplitude de realidades observadas, enriqueceu a diversificação de variáveis de localização mapeadas e como elas são abordadas e possuem diferentes relacionamentos em contextos urbanos diversificados. A Figura 15 apresenta o gráfico de distribuição dos estudos por país.

Figura 15 - Distribuição de estudos por país.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Exemplos como Chai *et al.* (2021) estudam os impactos contextuais, como disponibilização de serviços e amenidades, fatores regulatórios urbanísticos e até

mesmo questões socioeconômicas, possuem impacto sobre o valor dos imóveis através do uso de Regressão Ponderada Geograficamente e Temporalmente (GTWR), já Yang *et al.* (2022) buscam diminuir subjetividade da seleção das variáveis através do uso de técnicas de Redes Neurais Convulsioneis, trazendo em seus resultados a identificação de aglomeração espacial e similaridade de preços dentro de uma mesma zona espacial, analisada em momentos diferentes. Ilustrando também uma diversidade de metodologias utilizadas em contextos asiáticos, que de alguma forma evidenciam a relevância da localização.

No Brasil, conforme Faria Filho, Gonçalves e Luiz (2019); Fontoura Júnior, Uberti e Tachibana (2020); Schmitz e Antunes (2024); Zilli e Hochheim (2023) exploram diferentes metodologias desde tradicionais, a metodologias híbridas, como GWR e OLS, e técnicas de aprendizado de máquina, *deep learning* com o intuito de melhorar a acurácia, predição e qualificação da base de cálculo tributária, e em todos os estudos evidenciam a relevância da análise do contexto local, como essencial para produção de modelos aderentes ao mercado analisado.

Na Itália, o trabalho de Lisi, Ghirardo e Nardelli (2025), que modelam variáveis de localização em estrutura multinível para o mercado residencial e reforçam o papel central da variável de localização. Na Polônia, Cellmer e Kobylńska (2025) combinam aprendizado de máquina com geoestatística para delimitação de submercados urbanos, incorporando as variáveis de localização, diretamente nos modelos por mapas temáticos, reforçando seu potencial para modelagem complexas, demonstrando o avanço metodológico de abordagens híbridas.

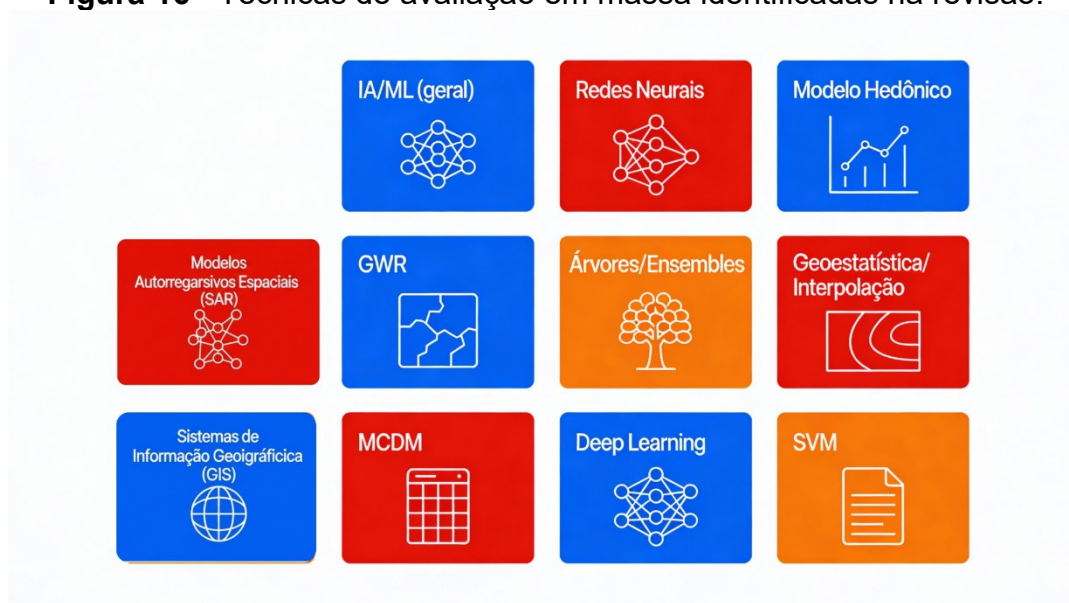
Esta heterogeneidade territorial também reforça o argumento de que as variáveis de localização possuem significativa dependência de contexto, tanto na sua definição quanto na sua operacionalização em diferentes metodologias de avaliação em massa de imóveis.

Também se observam tendências mais recentes de hibridização entre modelos tradicionais e algoritmos de aprendizado profundo. Os estudos aplicam técnicas variadas, que vão desde modelos espaciais clássicos como GWR, SAR e SEM, até abordagens mais recentes baseadas em aprendizado de máquina, como redes neurais artificiais, *Random Forest*, SVM e algoritmos híbridos.

Há casos como o de Kim *et al.* (2022), que combinam interpolação espacial e *machine learning* para prever preços em Seul e Jafary *et al.* (2024), que comparam métodos de ML e *deep learning* em modelos de avaliação de terrenos. A tendência de

combinação entre diferentes paradigmas analíticos também está presente em Hu, He e Su (2022), que integram regressão GTWR, modelagem hedônica e *machine learning* para análise de segmentação do mercado habitacional chinês. Na Índia, Sharma, Bajaj e Tirumala (2024) aplicam redes neurais para prever preços de terrenos em Delhi, destacando variáveis como acessibilidade e vizinhança como determinantes críticos. Na Figura 16, podemos visualizar a diversidade de técnicas identificadas em revisão sistemática.

Figura 16 - Técnicas de avaliação em massa identificadas na revisão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Observou-se uma variedade expressiva de metodologias aplicadas, que vão desde técnicas econométricas clássicas (GWR, OLS, SAR, SEM) até abordagens recentes baseadas em aprendizado de máquina (Random Forest, Redes Neurais, SVM) e combinações híbridas com registro de menção de uso 71 técnicas, considerando que alguns artigos empregam múltiplas abordagens. Sendo identificadas 11 técnicas diferentes. Entre as técnicas, reforça-se a tendência crescente de adoção de técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquinas em processos de avaliação em massa de imóveis

Já na análise dos objetivos dos estudos, revelam-se quatro grupos temáticos: predição de preços e valorização imobiliária, segmentação de submercados, aplicação em avaliações fiscais e tributárias e construção ou seleção de variáveis de localização. Segue Quadro 9 com os agrupamentos.

Quadro 9 - Objetivos dos estudos segundo os macrogrupos temáticos.

Macrogrupo Temático	Autores	Objetivo Do Estudo
Predição de preços e avaliação imobiliária	Ali <i>et al.</i> (2020); Awonaike <i>et al.</i> (2022); Aydinoglu & Sisman (2024); Bazan-Krzywoszanska & Bereta (2018); Chen (2024); Ding <i>et al.</i> (2024); Doumpos <i>et al.</i> (2021); Kim <i>et al.</i> (2022); Lee <i>et al.</i> (2024); Schmitz & Antunes (2024); Wang <i>et al.</i> (2022); Yang <i>et al.</i> (2022); Yasnitsky <i>et al.</i> (2021); Zhao <i>et al.</i> (2023)	Desenvolver e aplicar modelos de para predição de preços e avaliação de imóveis urbanos.
Segmentação de submercados imobiliários	ARRIBAS <i>et al.</i> (2016); Hu <i>et al.</i> (2022); Keskin (2022); Usman <i>et al.</i> (2021); McCord <i>et al.</i> (2022); Hu, He & Su (2022)	Identificar segmentação do mercado imobiliários
Aplicação em avaliações fiscais e tributárias	Faria Filho <i>et al.</i> (2019); Oliveira, Bandeira & Távora (2024); Schmitz & Antunes (2024); Zilli & Hochheim (2023); Piumetto <i>et al.</i> (2022);	Desenvolver modelos de avaliação em massa aplicáveis à gestão tributária e à estimativa de valor venal, subsidiando a tributação imobiliária.
Construção ou seleção de variáveis de localização	Chai <i>et al.</i> (2021); Fullerton & Bujanda (2018); Khalid & Zameer (2023); Melanda, Hunter & Barry (2016); Morano <i>et al.</i> (2019); Venerandi <i>et al.</i> (2019); Surgelas, Puķīte & Arhipova (2024); Tajani <i>et al.</i> (2020)	Definir e testar variáveis de localização (distâncias, infraestrutura, ambiente urbano, amenidades) relevantes para a explicação de valores imobiliários ou segmentação espacial.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

No quadro acima, identificamos que os dois primeiros grupos temáticos, buscam a melhoria na acurácia das metodologias e predições, em avaliação em massa. O terceiro grupo busca aplicação prática da avaliação em massa de imóveis para fins de tributação imobiliária. Enquanto o quarto grupo apesar de apresentar um número de estudos limitado, tem como principal objetivo definir e identificar variáveis relevantes para a explicação dos mercados imobiliários. Surgindo como uma base metodológica transversal aos demais grupos integrando dimensões, metodológicas, espaciais e econômicas

A recorrência de termos como localização, preço, acessibilidade, mercado, modelo, submercado e segmentação indica o papel central das variáveis de localização na explicação do valor dos imóveis e no comportamento dos mercados imobiliários. Tal constatação fortalece a motivação deste trabalho, ao propor uma modelagem conceitual dessas variáveis, com base em princípios de clareza semântica, interoperabilidade e adaptabilidade territorial.

Conforme argumentam Borges, Davis Jr. e Laender (2001), a modelagem conceitual é fundamental para abstrair o mundo real e representá-lo em estruturas reutilizáveis e semanticamente robustas, sobretudo em contextos de bancos de dados geográficos.

No entanto, a análise também revela uma significativa falta de padronização terminológica e estrutural. Expressões como “fatores contextuais” (Chai *et al.*, 2021), “zonas geográficas” (Aydinoglu; Sisman, 2024), “submercados” (Keskin, 2022) e “influência locacional” (Melanda; Hunter; Barry, 2016) são utilizadas com significados muitas vezes sobrepostos, mas sem convergência formal.

Essa fragmentação apresentada pelos estudos é uma pertinente lacuna representando uma oportunidade de contribuição teórica concreta: a estruturação de modelo conceitual de variáveis de localização, sua descrição e categorização, aplicável tanto a ambientes de pesquisa quanto a sistemas institucionais de avaliação, como os cadastros municipais brasileiros.

Há também avanços notáveis em estudos que exploram essas variáveis de modo detalhado, Wang *et al.* (2022) propõem um modelo de regressão neural geograficamente ponderada (GNNWR), no qual pesos de localização são aprendidos pela rede neural, integrando de forma explícita a heterogeneidade espacial. Keskin (2022), no Reino Unido, propõe modelagem multinível com estratificação geográfica, reforçando a ideia de que a modelagem conceitual precisa capturar diferentes escalas e interações espaciais.

Esse panorama corrobora a necessidade de modelos conceituais de variáveis de localização que atendam a padrões de interoperabilidade e adaptação local. Nesse sentido, a presente dissertação propõe-se a desenvolver um modelo conceitual ancorado nos princípios da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008), voltado à clareza semântica, adaptabilidade territorial e reuso em ambientes computacionais diversos.

A literatura técnica e institucional também respalda esse direcionamento. Hübner *et al.* (2013) e Lisboa Filho *et al.* (2000) destacam a importância dos dicionários de dados e esquemas conceituais para assegurar a integração entre sistemas e a replicabilidade de modelos analíticos em ambientes distribuídos.

Conclui-se, portanto, que o recorte observacional aqui analisado fornece uma base empírica sólida e epistemologicamente relevante para justificar o desenvolvimento de um modelo conceitual de variáveis de localização para avaliação

em massa. A diversidade metodológica e geográfica dos estudos reforça a validade externa da proposta, enquanto a ausência de padronização e definição formal das variáveis e confirma a pertinência da contribuição teórica que esta pesquisa busca oferecer.

3.2.4 Modelagem conceitual das categorias de variáveis de localização

Com base no referencial teórico desenvolvido sobre modelagem de dados geográficos e no modelo OMT-G, foi possível modelar conceitualmente a automatização para aquisição das variáveis de localização considerando a estruturação necessária, de representação dos elementos do mundo real, ou seja, as classes e seus relacionamentos para o processamento em Bancos de Dados Geográficos (BDG).

O objetivo da modelagem foi representar, a aquisição das variáveis de localização, pelos processos de relacionamentos espaciais e topológicos dos objetos geográficos e servir de suporte ao processo de avaliação em massa de imóveis. Conforme Borges, Davis Jr. e Laender (2001), o OMT-G fornece ferramentas gráficas e semânticas que permitem representar objetos do mundo real, caracterizar seu comportamento e seus relacionamentos, possibilitando a criação de modelos conceituais independentes de plataforma e adaptáveis a sistemas computacionais.

A partir da análise sistemática da literatura, cuja metodologia está detalhada na seção anterior resultou em uma classificação sistemática das variáveis segundo sete categorias: acessibilidade e mobilidade, características ambientais, contexto socioeconômico, divisão territorial, infraestrutura física regional, serviços e amenidades urbanas, e zoneamento e uso do solo. Tal categorização também teve como objetivo agrupar conjuntos de objetos que compartilham atributos e/ou operações comuns, facilitando a modelagem conceitual (Teory *et al.*, 2014) e o processo de aquisição automatizada em ambiente SIG.

Foram estruturados 07 diagramas OMT-G, representando a obtenção de 10 variáveis de localização, com pelo menos uma variável de cada categoria distinta, que possuem um comportamento semelhantes com outras variáveis, a fim de demonstrar seus comportamentos, relacionamentos e processos de automatização, podendo serem replicáveis para aquisição de demais variáveis.

Dentro de cada uma das categorias, observou-se que a obtenção das variáveis pode estar associada a diferentes classes de objetos geográficos, que variam conforme o contexto institucional, a forma de aquisição dos dados e os cadastros temáticos envolvidos. Cada instituição pode organizar essas informações de maneira própria, seja por áreas temáticas distintas, seja por camadas geoespaciais com estruturas particulares. Por isso, para fins de modelagem e exemplificação, foi definida uma classe de objeto representativa em cada categoria, que é explicativa para aquisição da variável de localização por seu relacionamento com o imóvel, definida com base em sua relevância, presença recorrente na literatura e potencial de automação em ambiente SIG. Essa abordagem não limita a flexibilidade dos modelos, mas garante a consistência e aplicabilidade prática da modelagem.

A seleção das classes respeitou os princípios de abstração recomendados por Lago (2006), que destaca a necessidade de capturar apenas os elementos essenciais do ambiente observado, e de Lisboa Filho *et al.* (2000), que enfatizam a importância da definição clara de entidades, atributos e domínios. Dessa forma, cada classe foi descrita quanto ao seu papel na avaliação, tipo de dado, forma de mensuração e possibilidade de automatização.

Cada classe agrupa objetos com comportamentos semelhantes, atendendo ao princípio da generalização e à estrutura formal do modelo OMT-G. Seguindo os princípios definidos por Cougo (1997) e Lago (2006), a modelagem conceitual realizada nesta etapa abstrai a realidade observada em estruturas formais que não dependem de tecnologias específicas, mantendo independência de hardware e software e permitindo a interoperabilidade dos dados.

As variáveis de localização foram inicialmente sistematizadas no Quadro 10, que orientou a definição das classes e relacionamentos e atributos necessários para aquisição das variáveis. Para cada categoria, identificaram-se objetos geográficos que representem a relação espacial, para tanto foram definidas classes com diferentes primitivas geográficas para que fosse possível representar e possibilitar adaptações para aquisição de outras variáveis. Esse processo seguiu as recomendações metodológicas de Hubner (2009) e Borges, Davis Jr. e Laender (2001), que indicam a definição prévia dos requisitos e definições de atributos como etapa imprescindível à construção de bancos de dados espaciais.

Adicionalmente, os atributos das classes foram definidos com base em critérios como relevância para a avaliação em massa, possibilidade de mensuração em bases

públicas e sua relevância para potencial automatização. Cada atributo foi descrito com base na literatura e adaptado ao escopo da modelagem.

Os dicionários de dados foram produzidos com o apoio do *Microsoft Word* e incluíram os seguintes elementos: atributo, tipo de dado, tamanho, descrição, domínio, exemplo, seguindo as recomendações de Hübner *et al.* (2013) e Lago (2006).

A produção dos diagramas de classes foi realizada com apoio do *Microsoft Visio* e do *stencil* OMT-G, assegurando conformidade com os padrões definidos pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), conforme CONCAR (2010).

Os diagramas expressam as relações espaciais, para obtenção da variável, registradas por vínculo semânticos entre as classes, permitindo a estruturação para aquisição da variável em ambiente SIG. No que tange ao diagrama de transformação, cujo objetivo é permitir o desenho de processos para aquisição da variável de localização, foram realizadas em classes que possuíam atributos e relacionamentos espaciais que derivam variáveis de localização, quanto apresentado aquisições das variáveis através das operações espaciais entre as classes. Linhas contínuas indicam relacionamentos espaciais, enquanto linhas tracejadas evidenciam a transferência de atributos derivados, reforçando a rastreabilidade dos dados.

Optou-se por utilizar como classe base de relacionamento para aquisição das variáveis, a amostragem de imóveis que fará parte da avaliação em massa, e seu relacionamento com as demais classes que resultaram nas variáveis de localização. Na seção de resultados com toda a aplicação da metodologia aqui exposta serão realizadas maiores complementações teóricas considerando os diagramas construídos.

Essa estrutura conceitual, garante a consistência, reprodutibilidade e aplicabilidade da modelagem, constituindo base sólida para as próximas etapas da pesquisa: a apresentação dos resultados, a proposição de uso prático por prefeituras e a consolidação de diretrizes para automatização de variáveis de localização em avaliação em massa.

3.2.5 Metodologia para elaboração das proposições aplicadas à gestão municipal

A formulação das proposições direcionadas à gestão municipal foi conduzida com base em uma abordagem qualitativa, analítico-interpretativa, alinhada ao escopo

prático do estudo, e subsidiada no referencial teórico consolidado sobre avaliação em massa, aplicação em tributação imobiliária e mercado imobiliário. Essa etapa representa a transposição dos achados da pesquisa para recomendações operacionais voltadas à realidade das administrações municipais, com o objetivo de qualificar a base de cálculo dos tributos e fortalecendo os instrumentos para qualificação cadastral e justiça fiscal.

A construção das proposições fundamentou-se em três pilares interdependentes. O primeiro corresponde à revisão sistemática da literatura, que permitiu a identificação, sistematização e categorização das variáveis de localização mais recorrentes em estudos nacionais e internacionais sobre avaliação em massa, com a finalidade de subsidiar sua integração e interpretação em cadastros territoriais multifinalitários.

O segundo pilar consistiu na modelagem conceitual das variáveis de localização, realizada com base no modelo OMT-G, que fornece arcabouço formal e metodológico para a representação de objetos geográficos e convencionais (Borges; Davis; Laender, 2001). Essa modelagem permitiu a estruturação de esquemas conceituais que respeitam os princípios de abstração (Lago, 2006), generalização e independência de plataforma, viabilizando sua aplicação em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Bancos de Dados Geográficos (BDG), conforme orientações técnicas previstas por CONCAR (2010) e Hubner (2009).

O terceiro eixo de fundamentação corresponde ao referencial teórico sobre avaliação em massa e gestão tributária, que evidenciou a importância da atualização permanente da base de cálculo, do fortalecimento do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e da institucionalização de mecanismos de monitoramento de mercado, como os Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI). A literatura destaca a avaliação em massa como instrumento de equidade fiscal e de justiça social (Silva, 2006; Carranza *et al.*, 2019; De Cesare; Silva; Silva, 2023), ressaltando a urgência de sua incorporação qualificada às rotinas de arrecadação e planejamento urbano.

A partir da triangulação desses três eixos, foi adotado um raciocínio dedutivo e orientado por critérios de aplicabilidade, permitindo que as proposições fossem organizadas segundo quatro blocos analíticos:

I - Contribuição para qualificação da base de cálculo dos tributos imobiliários, compreendendo o papel estratégico da avaliação em massa na elaboração da Planta de Valores Genéricos (PVG) e na aproximação entre valor venal e valor de mercado,

conforme preconizado pelo CTN (Brasil, 1966) e reforçado na literatura técnica (Silva, 2020; Oliveira; Bandeira; Noberto, 2024);

II - Aderência à realidade institucional e operacional dos municípios brasileiros, reconhecendo a heterogeneidade entre as gestões locais, as limitações cadastrais e os entraves burocráticos, políticos e técnicos que impactam a implementação de metodologias avaliativas (Humberto; Carvalho Junior, 2019; TCE-PR, 2022);

III - Viabilidade de implementação frente aos recursos humanos e tecnológicos disponíveis, priorizando diretrizes que possam ser incorporadas de forma escalonada, compatíveis com os diferentes estágios de desenvolvimento institucional, conforme evidenciado nas experiências de Brusque (SC), Belo Horizonte (MG) e Fortaleza (CE) (Silva *et al.*, 2022; Eguino *et al.*, 2020);

IV - Compatibilidade com os instrumentos de gestão territorial existentes, como o CTM e os OMI, cuja integração com sistemas SIG e com práticas atualizadas de avaliação permite ampliar o potencial analítico dos dados e sua aplicação na arrecadação e no ordenamento urbano (Brasil, 2022; Amorim; Pelegrina; Julião, 2018).

As diretrizes resultantes, são recomendações que foram concebidas para apoiar tecnicamente a administração pública na superação das fragilidades apontadas na literatura, com foco na qualificação da arrecadação, no aprimoramento em busca da justiça fiscal e na consolidação de uma cultura técnica envolvendo a observação e compreensão do território, visando produzir subsídios para aprimoramento da avaliação em massa de imóveis. Na seção de resultados apresentam-se essas proposições organizadas segundo os eixos temáticos descritos, compondo um conjunto de recomendações orientadas pela realidade institucional brasileira, mas ancoradas em fundamentos teóricos e normativos consolidados.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 SISTEMATIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTRUÇÃO DO QUADRO ANALÍTICO

Em consonância com o primeiro objetivo específico desta pesquisa que é: *Sistematizar, com base na literatura especializada as variáveis de localização relevantes a avaliação em massa de imóveis urbanos, consolidando os achados em um referencial replicável para estudos e aplicações práticas*, esta seção apresenta os resultados obtidos pela abordagem adotada que combinou extração automatizada por meio de processamento semântico com verificação e refinamento manual, assegurando a consistência técnica e a aderência semântica das variáveis identificadas.

Com base nas ocorrências e similaridades observadas nos estudos analisados, e definição analítica da pesquisadora, as variáveis levantadas pela revisão de bibliografia, foram sistematizadas e organizadas em sete categorias temáticas, pré-definidas: Acessibilidade e Mobilidade, Características Ambientais, Contexto Socioeconômico, Divisão Territorial, Infraestrutura Física Regional, Serviços e Amenidades Urbanas, e Zoneamento e Uso do Solo.

De acordo com o que já foi explicitado na seção de metodologia, esta organização foi estruturada com a finalidade de sistematizar as múltiplas dimensões de fatores, relacionados a variáveis de localização, que compõe o mercado e são explicativas para formação dos valores. Na Figura 17, podemos observar uma representação das categorias de variáveis de localização que influenciam os valores dos imóveis.

Figura 17 - Categorias variáveis de localização.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

A fundamentação para consolidação destas categorias, também está alinhada as evidências apresentadas na seção de referencial teórico, refletindo as dimensões extrínsecas aos imóveis, que podem compor a estruturação do mercado imobiliário urbano, além de refletir as exigências técnicas da modelagem conceitual, para abstração dos objetos geográficos, e adequação para apresentação em ambiente SIG, como estabelecido por Borges, Davis e Laender (2001).

A extração de informações sobre variáveis de localização, evidenciam a necessidade do conhecimento do posicionamento do imóvel, com o uso do par de coordenadas do imóvel analisado, aos sistemas de representação geográfica utilizado no estudo, bem como entendimento das classes de objetos, necessários para sua aquisição, tornando-os elementos essenciais para aquisição e análise das variáveis de localização, em todas as categorias.

Foram identificadas e normalizadas 90 (noventa) variáveis, extraídas via análise semântica trilingue (português, inglês e espanhol), agrupadas conforme similaridade de conteúdo e aplicabilidade. O processo automatizado de detecção foi aprimorado por ajustes de refinamento manual, garantindo coerência terminológica e aderência à proposta metodológica do estudo. Dentre estes, 7 (sete) vocábulos identificados no dicionário de variáveis, tratam do geoposicionamento dos imóveis.

Ressalta-se que, todas as categorias dizem respeito a aspectos espaciais ou contextuais diretamente vinculados ao posicionamento do imóvel no território urbano e são predominantemente associadas a classes com componente georreferenciado, evidenciando a relevância da espacialização das informações do território, que

envolve com o relacionamento de múltiplas fontes de cadastros temáticos, para a integração com dados de localização em aplicação nos bancos de dados geográficos (BDG) utilizados na avaliação em massa. A representação também está alinhada para finalidade de modelagem conceitual, em conformidade com o Modelo OMT-G, e seus relacionamentos estão apresentados no item 5.2, desta pesquisa.

Tais classes, assim como seus relacionamentos com os imóveis, que dão origem as variáveis de localização são, portanto, essenciais não apenas para modelagem estatística, mas também para o aprimoramento dos cadastros territoriais utilizados na gestão urbana e tributária, reforçando as recomendações da Portaria 3242/2022, quanto à instituição e qualificação das bases de dados municipais, através do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Como produto do processo de revisão sistemática da literatura, apresenta-se a seguir, no Quadro 10, a consolidação das Categorias de Variáveis de Localização, contendo suas descrições funcionais de relacionamento com o imóvel na avaliação, as variáveis de localização encontradas com denominações padronizadas indicações exemplos de estudos identificados na revisão de aplicabilidade de uma ou mais variáveis e qual sua funcionalidade nos processos de avaliação em massa. Também está incluído nesta tabela, as variáveis identificas sobre o geoposicionamento dos imóveis.

Este quadro representa o cumprimento do **primeiro objetivo específico da pesquisa**, e serve para a fundamentação do objetivo geral do estudo visando identificar, descrever, sistematizar e modelar processos de obtenção de variáveis de localização para subsidiar a avaliação em massa de imóveis urbanos.

Quadro 10 - Variáveis de localização agrupadas por categoria.

Categoria Variável	Relacionamento Com o imóvel	Variáveis	Exemplos literatura	Utilização na avaliação
Coordenadas Geográficas (Transversal)	Posicionamento geográfico, localização absoluta	Coordenadas UTM; Georreferenciamento; Posicionamento GPS; Latitude; Longitude; Sistema coordenadas; Projeção cartográfica	Coordenadas UTM foram utilizadas como referência em Wang <i>et al.</i> (2020).; ALI2020, 2020; Georreferenciamento foi aplicado em Tajani <i>et al.</i> (2020) para mapear propriedades	Variáveis contínuas que representam diretamente a posição do imóvel no espaço (eixo X e Y – latitude e longitude). Substituem endereços ou subdivisões administrativas, permitem capturar padrões espaciais complexos de valorização.

Categoria Variável	Relacionamento Com o imóvel	Variáveis	Exemplos literatura	Utilização na avaliação
Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade, mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e relações de deslocamento.	Acessibilidade via modal; Conectividade rede; Densidade viária; Distância aeroporto; Distância ao centro; Distância autoestradas; Distância estação metrô; Distância vias principais; Índice acessibilidade; Índice de caminhabilidade; Proximidade estações transporte; Proximidade paradas ônibus; Proximidade terminais; Rede cicloviária; Tempo deslocamento CBD;	A variável 'Acessibilidade via modal' aparece em Bazan-Krzywosza nska e Bereta (2018).; 'Conectividade rede' é discutida por Melanda <i>et al.</i> (2016).; A variável 'Densidade viária' é explorada em McCord <i>et al.</i> (2022).	Variáveis que aparecem para medir a acessibilidade macro do imóvel, geralmente pela distância, disponibilidade ou tempo de deslocamento, as variáveis desta categoria aparecem para capturar efeitos de centralidade e configuração urbana nos preços.
Características Ambientais	Indicadores de qualidade Ambiental do entorno (ar, ruído, vegetação, risco).	Biodiversidade , Cobertura vegetal; Exposição solar; Microclima; Níveis ruído; Pegada ecológica; Poluição visual; Qualidade ar; Qualidade água; Risco ambiental; Sustentabilidade; Ventilação	Yasnitsky <i>et al.</i> (2021) exploraram 'Biodiversidade' em análise russa.; Chen (2024) analisou 'Cobertura vegetal' em estudos de avaliação imobiliária nos EUA	Variáveis que captam atributos naturais ou ambientais ligados à localização. Inclui fatores que podem afetar vistas ou risco geotécnico, qualificação do ambiente presença de vista panorâmica (vista para o mar, rio, paisagem atraente), qualidade ambiental (nível de ruído, poluição do ar, áreas verdes no entorno), ou proximidade a desagradados (ex.: proximidade de rios sujeita a enchentes, área com suscetibilidade).

Categoria Variável	Relacionamento Com o imóvel	Variáveis	Exemplos literatura	Utilização na avaliação
Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico e demográficos do entorno.	Coesão social; Densidade demográfica; Desigualdade renda; Emprego formal; Gentrificação; Índice de pobreza; Índice desenvolvimen-to; Nível educacional; Perfil socioeconômico; Renda população; Segregação espacial; Taxa criminalidade; Valor solo	Jafary <i>et al.</i> (2024) referem-se à 'Coesão social' ao avaliar valor de imóveis.; Zilli e Hochheim (2023) analisaram 'Densidade demográfica' para avaliar oferta imobiliária	Refere-se a variáveis descritivas da população ou da situação socioeconômica na área do imóvel. São atributos indiretos da localização (caracterizam o “quem” e o “como” da vizinhança).
Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais administrativos de referência ao posicionamento do imóvel, devidamente espacializados	Área metropolitana; Bairro; Distrito; Microrregião; Região administrativa; Setor censitário; Subprefeitura; Zona postal;	Del Giudice <i>et al.</i> (2017) analisaram 'Bairro' na Itália.; Batóg <i>et al.</i> (2017) utilizaram 'Distrito' em estudo polonês.	Representação categórica da localização através de regiões ou zonas discretas. Podem ser zonas administrativas (bairros, distritos) ou clusters definidos por análise espacial. Capturam variações de valor entre diferentes áreas da cidade (efeitos fixos espaciais).
Infraestrutura Física Regional	Indicadores de disponibilidade de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Coleta resíduos; Drenagem urbana; Fibras ópticas; Fornecimento energia; Iluminação pública; Infraestrutura hídrica; Pavimentação; Rede gás; Rede saneamento; Telecomunicações	Khalid e Zameer (2023) analisaram 'Coleta resíduos' em Paquistão.; Keskin (2022) considerou 'Drenagem urbana' em estudo britânico.; Ozhegov e Ozhegova (2022) mencionaram 'Fibras ópticas' em estudos russos	Variáveis que representam a oferta e disponibilidade de serviços de infraestrutura, auxiliam para compreensão da qualificação do ambiente urbano

Categoria Variável	Relacionamento Com o imóvel	Variáveis	Exemplos literatura	Utilização na avaliação
Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos públicos, comodidades locais e serviços urbanos	Bibliotecas públicas; Centros culturais; Centros de saúde; Densidade comércio; Densidade escolas; Densidade serviços; Distância universidades; Equipamentos esportivos; Proximidade farmácias; Proximidade hospitais; Proximidade parques; Proximidade restaurantes; Proximidade shopping; Serviços bancários; Serviços públicos	Venerandi <i>et al.</i> (2019) consideraram 'Bibliotecas públicas' em estudo europeu.; Chanasit <i>et al.</i> (2021) incluíram 'Centros culturais' na avaliação urbana.; Zhao <i>et al.</i> (2023) abordaram 'Centros de saúde' na análise de variáveis locacionais.; Lisi <i>et al.</i> (2025) utilizaram 'Densidade comércio' em análises de uso do solo.; Keskin (2022) analisou a 'Densidade escolas' no contexto urbano.	Engloba a proximidade e disponibilidade de oferta de estabelecimentos e serviços tipicamente incluem escolas, creches, hospitais, postos de saúde, supermercados, shopping centers, parques, praças, equipamentos culturais, etc.
Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Coefficiente aproveitamento; Densidade permitida; Potencial construtivo; Restrições construtivas; Taxa ocupação; Uso permitido; Zona comercial; Zona mista; Zona residencial	Khalid e Zameer (2023) consideraram 'Coeficiente aproveitamento' em estudo paquistanês.; Batóg <i>et al.</i> (2017) incluíram 'Densidade permitida' em Polônia.	Variáveis que representam o arcabouço regulatório do solo permissões de uso, intensidade edificável e restrições de ocupação e aparecem para captar o potencial construtivo e os limites legais que modulam a formação dos preços.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Importante destacar que a identificação das variáveis de localização resultou de um processo de Processamento de Linguagem Natural (PNL) aplicado aos textos integrais dos estudos selecionados. Essa extração automatizada foi combinada com verificação manual e ajustes de refinamento semântico, utilizando um dicionário trilingue com 622 sinônimos, desenvolvido para ampliar a precisão na detecção e

representação das variáveis. Esse procedimento buscou contemplar a diversidade terminológica da literatura analisada, garantindo maior fidelidade à variedade de expressões utilizadas nos diferentes contextos geográficos.

Ainda que nem todas as variáveis tenham sido diretamente utilizadas na modelagem proposta pelos estudos, sua recorrência nas seções metodológicas, de resultados e discussão, evidencia sua importância para a compreensão do funcionamento dos mercados imobiliários locais e das dinâmicas de valorização. Assim, o conjunto sistematizado neste trabalho deve ser compreendido como uma base conceitual de referência, voltada à identificação de atributos com potencial poder explicativo para a avaliação em massa e sua adaptação de utilização, identificação ou consideração de novas variáveis deve ser realizada de acordo com o contexto local analisado e disponibilidade de informações.

Para fins de transparência metodológica e futura reutilização, o dicionário completo com todas as variáveis identificadas encontra-se disponibilizado no **Apêndice A**.

A seguir, serão apresentados demais achados desta pesquisa relevantes a compreensão das dinâmicas dos mercados imobiliários através das variáveis de localização, com informações sobre os padrões de coocorrências entre categorias e a distribuição temática por país, evidenciando recorrências conceituais e variações de composições em diferentes contextos urbanos. Estes dados complementares contribuem para compreender o papel das variáveis de localização na avaliação em massa de imóveis, oferecendo subsídios analíticos relevantes para futuras aplicações.

4.1.1 Estatísticas Descritivas do Processamento Semântico

A análise de variáveis de localização extraídas do corpus selecionado foi realizada por meio de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), com apoio de algoritmos de coocorrência e detecção semântica multilíngue. A Tabela 1 apresenta as principais estatísticas descritivas do processo.

Tabela 2- Estatísticas do Processamento Semântico

Dimensão	Valor
Corpus analisado	55 artigos
Período temporal	2016-2025 (10 anos)
Países representados	23 países
Idioma dominante	Inglês (87,3%)
Total de registros	660 registros
Variáveis detectadas	70 variáveis
Cobertura do dicionário	77,8%
Total de sinônimos disponíveis	622 sinônimos
Média de sinônimos/variável	6,9
Probabilidade média de detecção	0,898
Desvio padrão da detecção	0,008
Variável mais frequente	Exposição solar
Frequência máxima	26 ocorrências
Variável com maior confiança	Sustentabilidade
Confiança máxima	0,900

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nota: Estatística extraída análise *Perplexity Lab 2025*

Foram processados 55 artigos publicados entre 2016 e 2025, abrangendo 23 países com predominância da língua inglesa (87,3%). O total de registros de variáveis citadas, foi de 660, com 70 variáveis de localização diferentes detectadas, o que representa uma cobertura de 77,8% em relação ao dicionário previamente estruturado, contendo 90 variáveis.

O total de sinônimos disponíveis chegou a 622, com média de 6,9 sinônimos por variável. A acurácia média do modelo foi elevada, probabilidade média de detecção: 0,898, com baixo desvio padrão, demonstrando estabilidade nos resultados.

As variáveis com maior frequência foram da categoria Características Ambientais, sendo Exposição solar a mais detectada com 26 ocorrências. A variável com maior confiança semântica foi Sustentabilidade, com índice de 0,9. O país com mais artigos no corpus foi China, enquanto Argentina obteve o maior índice de confiança semântica média.

4.1.2 Coocorrência entre Categorias de Variáveis de Localização

Neste primeiro momento, apresentaremos a coocorrência das categorias de variáveis de localização, que foi fundamentada na análise semântica dos 55 estudos previamente selecionados, permitiu identificar relações conceituais relevantes entre os grupos temáticos definidos. As co-ocorrências foram calculadas a partir da fórmula de frequência conjunta, expressa por:

Equação 1- Confiança Semântica

$$\text{Confiança Semântica} = \frac{\text{Frequência total da categoria}}{\text{Frequência de coocorrência dos pares}}$$

A análise das coocorrências identificou 18 pares de categorias com interações semânticas, apresentando média de 7,11 coocorrências por par (DP = 6,82; mediana = 4,0). A distribuição revelou-se assimétrica, com mediana inferior à média, indicando que poucos pares concentram coocorrências elevadas. A confiança semântica média das coocorrências foi de 0,897 (variação: 0,890-0,900), demonstrando excelente consistência do processamento multilíngue, independentemente da frequência dos padrões detectados. Na tabela 1 podemos verificar o resultado das coocorrências.

Tabela 3- Ranking das coocorrências

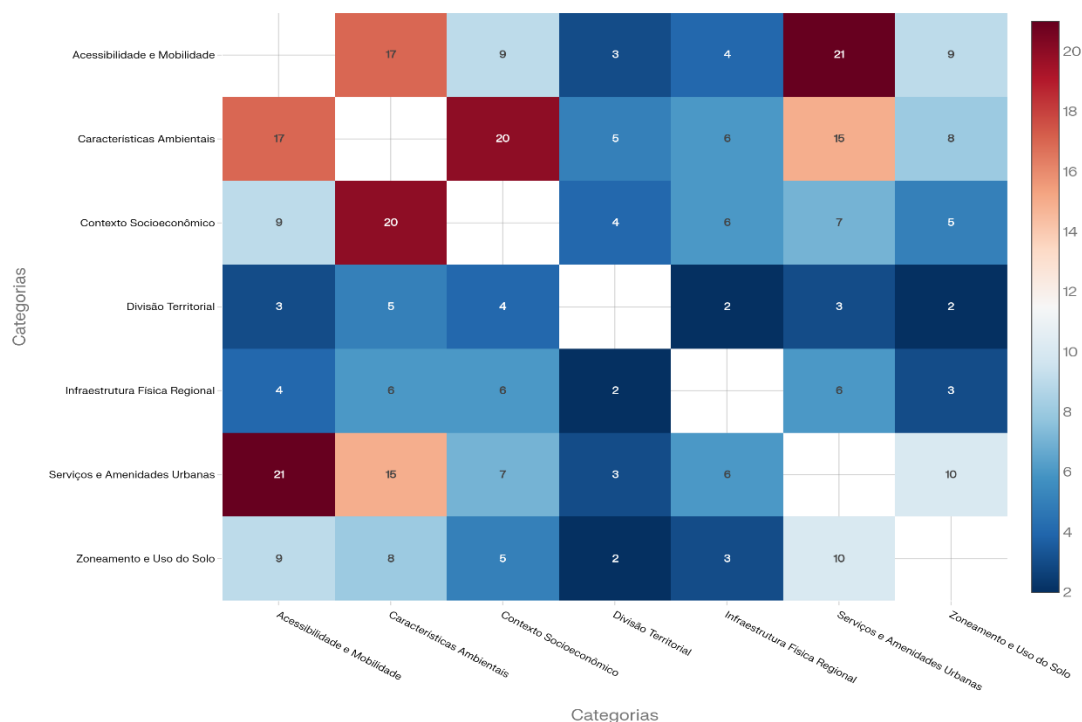
Ranking	Par de Categorias	Freq. Absoluta	Percentual (%)	Confiança
1	Acessibilidade e Mobilidade ↔ Serviços e Amenidades Urbanas	21	38,2	0,898
2	Características Ambientais ↔ Contexto Socioeconômico	20	36,4	0,900
3	Acessibilidade e Mobilidade ↔ Características Ambientais	17	30,9	0,898
4	Características Ambientais ↔ Serviços e Amenidades Urbanas	15	27,3	0,899
5	Serviços e Amenidades Urbanas ↔ Zoneamento e Uso do Solo	10	18,2	0,900
6	Características Ambientais ↔ Zoneamento e Uso do Solo	9	16,4	0,898
7	Acessibilidade e Mobilidade ↔ Contexto Socioeconômico	7	12,7	0,900
8	Acessibilidade e Mobilidade ↔ Zoneamento e Uso do Solo	7	12,7	0,898
9	Contexto Socioeconômico ↔ Serviços e Amenidades Urbanas	4	7,3	0,900
10	Características Ambientais ↔ Acessibilidade e Mobilidade	4	7,3	0,894

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Essa abordagem buscou identificar padrões que representassem não apenas a presença simultânea de categorias nos estudos, mas a intensidade e relevância dessa associação, considerando a distribuição nos diferentes contextos geográficos.

A Figura 18 apresenta a distribuição da frequência de coocorrência entre as categorias de variáveis de localização nos estudos analisados. A linha diagonal exhibe valores nulos, pois representa a relação de uma categoria consigo mesma.

Figura 18 - Heatmap de coocorrência entre categorias.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Entre os principais achados, destacou-se a forte associação entre Acessibilidade e Mobilidade e Serviços e Amenidades Urbanas, presentes conjuntamente em 21 dos 55 artigos (38,2%), com uma confiança semântica de 0,898. Essa relação reflete o reconhecimento de que a mobilidade urbana e a disponibilidade de serviços essenciais são fatores centrais na valorização imobiliária, especialmente em mercados urbanos consolidados, como demonstram estudos como os de Kiel e Zabel (2008) e Sharma, Bajaj e Tirumala (2024). A presença de transporte público eficiente, e acesso facilitado a hospitais, centros comerciais e escolas influencia diretamente a atratividade das localizações urbanas, sobretudo em cidades que enfrentam desafios de mobilidade.

Outro padrão expressivo envolveu as categorias Características Ambientais e Contexto Socioeconômico, com coocorrência em 20 artigos (36,4%) e confiança de 0,900. Esse tipo de interdependência auxilia a compreender como as questões ambientais têm ganhado cada vez mais peso como indicadores de qualidade de vida. Os autores como Hu *et al.* (2022) e Batóg, Forys e Gaca (2017) apontam que bairros com melhor qualidade ambiental frequentemente impactam positivamente nos valores venais dos imóveis, consequentemente alocando população com maior renda.

Também se observou relação significativa entre Acessibilidade e Mobilidade e Características Ambientais, em 17 artigos (30,9%), sugerindo a emergência de uma abordagem integrada da mobilidade sustentável. Estudos recentes Ding *et al.* (2024) e (Venerandi *et al.*, 2019) trabalham estes temas de forma integrada, e reforçam sua relevância para a composição dos valores de áreas urbanas, principalmente em cidades com foco em sustentabilidade.

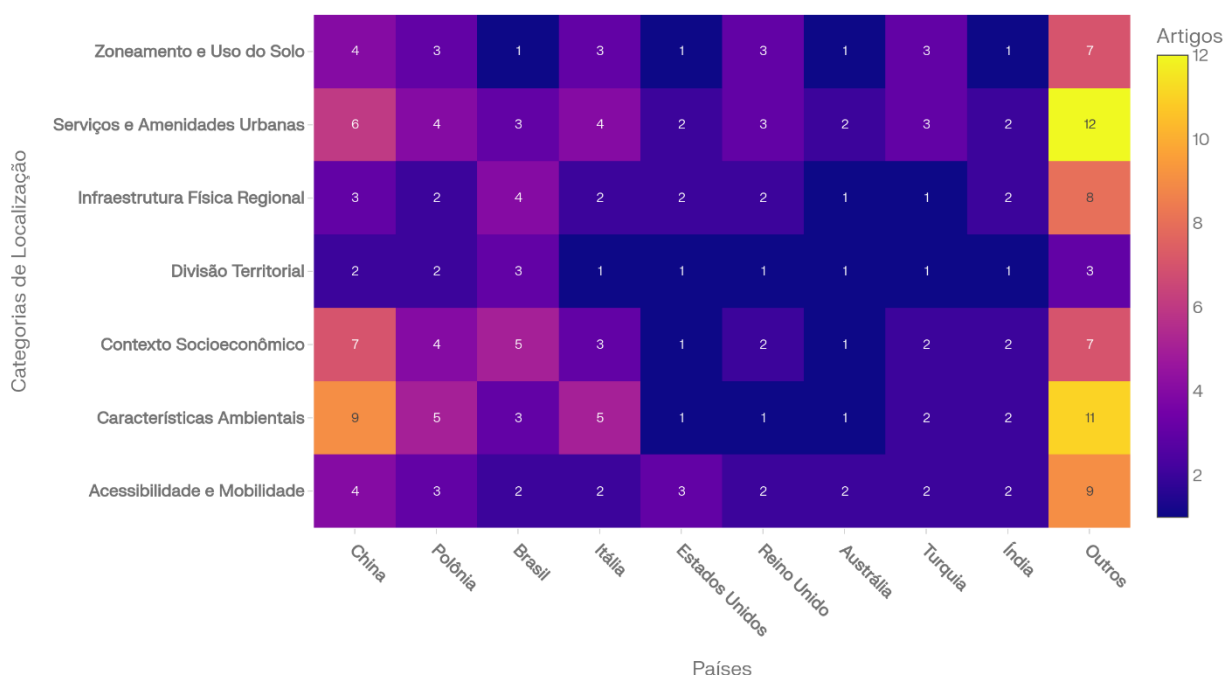
As demais coocorrências apresentaram níveis variados de frequência, destacando-se ainda as interações entre Serviços e Amenidades Urbanos e Zoneamento, e entre Zoneamento e Características Ambientais, demonstrando que o valor imobiliário decorre não apenas de atributos físicos e socioeconômicos, mas também de marcos regulatórios e planejamento urbano, conforme também discutido por Bazan-Krzywoszanska e Bereta (2018) e Bieda (2018).

A análise revela, portanto, que as variáveis de localização não atuam isoladamente no processo de valorização, mas formam conjuntos interdependentes cujas combinações reforçam ou atenuam o impacto de cada componente. Esse resultado corrobora com a literatura que ressalta a importância de compreender o território como um sistema dinâmico e complexo, em que aspectos físicos, regulatórios e sociais se interrelacionam na formação dos valores de mercado (De Cesare; Silva; Silva, 2023; Raslanas *et al.*, 2010).

A seguir iremos apresentar a análise de concorrência entre as categorias de variáveis de localização, considerando os países de origem dos estudos, que permite identificar padrões relevantes que ajudam a compreender como diferentes contextos territoriais são influenciados por diferentes dimensões de variáveis, utilizadas na avaliação em massa de imóveis.

Esse cruzamento ajuda a evidenciar os focos temáticos mais recorrentes em cada país, permitindo observar como diferentes contextos priorizam determinadas dimensões de localização. Essas distinções são particularmente úteis para orientar adaptações metodológicas que dialoguem com as realidades territoriais e mercados diversos, especialmente no caso brasileiro.

Na Figura 19, observa-se a frequência com que cada categoria de variável de localização aparece associada aos países com maior presença na amostra de estudos. A interpretação dessa distribuição permite identificar uma certa especialização regional no uso das variáveis.

Figura 19 - Distribuição das categorias de variáveis de localização por país.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Por exemplo, os estudos oriundos da China revelam forte concentração na categoria Características Ambientais, refletindo preocupações recorrentes com a poluição e com a qualidade de vida urbana, bem como forte relação com a utilização de variáveis de localização da categoria de Contexto Socioeconômico aspectos discutidos na literatura sobre dinâmicas dos mercados habitacionais de Hu, He e Su (2022).

Já nos Estados Unidos, destaca-se a predominância das categorias relacionadas à Acessibilidade e Mobilidade, indicando uma ênfase nas condições de conectividade urbana e na dependência do transporte privado, como exemplo o estudo de Fullerton e Bujanda (2018) que trata das análises de mercado voltadas à localização estratégica e valorização por proximidade.

No caso brasileiro, a incidência mais expressiva recai sobre as categorias Contexto Socioeconômico e Infraestrutura Física Regional, refletindo preocupações estruturais relacionadas à desigualdade urbana, acesso a serviços básicos e qualidade da infraestrutura local. Tais temas são recorrentes em estudos nacionais e aparecem como desafios centrais a serem considerados buscando equidade distributiva para alcance da justiça fiscal, na implementação eficiente da avaliação em massa, conforme discutido por autores como Silva (2006), De Cesare, Silva e Silva (2023), e corroborado por experiências municipais mapeadas no referencial teórico.

A ênfase de mapeamento de variáveis socioeconômicas e de infraestrutura também se relaciona com os esforços para integrar qualificação de base cadastral por meio da implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), que subsidiará a análise da localização aos processos de atualização da Planta de Valores Genéricos (PVG), conforme previsto pela Portaria nº 3.242/2022 (Brasil, 2022).

Em países europeus, como Itália e Polônia, observa-se uma maior dispersão nas categorias analisadas, embora se identifique certa ênfase em Zoneamento e Uso do Solo e Serviços e Amenidades Urbanas, esse padrão pode estar relacionado ao grau de maturidade dos sistemas urbanísticos e à densidade regulatória que normalmente caracteriza os mercados imobiliários dessas regiões. Já em contextos como Turquia, os estudos analisados demonstram maior atenção às variáveis ambientais, alinhando-se às preocupações emergentes com sustentabilidade e urbanização acelerada.

Esses padrões sugerem que, embora as variáveis de localização apresentem certa universalidade de uso, sua aplicação prática nos estudos de avaliação em massa de imóveis, refletem fatores institucionais, culturais e territoriais. Revelam que o foco em diferentes categorias de variáveis de localização está intrinsicamente relacionado ao contexto de desenvolvimento urbano e social analisado. Em países desenvolvidos uma composição holística das variáveis de localização relevantes é revelada, enquanto em nosso cenário nacional e de América Latina, variáveis relacionadas a fatores essenciais para o ordenamento urbano, ainda possuem relevância predominante.

Reforçando assim a importância de reconhecer a heterogeneidade dos contextos observados e de adaptar os modelos de avaliação de acordo com as realidades locais, reforçando o que amplamente é reconhecido na literatura como Bourassa *et al.* (2003-2007), Goodman e Thibodeau (1998, 2003, 2007), Silva (2006) McCluskey e Borst (2011). A sistematização desses achados serve como base para orientar futuras proposições adaptadas ao cenário brasileiro, considerando suas prioridades urbanas, deficiências cadastrais e desafios tributários.

4.2 MODELAGEM CONCEITUAL E AUTOMAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO

Dando continuidade a exposição de resultados da trilha constituída para este estudo, esta seção apresenta os resultados para cumprimento do segundo Objetivo Específico desta pesquisa: *Elaborar métodos de automatização, modelagem de processos, para obtenção de variáveis de localização em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG)*.

A base conceitual apoia-se no modelo OMT-G (Object Modelling Technique for Geographic Applications), de acordo com Borges, Davis Jr. e Laender (2001), o qual oferece ferramentas para representar objetos geográficos, atributos, relações e transformações de forma independente de plataforma e com foco na interoperabilidade.

A partir das categorias de variáveis de localização previamente sistematizadas: acessibilidade e mobilidade; características ambientais; contexto socioeconômico; divisão territorial; infraestrutura física regional; serviços e amenidades urbanas; zoneamento e uso do solo, procedeu-se à abstração conceitual dessas variáveis em classes, atributos e processos de automação.

Os processos para obtenção e automatização espacial para obtenção das variáveis de localização, estão intrinsicamente relacionados as classes e bases de dados envolvidas. Tendo na compreensão das classes envolvidas no processo, o fator decisivo é compreender qual automatização será realizada, para sua obtenção.

Importante salientar que as aplicações tecnológicas de análise espacial, passam por constantes evoluções e contribuições de aprimoramento. Explicação necessária para demonstrar que o aqui será exemplificado, está mais relacionada a direcionamentos necessários para a abstração e processos de obtenção de variáveis de localização, e que devem ser adaptáveis ao SIG utilizado, alinhando os preceitos da modelagem conceitual de objetos espaciais para representação em meio computacional, assegurando que a complexidade do mundo real seja capturada em esquemas que favorecem análises e aplicações espaciais (Hübner *et al.*, 2013).

Esse esforço resultou em dois elementos principais, que serão apresentados a seguir: dicionários de dados e domínios para atribuição das variáveis e das classes envolvidas no processo, e os diagramas de classes e transformação que ilustram o fluxo automatizado para aquisição das variáveis em ambiente SIG.

A construção dos diagramas e dicionários de classes desta pesquisa seguiu os princípios de modelagem conceitual orientada a dados geográficos. Quando o fenômeno a ser representado envolve múltiplas formas de obtenção de uma mesma

informação espacial, não basta listar camadas, é preciso explicitar como elas se relacionam, de onde vem o atributo e em que momento ele passa a existir no banco de dados. No caso desta dissertação, o desafio não era mapear um único fenômeno físico, mas demonstrar o caminho de aquisição das variáveis de localização que alimentam a avaliação em massa de imóveis urbanos, em especial aquelas que não estão originalmente no cadastro, mas que podem ser derivadas por operações espaciais sistemáticas.

Por isso, adotou-se a estratégia de trabalhar com representações primárias e atributos derivados, secundários, tal como defendem Borges, Davis e Laender (2001). As representações primárias são aquelas que correspondem diretamente às entidades presentes no Cadastro Territorial Multifinalitário e nos cadastros temáticos do município: bairros, zonas de uso, áreas verdes, rede de água, equipamentos urbanos estratégicos e a classe de setor censitário, produzida por fonte externa, mas que pode integrar o CTM.

Essas classes são geográficas ou convencionais, bem definidas, com domínio conhecido e que, por princípio, são as únicas que podem ser editadas pelo usuário (Borges; Davis; Laender, 2001). A partir delas, por meio de operações de transformação: junção espacial por inclusão, distância ao elemento mais próximo, verificação em faixa de distância, contagem em raio e amostragem de campo, são geradas as representações secundárias, os, que neste trabalho correspondem exatamente, os atributos derivados que representam às variáveis de localização e que passam a ser armazenadas na unidade amostral.

O ponto de convergência de todo o modelo é a classe AMOSTRA_LOTE, modelada como primitiva de amostragem, *sampling*, e representada no Quadro 11, de dicionário de dados. Esta classe concentra os atributos originais do ponto de amostragem como, área, valor do imóvel, vm^2 , data e coordenadas, bem como os atributos derivados das operações espaciais. Para representação no dicionário será representada como ponto, para que possa ser feitos os relacionamentos espaciais, porém nos diagramas, sua primitiva será a de amostragem. Distinção necessária para indicar que não é apenas o ponto de representação do lote, mas a unidade de observação da avaliação em massa, contendo dados de natureza cadastral, locacional, normativa e socioeconômica, e nos diagramas para representar que os cálculos e análises são realizadas sobre toda a classe amostral.

Quadro 11 – Dicionário de Dados da Classe AMOSTRA_LOTE.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
AMOSTRA_LOTE	Classe geográfica correspondente à Unidade amostral utilizada na avaliação em massa de imóveis. Centraliza os atributos cadastrais e recebe todos os atributos de localização derivados dos processos de transformação espaciais modelados em OMT-G.			Amostragem		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_AMOSTRA	Integer	6	NO	Identificador único da unidade amostral (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático Sequencial pelo sistema	000007
AREA	Float	12/2	NO	Área do lote (m²)	Automático	1.000,00
VALOR_TOTAL	Float	14/2	NO	Valor total imóvel (R\$)	Automático	17.000,00
VM2	Float	12/2	NO	Valor unitário monetário por m² derivado (R\$/m²)	Automático-calculado pelo sistema a partir de VALOR_TOTAL e AREA	1.700,00
COORD_E	Float	9/2	NO	Coordenada leste da amostra em projeção plana	A ser preenchido	679.979,00
COORD_N	Float	10/2	NO	Coordenada norte da amostra em projeção plana	A ser preenchido	6.871.398,00
DATA	Date	10	NO	Data da coleta amostra	A ser preenchido	24/11/2025
DIST_PARADA_MAISEPROX	Float	10/2	NO	Distância(m) à parada de ônibus mais próxima.	Automático – mais próximo sobre PARADA_ONIBUS	180,00

Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
AREA_VERDE	Boolean	-	NO	Indica se o ponto da amostra está contido em polígono de área verde.	{Sim, Não} – resultado da transformação inclusão espacial (dentro de) sobre AREA_VERDE	Não
DIST_AREA_VERDE	Float	10/2	NO	Distância(m) . ao limite da área verde mais próxima	Automático – mais próximo(limites) sobre AREA_VERDE	42,50
RENDA_MEDIANA	Float	10/2	NO	Renda média do setor censitário que contém a amostra. (R\$)	Herdado de SETOR_CENSITARIO.	3.280,00
NOME_BAIRRO	Text	60	NO	Bairro administrativo que contém o lote/amostra. Obtido por relacionamento espacial com BAIRRO.	Herdado de BAIRRO	Santa Terezinha
DIST_REDE_AGUA	Float	10/2	NO	Distância (m) à rede de água mais próxima.	Automático – mais próximo sobre REDE_AGUA	13,20
AGUA_PROX_15M	Boolean	-	NO	Indica se há rede de água até 15 m.	{Sim, Não} – teste em faixa sobre REDE_AGUA	Sim
QTD_HOSPITAL_1000M	Integer	6	NO	Quantidade de hospitais em raio de 1000m.	Automático – contagem em raio de 1000 m sobre HOSPITAL	3
DIST_HOSPITAL_MAIS_PROX	Float	10/2	NO	Distância(m) euclidiana ao hospital mais próximo.	Automático – mais próximo sobre HOSPITAL	410,50

Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ZONA_USO	Text	40	NO	Zona de uso / macrozoneamento urbano que contém o lote. Obtido por inclusão espacial em ZONA_USO.	Herdado de ZONEAMENTO	ZR-2

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

A partir desse núcleo foi possível organizar as demais classes, indicando classes primárias, necessárias obtenções das variáveis, representadas nas categorias de variável de localização, evidenciando que a categorização realizada nesta pesquisa, permite aplicar mecanismos de incorporação e replicação do modelo.

1 - Categoria: Acessibilidade e Mobilidade, Classe: PARADA_ONIBUS: Classe pontual utilizada como referência para derivação da variável distância. Sua representação geométrica e atributos estão descritos no Quadro 12.

Quadro 12 – Dicionário de Dados da Classe PARADA_ONIBUS.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
PARADA_ONIBUS	Pontos de parada de transporte coletivo urbano/interurbano utilizados como referência de acessibilidade e mobilidade urbana.			Ponto		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_PARADA	Integer	6	NO	Identificador único da parada (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático Sequencial pelo sistema	257
COORD_E	Float	9/2	NO	Coordenada Leste (E)	Automático	713210,44
COORD_N	Float	10/2	NO	Coordenada Norte (N)	Automático	7001425,80

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

2 - Categoria: Características Ambientais, Classe: AREA_VERDE: Utilizada para derivar tanto presença (booleano) quanto distância ao limite do polígono. Classe poligonal, conforme demonstrado no Quadro 13.

Quadro 13 – Dicionário de Dados da Classe AREA_VERDE.

	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
AREA_VERDE	Áreas destinadas à preservação, lazer ou arborização urbana utilizadas para presença ou distância, de variáveis de localização relacionadas a características ambientais.			Polígono		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_AREA_VERDE	Integer	10	NO	Identificador único da área verde (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático sequencial pelo sistema	07

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

3 - Categoria: Contexto Socioeconômico, Classe: SETOR_CENSITARIO: Fonte de atributos socioeconômicos (como RENDA_MEDIA), transferidos via inclusão espacial (dentro de). Classe subdivisão planar, conforme dados oficiais do IBGE, demonstrando no Quadro 14.

Quadro 14 – Dicionário de Dados da Classe SETOR_CENSITARIO.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
SETOR_CENSITARIO	Unidades estatísticas do IBGE utilizadas para transferência de atributos socioeconômicos às amostras.			Subdivisão Planar		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_SETOR	Integer	15	NO	Identificador único do setor censitário (chave primária da classe – primary key – pk)	Código Oficial IBGE	317010100000010
RENDA_MEDIA	Float	12/2	NO	Renda média domiciliar do setor	Valores monetários (R\$)	3.280,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Categoria: Divisão Territorial, Classe: BAIRRO: Classe subdivisão planar, responsável por atribuir o nome do bairro às amostras, por meio de operação de inclusão espacial (inclusão espacial (dentro de)). Sua definição encontra-se no Quadro 15.

Quadro 15 – Dicionário de Dados da Classe BAIRRO.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
BAIRRO	Unidades territoriais administrativas municipais utilizadas para atribuição do bairro de pertencimento às amostras			Subdivisão Planar		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_BAIRRO	Integer	10	NO	Identificador único do bairro (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático Sequencial pelo sistema	04
NOME_BAIRRO	Text	60	NO	Nome do Bairro	A ser preenchido	Santa Terezinha

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

4 - Categoria: Infraestrutura urbana regional, Classe: REDE_AGUA: Classe linear utilizada para derivar distância mínima e teste de elegibilidade por faixa (até 15 m). Seus atributos estão descritos no Quadro 16.

Quadro 16 – Dicionário de Dados da Classe REDE_AGUA.

	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
REDE_AGUA	Linhas da rede de abastecimento de água utilizadas como referência de infraestrutura urbana para cálculo de distância e teste de disponibilidade em torno da amostra.			Linha		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_REDE_AGUA	Integer	10	NO	Identificador único segmento da rede de água (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático sequencial pelo sistema	10256

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

5 - Categoria: Serviços e Amenidades Urbanas, Classe: HOSPITAL: Representa equipamentos urbanos estratégicos, utilizados para derivar variáveis de distância e contagem. Está modelada como classe pontual, conforme quadro 17 a seguir.

Quadro 17 – Dicionário de Dados da Classe HOSPITAL.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
HOSPITAL	Estabelecimentos de saúde de maior complexidade (hospitais, pronto-atendimentos estratégicos) utilizados como referência disponibilidade/distância de serviços e amenidades urbanas.			Ponto		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_EQUIP	Integer	6	NO	Identificador único do hospital (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático Sequencial pelo sistema	61
COORD_E	Float	9/2	NO	Coordenada Leste (E)	A ser preenchido	713800,00
COORD_N	Float	10/2	NO	Coordenada Norte (N)	A ser preenchido	7001100,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

6 - Categoria: Zoneamento e Uso, Classe: ZONEAMENTO: Representa zonas de uso e macrozoneamento urbano, transferindo o atributo ZONA_USO à classe de amostragem. Modelada como subdivisão planar (Quadro 18).

Quadro 18 – Dicionário de Dados da Classe ZONEAMENTO.

Classe	Descrição			Primitiva Geométrica		Representação
ZONEAMENTO	Unidades de zoneamento ou macrozoneamento urbano utilizadas para atribuição da condição de uso/ocupação às amostras			Subdivisão Planar		
Atributo	Tipo de dado	Tamanho / Precisão	Null Values	Descrição	Domínio	Exemplo
ID_ZONA	Integer	10	NO	Identificador único da zona (chave primária da classe – primary key – pk)	Automático Sequencial pelo sistema	52
ZONA_USO	Text	40	NO	Código ou nome da zona urbana	A ser preenchido	ZR-2

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

4.2.1 Dicionário de dados atributos

Os dicionários de dados e de domínios desenvolvidos nesta pesquisa seguem a lógica conceitual da modelagem orientada por transformações espaciais e estão organizados em torno das classes primárias e atributos derivadas do modelo. Embora os quadros com os atributos já tenham sido apresentados junto à descrição de cada classe na seção anterior, cabe aqui uma análise crítica das estratégias de modelagem adotadas, tanto em termos técnicos quanto conceituais.

A estruturação dos dicionários partiu da classe central AMOSTRA_LOTE, modelada como primitiva de amostragem e representação no dicionário como ponto, e concentrou três tipos de atributos: atributos estruturais da avaliação, atributos de referência territorial e atributos de localização derivados. Essa organização não apenas facilita a implementação prática do banco de dados geográfico, mas também deixa explícita a lógica de derivação adotada nesta pesquisa.

Conforme orientações de Borges; Davis Junior; Laender, (2005), os atributos derivados foram explicitamente separados dos atributos originalmente existentes nas bases fontes, o que se reflete tanto na modelagem quanto nos dicionários. Essa separação permite identificar o fluxo de transformação de forma rastreável, assegurando que o modelo conceitual seja replicável e passível de atualização conforme novas coletas ou atualizações cadastrais.

Do ponto de vista técnico, os atributos foram definidos com tipos de dados compatíveis com a natureza da variável, exemplo: *float* para distâncias e valores monetários, *text* para nomes de zonas e bairros, *boolean* para testes espaciais. A precisão decimal foi configurada especialmente nos atributos métricos, garantindo a padronização das leituras e evitando perda de informação em ambientes com diferentes sistemas de referência espacial.

A política de valores nulos (*null values* = NO) foi adotada para todos os atributos derivados, reforçando o princípio de que, se a amostra existe, então todas as transformações foram executadas sobre ela. Também foi utilizada esta estratégia, por tratar de modelagem em fase conceitual e por reunir exemplos de classes comumente encontradas nos cadastros temáticos. Há de se considerar também que mesmo com falta da classe relacionável ou não necessidade de uso da variável para investigação, adaptações podem ser realizadas. Dessa forma, na implementação operacional, havendo lacuna na base fonte, por exemplo, ausência de zoneamento para

determinado bairro, o valor nulo deve ser registrado como falha de fonte e não como exceção de modelagem.

Os domínios foram padronizados conforme boas práticas cartográficas e cadastrais. Por exemplo, variáveis booleanas foram modeladas com o domínio: Sim, Não, por serem mais compreensíveis nos relatórios municipais do que valores 0/1. Para atributos categóricos, como ZONA_USO ou NOME_BAIRRO, foi adotado o tipo text, permitindo flexibilidade sem perda de significado.

Outro ponto importante foi a definição dos atributos herdados, como RENDA_MEDIA, NOME_BAIRRO e ZONA_USO. Esses campos são gerados por operações espaciais declaradas nos diagramas OMT-G, e foram incluídos no dicionário com as respectivas referências de origem e operadores de transformação ex: inclusão espacial (dentro de), assegurando rastreabilidade total.

Por fim, vale destacar que os dicionários foram pensados para serem estáveis ao longo do tempo, mesmo que os dados derivados sejam voláteis. Ou seja, as classes como PARADA_ONIBUS, REDE_AGUA e HOSPITAL permanecem com seus identificadores e estruturas originais, enquanto os valores derivados são periodicamente atualizados a partir delas. Essa distinção está em total consonância com o princípio de que as representações primárias devem ser editáveis pelo usuário, enquanto as secundárias devem ser recalculadas automaticamente, conforme orienta (Borges; Davis Junior; Laender, 2005; Borges; Davis Junior; Laender, 2001).

Há de se esclarecer também que nas classes primárias, que irão dar origem aos atributos derivados na classe AMOSTRA_LOTE, foram descritos apenas os atributos necessários para operações aqui propostas, seja por relacionamento espacial ou operações realizadas. Compreende-se assim que cada classe possui n outros atributos que podem ou não gerar outras variáveis de localização relevantes, que aqui não foram modeladas.

Em síntese, os dicionários produzidos nesta pesquisa não apenas operacionalizam o modelo conceitual proposto, mas também documentam de forma transparente e tecnicamente fundamentada a lógica de incorporação das variáveis de localização à avaliação em massa de imóveis urbanos, conferindo legitimidade e reprodutibilidade ao processo.

4.2.2 Diagramas de transformação para automação

Os diagramas de transformação produzidos nesta pesquisa foram concebidos com base na linguagem OMT-G (*Object Modeling Technique for Geographic Applications*), conforme proposto por (Borges; Davis Junior; Laender, 2001) com o objetivo de representar formalmente as operações espaciais responsáveis pela derivação das variáveis de localização incorporadas à avaliação em massa de imóveis urbanos.

A estrutura dos diagramas segue um padrão semântico comum: a partir de uma ou mais classes geográficas primárias, presentes no CTM ou em bases temáticas institucionais, define-se um operador espacial: junção espacial por inclusão, distância ao elemento mais próximo, verificação em faixa de distância, contagem em raio e amostragem de campo, que atua por meio de uma classe de transformação. O valor resultante dessa operação é então transferido para a classe de destino, denominada AMOSTRA_LOTE, modelada como primitiva de amostragem, *sampling*. Linhas contínuas indicam relacionamentos espaciais, enquanto linhas tracejadas evidenciam a transferência de atributos derivados, reforçando a rastreabilidade dos dados.

Os diagramas foram organizados por categoria de variável de localização, conforme a tipologia definida na modelagem conceitual e adotada na reestruturação dos resultados. A seguir, apresenta-se a análise descritiva de cada grupo de transformações:

1. **Acessibilidade e Mobilidade:** Nesta categoria, a variável de localização derivada foi a distância à parada de ônibus mais próxima, DIST_PARADA_MAIS_PROX. A operação espacial modelada foi do tipo: mais próximo, aplicada entre a classe PARADA_ONIBUS (ponto) e a AMOSTRA_LOTE. A transformação produziu um valor métrico contínuo, transferido para a amostra. O diagrama evidencia que essa variável não existe originalmente na fonte, mas passa a existir somente após a operação espacial. Essa estrutura permite incorporar o efeito de localização do transporte coletivo urbano no valor venal do imóvel de forma sistematizada.

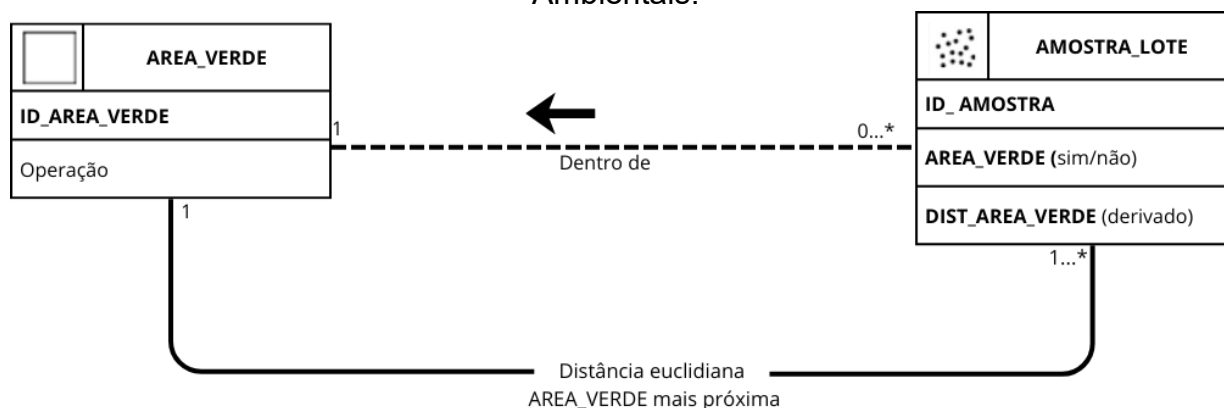
Figura 20 - Diagrama de classes e transformação categoria Acessibilidade e Mobilidade.



Fonte: Elabora pela autora (2025).

2. Características Ambientais- Demonstra que uma mesma classe primária (AREA_VERDE), poligonal, pode ser usada para derivar mais de um atributo de localização. Primeiro, executa-se o teste de inclusão em área verde com resultado booleano {Sim, Não}, em seguida, sobre o mesmo polígono, executa-se o cálculo da distância euclidiana até o limite da área verde, produzindo um atributo contínuo (DIST_AREA_VERDE). O diagrama apresenta que não há limitação de software, há apenas uma cadeia de operações espaciais declaradas que podem ser reexecutadas a partir das classes primárias.

Figura 21 - Diagrama de classes e transformação categoria Características Ambientais.

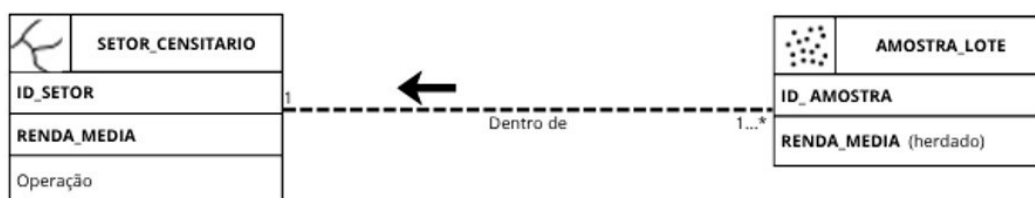


Fonte: Elabora pela autora (2025).

3. Contexto Socioeconômico: A variável de localização obtida é a RENDA_MEDIA, obtida inclusão espacial (dentro de), entre a AMOSTRA_LOTE e o SETOR_CENSITARIO. O valor é transferido à amostra como atributo contínuo (R\$), sendo considerado obrigatório no modelo. A operação reflete uma prática clássica da avaliação em massa e demonstra que variáveis socioeconômicas podem ser

incorporadas de forma declarativa, mantendo o vínculo explícito com sua origem (IBGE).

Figura 22 - Diagrama de classes e transformação categoria Contexto Socioeconômico



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4. Divisão Territorial – A AMOSTRA_LOTE realiza uma operação de inclusão espacial (dentro de) sobre a classe BAIRRO, recebendo o atributo categórico NOME_BAIRRO. O diagrama deixa claro que a variável é derivada, ainda que represente um valor estático. Essa representação elimina ambiguidades comuns na vinculação territorial, evitando uso de códigos soltos ou preenchimentos manuais.

Figura 23 - Diagrama de classes categoria Divisão Territorial.

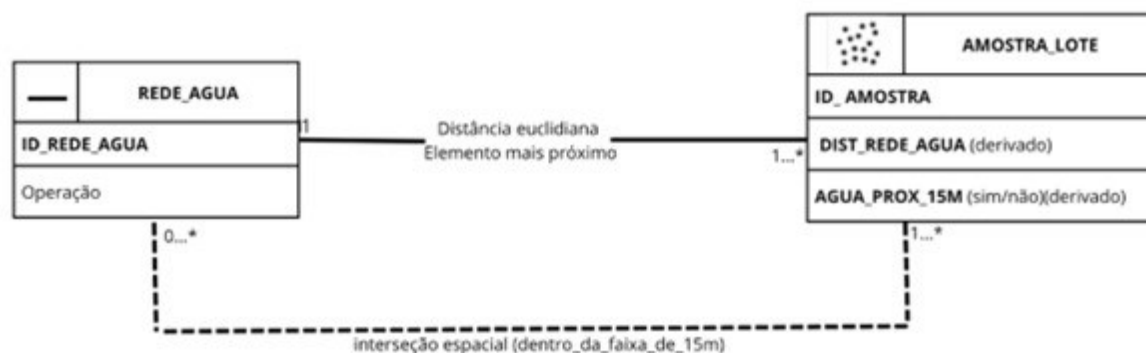


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

5. Infraestrutura Física Regional – Também demonstra que de uma mesma fonte linear (REDE_AGUA) podem ser fontes de múltiplas variáveis, desde que as operações estejam formalizadas, aqui exemplificadas: uma métrica (DIST_REDE_AGUA, calculada por distância ao elemento mais próximo) e uma booleana (AGUA_PROX_15M, calculada por verificação de presença em faixa de distância de 15 m). Ambas são transferidas à AMOSTRA_LOTE como atributos obrigatórios. O modelo demonstra que camadas lineares. O uso dessas variáveis

permite não apenas estimar a infraestrutura disponível, mas também definir critérios de elegibilidade de acesso.

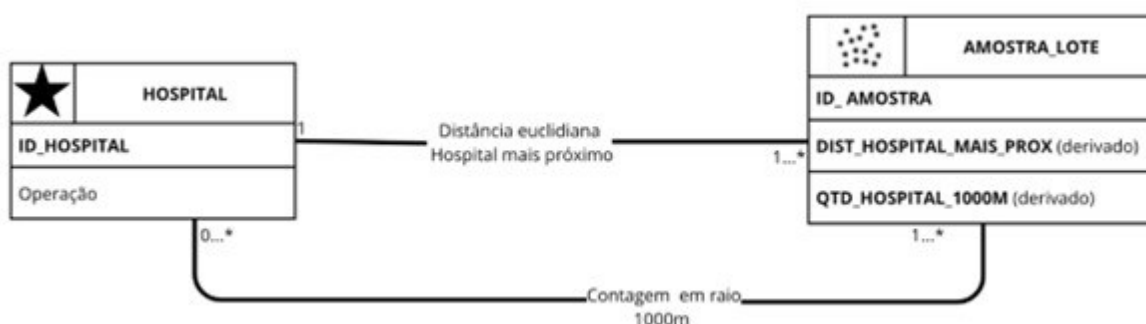
Figura 24 - Diagrama de classes e transformação categoria Infraestrutura Física Regional.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

6. Serviços e Amenidades Urbanas – Aqui também representada a extração de múltiplas variáveis de camadas pontuais. No diagrama apresenta-se a derivação por distância DIST_HOSPITAL MAIS_PROX, obtida por mais próximo sobre a classe HOSPITAL; e QTD_HOSPITAL_1000M, derivada por contagem em raio de 1000 m, para calcular densidade sobre a mesma classe, sendo os atributos derivados calculados transferidos para classe AMOSTRA_LOTE. O diagrama mostra que o modelo é capaz de incorporar tantos indicadores de acesso imediato (distância) quanto indicadores de densidade de serviços. contagem em raio.

Figura 25 - Diagrama de classes e transformação categoria Serviços e Amenidades Urbanas



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

7. Zoneamento e Uso do Solo – A variável ZONA_USO é transferida à amostra por meio da operação inclusão espacial (dentro de) sobre a classe subdivisão

planar, ZONEAMENTO. A simplicidade do diagrama reforça sua importância normativa: mesmo sendo uma operação direta, ela integra informações urbanísticas estruturantes ao modelo de avaliação. A presença dessa variável no banco garante aderência às diretrizes de uso e ocupação do solo, frequentemente utilizadas como fator de ponderação no valor venal.

Figura 26 - Diagrama de classes categoria Zoneamento e Uso do Solo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No presente estudo, o recorte observacional não é o meio físico, mas o comportamento do mercado imobiliário analisado, com a intenção de representá-lo em processos que auxiliem a avaliação em massa de imóveis. Disto isto primeiramente é necessário compreender quais as classes necessárias para gerar o relacionamento e representar as variáveis de localização relevantes. Organizando assim as classes que de fato existem no CTM e nos sistemas municipais, ou a busca de bases necessárias para depois se descrever as transformações que fazem essa base conversar com a avaliação em massa.

A análise conjunta dos diagramas de transformação reforça que todas as variáveis de localização incorporadas neste estudo podem ser formalizadas como produtos de operações espaciais declaradas sobre classes primárias previamente existentes. A adoção da linguagem OMT-G permitiu separar com clareza o que é dado de referência e o que é derivado, garantindo transparência, rastreabilidade e possibilidade de reprocessamento automático.

A centralidade da AMOSTRA_LOTE como classe de destino unifica o modelo e assegura que todas as transformações ocorram sobre a mesma base amostral que é classe de referência para os processos de avaliação em massa de imóveis (Hornburg; Hochheim, 2017; Oliveira *et al.*, 2024; Silva, 2020), independentemente da técnica a ser utilizada para o processo. Isso torna o processo escalável, livre de *software* e compatível com a lógica de atualização contínua dos cadastros

Multifinalitário, além de fornecer à avaliação em massa um modelo conceitualmente estruturado e tecnicamente viável para implementação em SIGs municipais.

Com o arcabouço de ferramentas apresentada e com a compreensão de que é necessário qualificar e nossas bases cadastrais, para que possamos representar as relações que ocorrem em nosso território de forma mais aderente. Tratando da dimensão de qualificação das bases de cálculo tributário, o material constituído retira a variável de localização do lugar da intuição, este imóvel é mais bem localizado e a coloca no lugar da operacionalização, este imóvel está a 180 m de uma parada, este está a 13,2 m da rede de água, este está em área verde, logo não deve ser tributado da mesma forma. Fortalecendo assim a justiça fiscal e equidade tributária.

4.2.3 Fontes e Métodos de Aquisição de Variáveis de Localização

Para que a modelagem conceitual possa ser, de fato, implementada em ambiente SIG, é indispensável considerar as possibilidades concretas de obtenção das variáveis de localização nas realidades municipais. Essa etapa é estratégica tanto para o planejamento da integração com os cadastros já existentes quanto para a definição dos procedimentos técnicos a serem adotados na prática da avaliação em massa.

Ao longo da revisão sistemática realizada nesta pesquisa, foi possível mapear diferentes abordagens adotadas pelos estudos para extrair, inferir ou estimar variáveis de localização, cada uma com vantagens, limitações e níveis distintos de replicabilidade. Esses métodos variam desde o uso de bases públicas e dados oficiais amplamente disponíveis, como mapas de infraestrutura ou zoneamento, até processos mais especializados, como sensoriamento remoto, geocodificação.

Tais abordagens foram sistematizadas no Quadro 19 que resume as principais bases e métodos de aquisição de dados espaciais utilizados nos estudos analisados, relacionando suas descrições, vantagens, limitações e exemplos da literatura analisada que utilizou da fonte ou metodologia. A estrutura permite observar tanto a bases e possíveis dados que podem ser adquiridos quanto os desafios e vantagens à sua operacionalização em contextos municipais, servindo como referência prática para gestões públicas interessadas em qualificar seus dados.

Quadro 19 - Métodos e Fontes para Aquisição de Variáveis de Localização.

Métodos e Fontes para Aquisição de Dados Espaciais	Descrição	Vantagens	Limitações	Exemplo de uso
Dados GIS Oficiais (mapas e cadastros públicos)	Fonte: Utilização de bases de dados georreferenciadas oficiais: cadastros municipais, mapas urbanos, ortofotos governamentais, malha viária oficial etc. Ex: shapefiles de bairros, logradouros, mapas de zoneamento, posicionamento equipamentos públicos e infraestruturas fornecidos por prefeituras ou institutos geográficos.	Alta precisão e detalhamento local, confiabilidade e dados oficiais cobrem atributos específicos como zoneamento, logradouros. Base de informações para IPTU e ITBI	Podem estar desatualizados; acesso nem sempre é aberto, integração pode ser trabalhosa a se dados vêm de fontes distintas, considerar possíveis escalas de informação distintas conforme a instituição fornecedora	(Awonaike; Ghorashi; Hammaad, 2022; Jafary <i>et al.</i> , 2024; Mete; Yomralioglu, 2023; Oliveira; Bandeira; Távora, 2024; Schmitz; Antunes, 2024)
Documentos e Registros Municipais	Fonte: Utilização e Levantamento de registros e documentos governamentais informações, dados utilizados de base de cálculo de ITBI, mapas de zoneamento, listas de equipamentos públicos, registros de transporte público, dados socioeconômicos, relatórios muitas vezes em formato não estruturado ou relatório.	Podem conter variáveis relevantes não disponíveis em bases padronizadas (ex: localização de futuros empreendimentos, qualidade de pavimentação, etc.), refletem especificidades não mapeadas do local. Dados que vem sendo utilizados para avaliação fiscal	Extração manual ou via automatização a ser adaptada. podem ser necessárias, dados heterogêneos e não padronizados, cobertura limitada a cada município.	(Faria Filho; Gonçalves; Luiz, 2019; Piumetto <i>et al.</i> , 2022)

Métodos e Fontes para Aquisição de Dados Espaciais	Descrição	Vantagens	Limitações	Exemplo de uso
Dados Abertos/Crowdsourcing (OSM, etc.)	Fonte: Aquisição de dados espaciais abertos, colaborativos ou de big data. Ex: OpenStreetMap (pontos de interesse, vias), dados abertos de transporte (posições de estações), ou APIs de serviços comerciais Ex: Google Maps, Square), para coletar Pontos de Interesse (POIs), serviços e transportes, portais de anúncios, Aplicativos de rota que possam fornecer mapas de calor de fluxo (Waze, Strava, Google Maps)	Ricos em POIs: (amenidades transporte e serviços). cobertura global, atualizados colaborativamente;	Variação de qualidade conforme a região; atributos possivelmente genéricos; podem faltar detalhes locais específicos.	(Bergadano et al., 2021; Chanasit et al., 2021; Jafary et al., 2024; Mete; Yomralioglu, 2023; Venerandi et al., 2019).
Geocodificação de Endereços (Geoencoding)	Fonte e Método: Conversão de endereços ou descrições textuais em coordenadas geográficas (latitude/longitude). Permitiu ligar dados tabulares (ex: transações imobiliárias com endereço) a posições no mapa. Ferramentas: APIs de geocodificação (Google, Bing) ou bases locais de endereços.	Viabiliza integrar dados alfanuméricos (ex. valor de venda) com análise espacial, permite cálculo de distâncias, euclidianas e em rede	Pode introduzir erros se endereços ambíguos/incompletos, deve ser considerado margem de erro dependendo da API, pode haver custo ou limites de uso; processo demorado para milhares de pontos.	(Chanasit et al., 2021; Mete; Yomralioglu, 2023)

Métodos e Fontes para Aquisição de Dados Espaciais	Descrição	Vantagens	Limitações	Exemplo de uso
Sensoriamento Remoto (imagens aéreas/satélite)	Fonte e Método: Uso de imagens de satélite, fotografias aéreas ou dados derivados (Modelo Digital de Terreno, índices ambientais) para extrair características espaciais. Ex: cálculo de índice de vegetação (NDVI) ao redor de cada imóvel, extração de altura de edifícios via LiDAR, identificação de presença de corpos d'água, etc. Comporta classificação de características físicas e ambientais	Permite quantificar atributos ambientais e físicos de forma padronizada em larga escala ex: altimetria, densidade construída, dados frequentemente disponíveis globalmente ex: imagens Landsat, Sentinel. Identificação de feições visíveis,	Resolução espacial limitada para certos fenômenos (pode não captar micro características de lote); requer processamento especializado de imagens; nem todos os estudos têm expertise ou acesso a esses dados.	(Jafary <i>et al.</i> , 2024; Piumetto <i>et al.</i> , 2022)
Levantamento em Campo (pesquisa direta)	Fonte e Método: Obtenção direta de dados de localização específicos via visitas ou levantamentos in loci. Ex: vistorias para qualificar a vista do imóvel (score de vista), medições de ruído no local, aplicação de questionários sobre percepção de segurança, etc.	Possibilita coletar variáveis muito específicas e qualitativas difíceis de obter por outros meios (ex: qualidade da vista, apelo estético da rua, etc.), assegura dados atualizados daquela localidade.	Custos operacional elevados e tempo dispendioso para cobrir muitos imóveis; inviável em estudos de massa), subjetividade pois se baseado em percepção humana.	(Piumetto <i>et al.</i> , 2022; Surgelas; Puķīte; Arhipova, 2024)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Este conjunto de fontes e métodos evidencia a crescente diversidade de bases disponíveis para a produção de informações relevantes sobre o território. Grande parte dessas fontes independe da ação direta do poder público local, sendo geradas e compartilhadas, em muitos casos, por iniciativas privadas. Isso reforça a

constatação de que a produção de dados geoespacializados tem se tornado uma demanda cada vez mais presente entre os diversos atores sociais.

Diante desse cenário, cabe às gestões públicas não apenas utilizar de forma estratégica os dados disponíveis, mas também assumir o protagonismo na organização, estruturação e espacialização de suas próprias informações. Ao fazê-lo, os órgãos públicos não apenas qualificam o conhecimento territorial interno, mas também se consolidam como referência confiável de informação para o setor privado e demais instâncias de governança urbana.

Entretanto, algumas considerações de limitações quanto à aplicabilidade da modelagem conceitual aqui proposta devem ser pontuadas. Ainda que a estrutura apresentada se configure como uma contribuição técnica relevante, sua efetiva implementação requer condições institucionais e operacionais que nem sempre estão consolidadas nos contextos municipais brasileiros. Como observado por De Cesare, Silva e Silva (2023), grande parte dos municípios apresenta cadastros desatualizados, com limitações na infraestrutura tecnológica e na qualificação das equipes técnicas, o que pode comprometer a adoção de modelos mais integrados.

Dessa forma, a aplicação da modelagem pressupõe a existência de uma base cadastral minimamente estruturada, sendo o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), o instrumento central para a articulação entre o cadastro territorial e os cadastros temáticos.

Mesmo em escala de organização de dados, que ainda não contemple todo o arcabouço possível pelo CTM, é necessário que os municípios operem com bases padronizadas, que respeitem as diretrizes da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e viabilizem a interoperabilidade entre sistemas, conforme reforçado por Silva (2023) e Amorim, Pelegrina e Julião (2018). A inexistência de padrões prejudica a comunicação entre bases e compromete a automatização e a utilização plena das informações territoriais nos processos de avaliação.

Ao mesmo tempo, a flexibilidade local precisa ser preservada. Como discutido amplamente nesta dissertação, o território se manifesta de forma singular em cada realidade municipal, e os modelos de avaliação devem refletir tais especificidades para garantir maior aderência às dinâmicas observadas. Isso implica dizer que, embora a categorização das variáveis proposta neste trabalho ofereça uma base orientadora comum, sua aplicação deve ser adaptada de forma crítica por cada ente local. A composição de variáveis e os procedimentos automatizados devem ser

compatíveis com as possibilidades operacionais do município e coerentes com sua estrutura urbana e institucional.

Essas adaptações devem ser acompanhadas de estratégias de implementação progressiva, priorizando a construção de protocolos técnicos e a produção de orientações operacionais que permitam a replicabilidade dos modelos e assegurem sua manutenção ao longo do tempo. A integração aos Observatórios do Mercado Imobiliário (OMI), conforme previsto na Portaria nº 3.242/2022 (Brasil, 2022), representa um avanço relevante nesse sentido, pois reforça a necessidade de articulação entre a modelagem dos dados e o monitoramento permanente do mercado.

A modelagem conceitual apresentada nesta seção, portanto, cumpre não apenas o papel de representar tecnicamente os processos de obtenção automatizada de variáveis de localização em ambiente SIG, como também aponta caminhos para o fortalecimento dos sistemas de avaliação em massa. Sua aplicabilidade, entretanto, dependerá do compromisso institucional com a qualificação da infraestrutura cadastral, da adoção de boas práticas em geotecnologias e da construção de um ambiente intersetorial que reconheça a centralidade da informação territorial como base para políticas públicas mais eficazes e justas.

4.3 PROPOSIÇÕES PARA INCORPORAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE LOCALIZAÇÃO NAS BASES CADASTRAIS MUNICIPAIS

Finalizando a trajetória delineada para este estudo, esta seção apresenta as proposições com o intuito de responder ao terceiro objetivo específico desta pesquisa: *Desenvolver e propor mecanismos de incorporação de variáveis de localização nos procedimentos da avaliação em massa dos imóveis da base cadastral do município.* Essas diretrizes foram construídas com base nos achados obtidos a partir da revisão sistemática da literatura, por meio da categorização e identificação das variáveis de localização presentes nos estudos voltados à avaliação em massa de imóveis, e estão ancoradas na modelagem conceitual orientada à sua estruturação e possível automação em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Tal abordagem permite a conexão entre os elementos espaciais relevantes para a modelagem como apresentado por (Borges; Davis; Laender, 2001) e os processos avaliativos, conforme defende (Silva, 2006), e encontra suporte nos

princípios da interoperabilidade e organização semântica dos dados geográficos (Hübner *et al.*, 2013; Lisboa Filho; lochpe; Alegre, 2001).

Além disso, os achados de autores que discutem a centralidade da localização na explicação dos valores imobiliários, como exemplos de autores brasileiros Almeida, Amano e Tupy (2022); De Cesare, Silva e Silva (2023); Oliveira, Bandeira e Noberto (2024b); Marisco e Hochheim (2021) e Silva (2020a) e a importância de uma base cadastral qualificada também foram considerados os desafios institucionais enfrentados pelas gestões locais no Brasil (TCE-PR, 2022) (Amorim; Pelegrina; Julião, 2018).

A formulação das proposições seguiu a orientação metodológica descrita na seção de Materiais e Métodos, com base em quatro eixos principais: (i) contribuição para qualificação da base de cálculo dos tributos imobiliários; (ii) aderência à realidade institucional e operacional dos municípios brasileiros; (iii) viabilidade de implementação frente aos recursos humanos e tecnológicos disponíveis; e (iv) compatibilidade com os instrumentos de gestão territorial já existentes. Dessa forma, as proposições apresentadas podem ser alinhadas ao contexto de aplicação e à realidade dos municípios brasileiros, sendo guiada tanto pela coerência técnica quanto pela relevância prática.

A modelagem conceitual das variáveis de localização e o esforço de sistematização semântica realizado nesta pesquisa, advém do entendimento que as variáveis de localização, são o resultado da interação entre o objeto observado, o imóvel e os demais objetos geográficos presentes em nosso território, relacionáveis as dimensões abordadas em categorização aqui realizada, e expansíveis a novas dimensões que possam ser identificadas.

Diante do exposto, buscou-se apresentar proposições aplicáveis ao contexto municipal brasileiro, visando contribuir com a qualificação da base de dados e com o fortalecimento da capacidade institucional para a adoção da avaliação em massa como instrumento de justiça fiscal. Essas proposições se alinham às diretrizes do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e à regulamentação técnica da Portaria nº 3.242/2022, sobre a estrutura cadastral urbana (Brasil, 2022).

A efetiva adoção da modelagem proposta depende da existência de um cadastro territorial minimamente estruturado, articulado a cadastros temáticos e com georreferenciamento das unidades imobiliárias, conforme previsto nos princípios da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Contudo, conforme apontado no

referencial teórico, nosso cenário nacional engloba uma diversidade de níveis de estruturação, recomenda-se uma trajetória de implementação progressiva, adaptada à realidade técnica e institucional de cada município.

As variáveis de localização, organizadas em sete categorias com base na literatura, devem ser compreendidas como referências estruturantes e não como um modelo impositivo, devendo cada realidade identificar variáveis relevantes aos seus contextos. Além desta observação, outra relevante informação sobre a composição de variáveis de localização relevantes aos seus cenários pode servir de diagnóstico para implementação de políticas públicas.

Conforme apresentado na seção de resultados relacionados as concorrência das categorias de variáveis, com os países de origem dos estudos, revelaram que a intensidade de relevância de uma categoria, está diretamente relacionada a demandas ou deficiências dos cenários analisados, em países europeu, onde a infraestrutura urbana e os instrumentos de ordenamento territorial são consolidados, o foco de variáveis que influenciam os imóveis, estão mais voltadas a variáveis como amenidades urbanas.

A premissa contrária também é verdadeira, como apontada nos estudos realizados no Brasil e América Latina, existe uma forte relação apontada pelos estudos, com as variáveis relacionadas a disponibilidade de infraestrutura regional, na influência do mercado imobiliário, sinalizando que uma necessidade básica de serviços é fator relevante.

Cabe ainda ressaltar o papel central da padronização para viabilizar a interoperabilidade entre sistemas. A utilização de estruturas semânticas comuns, conforme defendido por Silva (2023) e Amorim, Pelegrina e Julião (2018), permite que as informações circulem entre setores e alimentem tanto os processos de arrecadação quanto de planejamento urbano. A ausência de padrões compromete a integração dos dados e dificulta a aplicação automatizada das variáveis, exigindo investimentos contínuos em qualificação institucional.

Nesse sentido, a presente proposta contribui com subsídios operacionais e conceituais para que os municípios avancem na direção de uma avaliação mais técnica, transparente e justa. A adoção dos achados aqui identificados, devem estar integradas a estratégias locais de fortalecimento do cadastro, institucionalização dos Observatórios de Mercado Imobiliário (OMI), fortalecimento do Cadastro Territorial

Multifinalitário, estruturação das infraestruturas de dados espaciais em conformidade com a INDE, estruturas normativas e qualificação técnica.

Tais medidas representam não apenas uma qualificação dos mecanismos de arrecadação, mas também uma oportunidade de produção de conhecimento territorial voltado à gestão urbana.

5 CONCLUSÃO

Retomando o problema de pesquisa, identificou-se uma lacuna na literatura quanto à sistematização das variáveis de localização na avaliação em massa de imóveis urbanos. A pergunta norteadora deste estudo foi: Como identificar, modelar e incorporar variáveis de localização aos procedimentos de avaliação em massa de imóveis urbanos de modo a refletir a heterogeneidade do mercado e apoiar a gestão tributária municipal?

Em termos práticos, a avaliação dos imóveis, que fundamenta a justa tributação, deve ser baseada em dados confiáveis que reflitam o mercado imobiliário (Silva, 2006). Os resultados desta pesquisa convergem com esse princípio, pois ressaltam a necessidade de informações espaciais atualizadas e estruturadas para embasar estimativas de valor venal mais justas e consistentes.

A literatura especializada aponta que as variáveis de localização exercem forte influência sobre o comportamento do mercado imobiliário, apresentando elevado poder explicativo na determinação dos valores dos imóveis, conforme afirmam Hornburg, Hochheim (2017); Silva (2006-2020); De Cesare, Silva e Silva (2023). Os achados do presente estudo confirmam e detalham esse entendimento, ao evidenciar que diferentes dimensões contextuais têm influência sobre o valor do imóvel, a categorização das variáveis de localização apresentadas no Quadro 10, identificadas nos estudos analisados, traz um suporte estruturado para auxiliar o entendimento destas dimensões que influenciam o valor de imóveis em diversos contextos urbanos.

A presente pesquisa atingiu seu Objetivo Geral, que era: Desenvolver um estudo capaz de identificar, sistematizar e descrever as variáveis de localização relevantes e modelar seus processos de obtenção, de forma a subsidiar a avaliação em massa de imóveis urbanos. Para alcançar esse propósito, cumpriram-se integralmente os objetivos específicos delineados.

Em primeiro lugar, realizou-se uma revisão sistemática da literatura que permitiu levantar e categorizar as principais variáveis de localização utilizadas em modelos de avaliação imobiliária em massa, do recorte observacional analisado, consolidando os achados em um referencial replicável para estudos e aplicações práticas. entregando assim o primeiro objetivo específico.

Em seguida, desenvolveu-se uma modelagem conceitual de dados geográficos baseada em OMT-G, de cada categoria de variáveis, utilizando como referência as principais classes de primitivas geográficas, para representar o processo de obtenção automatizada, das variáveis de localização, em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), cumprindo assim o segundo objetivo específico.

Por fim, a partir da síntese teórica e dos modelos conceituais elaborados, foram discutidos mecanismos para incorporar as variáveis de localização na base cadastral municipal, visando aperfeiçoar a avaliação de imóveis para fins tributários alcançando, dessa maneira, o terceiro objetivo específico.

Ao consolidar esses três eixos de resultados, confirma-se que o objetivo geral do estudo foi efetivamente alcançado. Os principais achados desta dissertação podem ser resumidos em três dimensões:

A identificação estruturada das variáveis de localização que influenciam os valores imobiliários, proporcionou a classificação em sete categorias temáticas, estruturando diferentes dimensões, relevantes para explicação dos valores e heterogeneidade espacial, agrupando as variáveis de localização em: acessibilidade e mobilidade, características ambientais, contexto socioeconômico, divisão territorial, infraestrutura regional, serviços e amenidades urbanas, zoneamento e uso do solo, que englobam os múltiplos fatores capazes de capturar a heterogeneidade do mercado imobiliário urbano. Essa categorização oferece uma visão abrangente dos elementos espaciais e contextuais que, segundo a literatura e a evidência compilada são externalidades que exercem maior impacto sobre os preços de imóveis.

A demonstração de padrões de associação entre essas variáveis em diferentes realidades geográficas, assim como investigação de composições e o entendimento de suas influências, pode servir de importante fonte de informação para entendimento do território e para suporte a políticas públicas.

No tocante aos padrões observados, destaca-se a recorrência e a interdependência de determinados fatores: por exemplo, verificou-se que variáveis da categoria de acessibilidade e serviços e amenidades, foram registradas com forte relação, principalmente em contextos com mercados urbanos consolidados Kiel e Zabel (2008); Sharma, Bajaj e Tirumala (2024), assim como a relevância de coocorrência de categorias envolvendo o contexto socioeconômico regional e características ambientais, reforçando a noção de que a qualificação e preservação

do ambiente pode explicar a gentrificação da região. Evidenciando a composição multifacetada de externalidades que um imóvel pode sofrer, por sua localização.

Já análise comparativa entre cenário observado e categoria mais relevante, reforçou as variações entre contextos geográficos. Confirmando que, não existe uma fórmula única de variáveis válida para todos os locais, e que a adaptação ao contexto local é necessária para alcançar resultados mais fiéis à realidade de cada município.

Em relação a proposição de soluções conceituais e técnicas para sua integração nas práticas municipais, a pesquisa entrega um modelo conceitual de referência e diretrizes de implementação em SIG que indicam, passo a passo, como calcular e automatizar a extração das variáveis de localização ao cadastro municipal, bem como fontes de informações e método alternativos relevantes para esta aquisição e apuração destas variáveis. Essa contribuição prática-metodológica representa um avanço em relação aos estudos anteriores, pois transforma o conhecimento teórico em um arcabouço aplicável pelos órgãos públicos, subsidiando para avaliações tributárias mais modernas e fundamentadas, respeitando as realidades locais.

Do ponto de vista da gestão pública municipal, os resultados obtidos carregam importantes implicações práticas. Verificou-se que grande parte dos municípios brasileiros carecem de padronização e atualização em suas bases de dados, assim como bases de cálculo de tributação imobiliária, com grande defasagem, sem aderência a realidade do mercado imobiliário local, o que historicamente tem limitado a justiça fiscal na cobrança de tributos.

Os achados desta pesquisa fornecem subsídios concretos para auxiliar em uma mudança de paradigma: ao analisarem seu território, buscando identificar as variáveis com maior influência no seu mercado, com base nos modelos aqui alcançados, as prefeituras poderão aprimorar a Planta de Valores Genéricos (PVG). integrando-os aos Observatórios do Mercado imobiliário (OMI) e suas bases de dados, tornando-os assim mais sensíveis às dinâmicas reais do mercado.

Isso significa, na prática, uma tributação mais equânime, em que imóveis passam a ser avaliados de forma proporcional às suas características e localizações efetivas, reduzindo defasagens e distorções hoje existentes. Tais melhorias vão ao encontro de um princípio caro à administração pública, garantir que contribuintes em condições equivalentes sejam tributados de maneira equivalente, preservando os preceitos de equidade e capacidade contributiva.

Em suma, A avaliação em massa é um instrumento para justiça fiscal, cuja efetividade depende da integração entre capacitação técnica, estrutura normativa, monitoramento contínuo e suporte tecnológico. Compreender os fatores que influenciam o valor dos imóveis, sobretudo os relacionados à localização, é essencial para aprimorar a qualificação dos cadastros e desenvolver modelos avaliativos mais representativos, e aderentes ao contexto analisado, contribuindo para base de cálculo tributária mais equinâme.

Essa conclusão sintetiza a essência do estudo: somente por meio de uma abordagem integrada, unindo conhecimento técnico, arcabouço legal e ferramentas de análise territorial, será possível modernizar a gestão do território urbano e assegurar justiça fiscal na tributação imobiliária, objetivo maior que orientou todo o desenvolvimento deste trabalho.

5.1 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

A presente pesquisa, desde a revisão sistemática até a modelagem conceitual proposta, contribui para o campo da avaliação em massa de imóveis, tributação imobiliária e gestão territorial, representando seu caráter multifinalitário, com foco na qualificação da avaliação em massa. Preenchendo uma lacuna identificada na literatura, principalmente na nacional.

Embora diversas pesquisas reconheçam a importância das variáveis de localização na formação do valor dos imóveis, não havia um referencial nacional organizado que sistematizasse esses atributos de maneira comparativa e replicável. O estudo preenche essa lacuna ao reunir, classificar e descrever as variáveis de localização utilizadas em diferentes contextos, estabelecendo categorias conceituais que permitem compreender como essas diferentes dimensões, tanto espaciais como contextuais, influenciam de forma interdependente o comportamento dos mercados imobiliários.

Ademais, ao articular os fundamentos da avaliação imobiliária com técnicas de modelagem conceitual de dados espaciais, esta dissertação amplia o repertório teórico-metodológico do campo. A adoção do modelo OMT-G permitiu representar conceitualmente as variáveis de localização, seus atributos e relações espaciais com as classes dos cadastros temáticos, demonstrando que é possível estruturar processos de obtenção e atualização dessas variáveis em ambiente SIG.

Com isso, introduzem-se padrões de representação e organização de dados para orientação de práticas institucionais de qualificação da avaliação em massa de imóveis, especialmente no contexto brasileiro, onde ainda se enfrenta limitações decorrentes da fragmentação cadastral e da ausência de padronização semântica.

Ao propor um catálogo de variáveis e um conjunto de classes representativas, acompanhados de dicionários de dados e diagramas, o trabalho oferece bases teóricas que podem orientar estudos futuros e favorecer a comparabilidade entre metodologias. Essa síntese conceitual também abre espaço para que novas pesquisas explorem modelos avaliativos mais sensíveis às dinâmicas territoriais, considerando diferentes realidades urbanas e níveis de maturidade cadastral.

Em síntese, esta dissertação fortalece o debate acadêmico ao demonstrar que a compreensão da dinâmica do mercado local, não deve ser acessória, mas estruturante nos processos de avaliação em massa. Altamente necessárias para compreensão de seu território.

Através do arcabouço conceitual constituído para as variáveis de localização e ao evidenciar como a modelagem conceitual e a análise espacial podem ser integradas à gestão tributária e urbana e servir como fonte de informações para políticas públicas, o estudo amplia horizontes teóricos e aponta caminhos para pesquisas futuras orientadas à justiça fiscal, à transparência e à qualificação das políticas públicas territoriais.

5.2 CONTRIBUIÇÕES GERENCIAIS

A pesquisa oferece diretrizes práticas para que as prefeituras qualifiquem a base de cálculo tributária por meio da adoção, de práticas de análise do território que irão qualificar os resultados da avaliação em massa. As proposições permitem estruturar cadastros mais completos, com variáveis de localização automatizadas e organizadas em categorias aderentes à realidade urbana. Com isso, os municípios podem alinhar suas práticas às exigências do CTM e da Portaria nº 3.242/2022. Essa abordagem fortalece a justiça fiscal e reduz distorções nos valores venais dos imóveis.

A adoção progressiva das proposições respeita a heterogeneidade dos municípios brasileiros, permitindo que cada gestão implemente os mecanismos conforme sua capacidade técnica e institucional. A sistematização das variáveis funciona como referência adaptável, promovendo flexibilidade sem renunciar ao rigor

técnico. Isso possibilita decisões mais fundamentadas na gestão do território trazendo maior eficiência nos processos de revisão da base do IPTU.

A padronização semântica e a interoperabilidade sugeridas são estratégicas para integrar os sistemas municipais de arrecadação, planejamento e infraestrutura urbana. A pesquisa demonstra como o uso de SIG e a modelagem OMT-G permitem automatizar a coleta de dados geográficos relevantes, reduzindo a fragmentação institucional. A aplicação prática dessas soluções viabiliza uma administração pública mais articulada e orientada por evidências espaciais.

Os gestores passam a dispor de mecanismos que vão além da arrecadação, favorecendo a análise da dinâmica imobiliária local por meio de variáveis como infraestrutura, acessibilidade, serviços urbanos contexto socioeconômico, dentre as demais apontadas como categorias. Esses elementos, quando integrados aos Cadastros Territoriais Multifinalitários e aos Observatórios de Mercado Imobiliário, qualificam as políticas públicas com base em dados territorializados. Dessa forma, amplia-se a capacidade de planejamento e monitoramento contínuo do território.

Ao sistematizar essas proposições, o trabalho promove uma transformação estrutural na forma como os municípios compreendem e operam seus cadastros. A integração de dados tributários, urbanos e socioeconômicos permite o desenvolvimento de instrumentos técnicos que fomentam maior equidade fiscal e eficiência institucional. Com isso, a avaliação em massa se consolida como ferramenta estratégica para uma gestão urbana transparente e orientada ao território.

As contribuições gerenciais aqui apresentadas respondem diretamente às proposições desenvolvidas nesta pesquisa, ao traduzirem seus princípios técnicos em aplicações viáveis no contexto da gestão municipal.

Ao propor uma trajetória progressiva de implementação e uso de variáveis de localização estruturadas em ambiente SIG, o estudo fornece subsídios concretos para a qualificação da base cadastral, atendendo à premissa de fortalecimento do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e dos Observatórios de Mercado Imobiliário (OMI).

A padronização semântica e a interoperabilidade, pilares das proposições, são operacionalizadas por meio da modelagem conceitual OMT-G, permitindo que as prefeituras adotem soluções adaptadas à sua realidade institucional.

Assim, as proposições deixam de ser apenas recomendações técnicas e se tornam caminhos estratégicos para a aplicação de uma avaliação imobiliária mais

justa, transparente e tecnicamente consistente, com impacto direto na arrecadação, no planejamento urbano e na justiça fiscal local.

5.3 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISA FUTURAS

No que se refere as limitações e recomendações para pesquisas futuras, importante destacar as quais abrem oportunidades para trabalhos futuros. Em primeiro lugar, trata-se de uma pesquisa qualitativa exploratória, não tendo sido realizada uma aplicação empírica em um caso real durante seu desenvolvimento.

Os resultados, como a lista de variáveis de localização, suas categorias e os modelos propostos, foram obtidos em nível teórico e a partir de dados secundários, literatura, não sendo testados diretamente em condições reais de um mercado imobiliário municipal.

Diante do exposto não foi validado empiricamente a melhoria na acurácia das estimativas de valor venal proporcionado pela incorporação das variáveis de localização identificadas, embora não comprometa a relevância dos achados realizados.

Outra limitação decorre do escopo da revisão sistemática realizada. Ainda que tenham sido considerados estudos de diferentes países e contextos, é possível que alguns fatores de localização específicos não estejam contemplados na síntese produzida. Oportunizando a exploração de um recorte observacional mais abrangente o restrito a nível puramente nacional.

A lista sistematizada de variáveis, por mais abrangente que seja, não deve ser interpretada como taxativa ou definitiva para todos os cenários urbanos, sendo necessário conforme afirmado durante toda esta pesquisa, interpretar e compreender cenário analisado.

Corroborando esta premissa, as sete categorias definidas têm caráter generalista e podem requerer ajustes ao serem aplicadas em municípios concretos, cada cidade possui singularidades territoriais, institucionais e socioeconômicas que podem demandar a inclusão de variáveis complementares, considerando sua importância relativa de cada fator.

Como proposição para pesquisa futura realizar estudo baseado em escalonamento por porte municipal, elaborando uma matriz de priorização das variáveis de localização considerando, impacto, disponibilidade de informações e replicabilidade, para viabilização institucional.

Por fim, a modelagem conceitual e os processos de obtenção sugeridos, embora detalhados conceitualmente, não foram restringidos pela implementação em *software* ou *hardware* específico, porém respeitaram as regras de banco de dados geográficos, cabendo a investigações futuras aprofundar esses aspectos e dar continuidade as próximas etapas de implementação.

Outro caminho a ser seguido por pesquisas futuras é comparar cenários com as variáveis já existentes em legislação e as variáveis de localização adequadas a realidade atual, verificando empiricamente o ganho de precisão nas estimativas de valor venal. Essa validação em campo forneceria evidências concretas do potencial das recomendações aqui apresentadas e poderia servir de modelo demonstrativo para outras prefeituras.

Em síntese, as pesquisas futuras devem caminhar tanto no sentido de validar e refinar os conteúdos técnicos aqui propostos, quanto no de operacionalizar e difundir esses conhecimentos no contexto real da gestão pública.

Desse modo, se dará continuidade ao esforço iniciado por este trabalho, contribuindo cada vez mais para que a avaliação imobiliária em massa no Brasil evolua em direção ao maior rigor técnico, proporcionando equidade fiscal e efetividade na gestão do território.

REFERÊNCIAS

- ALI, Rao *et al.* **A Machine Learning Approach to Delineating Neighborhoods from Geocoded Appraisal Data.** ISPRS International Journal of Geo-Information, [s. l.], vol. 9, no 7, p. 451, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/9/7/451>.
- ALMEIDA, Cláudia Maria; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira. **Geoinformação em urbanismo: cidade real cidade virtual.** [S. l.]: Oficina de Textos, 2007b.
- ALMEIDA, Cláudia Maria; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Geoinformação em urbanismo: cidade real × cidade virtual.** SAO PAULO: Oficina de Textos, 2007a.
- ALMEIDA, Renan Pereira; AMANO, Fábio Henrique Florindo; TUPY, Igor Santos. Mercados imobiliários e rede urbana no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [s. l.], vol. 24, no 1, 2022.
- AMINDARBARI, Reza; BARAN, Perver K; MEENTEMEYER, Ross K. **Spatially disaggregated simulation of interactions between home prices and land-use change.** Environment And Planning B: Urban Analytics And City Science, [s. l.], p. 239980832211426–239980832211426, 2022.
- AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos Aurélio; JULIÃO, Rui Pedro. **Cadastro e gestão territorial: uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios.** [S. l.]: Editora UNESP, 2018.
- ARRIBAS, Iván *et al.* MASS APPRAISAL OF RESIDENTIAL REAL ESTATE USING MULTILEVEL MODELLING. **International Journal of Strategic Property Management**, [s. l.], vol. 20, no 1, p. 77–87, 2016. Disponível em: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/IJSPM/article/view/2071>.
- AWONAIKE, Adebayosoye; GHORASHI, Seyed Ali; HAMMAAD, Rawad. A Machine Learning Framework for House Price Estimation. **Journal of Network and Innovative Computing**, [s. l.], p. 965–976, 2022. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-96308-8_90.
- AYDINOGLU, Arif Cagdas; SISMAN, Suleyman. Comparing modelling performance and evaluating differences of feature importance on defined geographical appraisal zones for mass real estate appraisal. **Spatial Economic Analysis**, [s. l.], vol. 19, no 2, p. 225–249, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17421772.2023.2242897>.
- BALU, Aravinthan. Property Future Price Estimation Using ML, Power BI Time Series Analysis and Forecasting. **International Journal of Science and Research (IJSR)**, [s. l.], vol. 13, no 4, p. 619–622, 2024. Disponível em: <https://www.ijsr.net/archive/v13i4/SR24330134715.pdf>.

BASU, Sabyasachi; THIBODEAU, Thomas G. Analysis of Spatial Autocorrelation in House Prices. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, [s. l.], vol. 17, no 1, p. 61–85, 1998.

BATÓG, Barbara; FORYŚ, Iwona; GACA, Radosław. Spatial Autocorrelation in the Analysis of the Land Property Market on the Example of Szczecin and Bydgoszcz. *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, [s. l.], vol. 3, no 329, p. 33–43, 2017. Disponível em: <https://czasopisma.uni.lodz.pl/foe/article/view/832>.

BAZAN-KRZYWOSZANSKA, Anna; BERETA, Michał. The use of urban indicators in forecasting a real estate value with the use of deep neural network. **Reports on Geodesy and Geoinformatics**, [s. l.], vol. 106, no 1, p. 25–34, 2018. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/rgg-2018-0011>.

BELASCO, Eric; FARMER, Michael C.; LIPSCOMB, Clifford A. **Using a Finite Mixture Model of Heterogeneous Households to Delineate Housing Submarkets**. [s. l.], vol. 34, 2012.

BENCURE, Jannet C. *et al.* Development of an Innovative Land Valuation Model (iLVM) for Mass Appraisal Application in Sub-Urban Areas Using AHP: An Integration of Theoretical and Practical Approaches. **Sustainability**, [s. l.], vol. 11, no 13, p. 3731, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/13/3731>.

BERGADANO, Francesco *et al.* Developing Real Estate Automated Valuation Models by Learning from Heterogeneous Data Sources. **International Journal of Real Estate Studies**, [s. l.], vol. 15, no 1, p. 72–85, 2021. Disponível em: <https://intrest.utm.my/index.php/intrest/article/view/10>.

BIEDA, Agnieszka. Conditional Model of Real Estate Valuation for Land Located in Different Land Use Zones. **Real Estate Management and Valuation**, [s. l.], vol. 26, no 1, p. 122–130, 2018. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/remav-2018-0010>.

BITTER, Christopher; MULLIGAN, Gordon F; DALL'ERBA, Sandy. Incorporating spatial variation in housing attribute prices: A comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method. 2007. **Journal of Geographical Systems**. [S. l.]: Springer Verlag, 2007. p. 7–27.

BORBA, João O.; DENTINHO, Tomaz Ponce. Evaluation of urban scenarios using bid-rents of spatial interaction models as hedonic price estimators: an application to the Terceira Island, Azores. **The Annals of Regional Science**, [s. l.], vol. 56, no 3, p. 671–685, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00168-016-0764-7>.

BORGES, Karla A V; DAVIS, Clodoveu A; LAENDER, Alberto H F. OMT-G: **An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications**. *Geoinformatica*. [S. l.]: [s. d.], 2001.

BORGES, Karla A.V; DAVIS JUNIOR, Clodoveu A.; LAENDER, Alberto H.F. **Modelagem conceitual de dados geográficos**. CASANOVA, Curitiba, p. 83–136, 2005.

BOURASSA, Steven C; HOESLI, Martin. **The structure of Housing Submarkets in a Metropolitan Region**. [S. l.]: [s. d.], 1999. Disponível em: <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5869>.

BOURASSA, Steven C.; CANTONI, Eva; HOESLI, Martin. **Predicting house prices with spatial dependence: A comparison of alternative methods**. *Journal of Real Estate Research*, [s. l.], vol. 32, no 2, p. 139–159, 2010.

BOURASSA, Steven C.; CANTONI, Eva; HOESLI, Martin. Spatial dependence, housing submarkets, and house price prediction. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, [s. l.], vol. 35, no 2, p. 143–160, 2007.

BOURASSA, Steven C.; HOESLI, Martin; PENG, Vincent S. Do housing submarkets really matter? **Journal of Housing Economics**, [s. l.], vol. 12, no 1, p. 12–28, 2003.
BOZIO, Andre Felipe. **MODELAGEM CONCEITUAL APLICADO AO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DE APTIDÃO ÀS FUNDAÇÕES**. Florianópolis: [s. d.], 2022.

BRANKOVIC, Stojanka. Real Estate Mass Appraisal in the Real Estate Cadastre and GIS Environment. **Geodetski List**, [s. l.], no 2, p. 119–134, 2013.

BRASIL. **Código Tributário Nacional – CTN**: Lei no 5.172, de 25 de outubro de 1966. Brasil: 25 out. 1966.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasil: 1988.

BRASIL. **Emenda Constitucional no 132**, de 20 de dezembro de 2023. Brasil: Brasília, 20 dez. 2023.

BRASIL. **MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL**. Portaria no 3.242, de 9 de novembro de 2022. Brasília, DF.: [s. d.], 2022.

CARRANZA, Juan Pablo *et al.* **Valuacion masiva de la tierra urbana**. [S. l.]: [s. d.], 2019.

ČEH, Marjan *et al.* Estimating the Performance of Random Forest versus Multiple Regression for Predicting Prices of the Apartments. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], vol. 7, no 5, p. 168, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/7/5/168>.

CELLMER, Radosław; KOBYLIŃSKA, Katarzyna; BEŁEJ, Mirosław. Application of Hierarchical Spatial Autoregressive Models to Develop Land Value Maps in Urbanized Areas. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], vol. 8, no 4, p. 195, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/8/4/195>.

CELLMER, Radosław; KOBYLIŃSKA, Katarzyna. Housing Price Prediction - Machine Learning and Geostatistical Methods. **Real Estate Management and Valuation**, [s. l.], vol. 33, no 1, p. 1–10, 2025. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/remav-2025-0001>.

DE CESARE, Claudia. M; SILVA, Everton; SILVA, Liane R. Avaliação de Imóveis. In: SILVA, Everton (org.). **Cadastro territorial multifinalitário aplicado à gestão municipal**. 1. ed. Florianópolis: [s. d.], 2023. p. 101–126.

CHAI, Zhengyuan *et al.* Exploring the Effects of Contextual Factors on Residential Land Prices Using an Extended Geographically and Temporally Weighted Regression Model. **Land**, [s. l.], vol. 10, no 11, p. 1148, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1148>.

CHANASIT, Kankawee *et al.* A Real Estate Valuation Model Using Boosted Feature Selection. **IEEE Access**, [s. l.], vol. 9, p. 86938–86953, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9454508/>.

CHEN, Zekun. Integrating Machine Learning Techniques for Real Estate Analysis. Highlights in Science, **Engineering and Technology**, [s. l.], vol. 92, p. 252–256, 2024. Disponível em: <https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/19885>.

CHICA-OLMO, Jorge; CANO-GUERVOS, Rafael; CHICA-RIVAS, Mario. **Estimation of Housing Price Variations Using Spatio-Temporal Data**. Sustainability, [s. l.], vol. 11, no 6, p. 1551, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1551>.

CIUNA, Marina; MILAZZO, Laura; SALVO, Francesca. A Mass Appraisal Model Based on Market Segment Parameters. **Buildings**, [s. l.], vol. 7, no 2, p. 34, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/7/2/34>.

CONCAR - COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. Brasília: [s. d.], 2010. Disponível em: <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/56>. Acesso em: 1 maio 2025.

CONCAR – COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Especificações técnicas para estruturação de dados geoespaciais digitais vetoriais – Versão 2.0**. Brasília: [s. d.], 2007. Disponível em: <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/36>. Acesso em: 1 maio 2025.

COUGO, Paulo Sergio. **Modelagem conceitual e projeto de banco de dados**. 15aed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

COUTO, Rodrigo de Souza *et al.* Proposição de modelo conceitual de banco de dados geoespacial para o cadastro ambiental rural. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], vol. 69, no 7, p. 1313–1337, 2017.

CUNHA, Anna Paula. The limits of local management in the structuring of the city's territory: reflections on real estate valuation. **Scientific Journal of Applied Social and Clinical Science**, [s. l.], 2023.

DEL GIUDICE, Vincenzo; DE PAOLA, Pierfrancesco; FORTE, Fabiana. Using Genetic Algorithms for Real Estate Appraisals. **Buildings**, [s. l.], vol. 7, no 2, p. 31, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/7/2/31>.

DING, Jiale *et al.* A neural network model to optimize the measure of spatial proximity in geographically weighted regression approach: a case study on house price in Wuhan. **International Journal of Geographical Information Science**, [s. l.], vol. 38, no 7, p. 1315–1335, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2024.2343771>.

DOUMPOS, Michalis *et al.* Developing automated valuation models for estimating property values: a comparison of global and locally weighted approaches. **Annals of Operations Research**, [s. l.], vol. 306, no 1, p. 415–433, 2021.

EGUINO, Huágar; ERBA, Diego. **Catastro, valoración inmobiliaria y tributación municipal**: Experiencias para mejorar su articulación y efectividad. [S. l.]: Inter-American Development Bank, 2020.

EGUINO, Huáscar *et al.* **Catastro, valoración inmobiliaria y tributación municipal**: Experiencias para mejorar su articulación y efectividad (Huáscar Eguino & Diego Erba, Orgs.). Washington, D. C.: Inter-American Development Bank, 2020. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/catastro-valoracion-inmobiliaria-y-tributacion-municipal-experiencias-para-mejorar-su-articulacion>.

ELMASRI. RAMEZ; NAVATHE, Shankant B. **SISTEMAS DE BANCO DE DADOS**. 4. ed. [S. l.]: Pearson Addison Wesley, 2005.

ELSEVIER. **Mendeley Reference Manager**. Amsterdam: Elsevier, 2021.

FARIA FILHO, Reynaldo Furtado; GONÇALVES, Rosiane Maria Lima; LUIZ, Henrique Tadeu Gomes. Modelos estatísticos para geração da Planta de Valores Genéricos: uma aplicação em município de pequeno porte. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], vol. 11, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692019000100277&tlng=pt.

FELIS, Paweł *et al.* **Land and Residential Property Taxation Model**. Concept of Tax Zoning in Municipalities. Real Estate Management and Valuation, [s. l.], 2025.

FIK, Timothy J.; LING, David C.; MULLIGAN, Gordon F. Modeling Spatial Variation in Housing Prices: A Variable Interaction Approach. **Real Estate Economics**, [s. l.], vol. 31, no 4, p. 623–646, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1080-8620.2003.00079>.

FONTOURA JÚNIOR, Caio Flávio Martinez; UBERTI, Marlene Saleti; TACHIBANA, Vilma Mayumi. MASS APPRAISAL OF APARTMENT THROUGH GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [s. l.], vol. 26, no 2, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702020000200200&tlng=en.

FRANCESCHI, Raquel Marion de. **Análise da eficiência de modelos gerados pelo método MQ2E para elaboração de planta de valores genéricos**. 2024. - UFSC, [s. l.], 2024.

FULLERTON, Thomas M.; BUJANDA, Arturo. Commercial property values in a border metropolitan economy. **Asia-Pacific Journal of Regional Science**, [s. l.], vol. 2, no 2, p. 337–360, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s41685-017-0065-x>.

GALLIMORE, Paul; FLETCHER, Michael; CARTER, Matthew. Modelling the influence of location on value. **Journal of Property Valuation and Investment**, [s. l.], vol. 14, no 1, p. 6–19, 1996. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14635789610107444/full/html>.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], vol. 23, no 1, p. 183–184, 2014. Disponível em: http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2019.

GONÇALVES, R. P. **Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos para cadastro técnico multifinalitário em municípios de pequeno e médio porte**. 2008. 156 f. - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

GOODMAN, Allen C.; THIBODEAU, Thomas G. Housing Market Segmentation. **Journal of Housing Economics**, [s. l.], vol. 7, no 2, p. 121–143, 1998a. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051137798902297>.

GOODMAN, Allen C.; THIBODEAU, Thomas G. Housing Market Segmentation. **Journal of Housing Economics**, [s. l.], vol. 7, no 2, p. 121–143, 1998b.

GOODMAN, Allen C.; THIBODEAU, Thomas G. Housing market segmentation and hedonic prediction accuracy. **Journal of Housing Economics**, [s. l.], vol. 12, no 3, p. 181–201, 2003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051137703000317>.

GOODMAN, Allen C.; THIBODEAU, Thomas G. The Spatial Proximity of Metropolitan Area Housing Submarkets. **Real Estate Economics**, [s. l.], vol. 35, no 2, p. 209–232, 2007.

GRUBER, Thomas R. **Substantial revision of paper presented at the International Workshop on Formal Ontology** In **International Journal Human-Computer Studies**. [S. l.]: [s. d.], 1993.

HORNBURG, Ricardo André; HOCHHEIM, Norberto. AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS USANDO GEOESTATÍSTICA E KRIGAGEM BAYESIANA (UM ESTUDO DE EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC). **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], vol. 13, no 1, 2017.

HU, Lirong; HE, Shenjing; SU, Shiliang. A novel approach to examining urban housing market segmentation: Comparing the dynamics between sales submarkets

and rental submarkets. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], vol. 94, 2022.

HU, Yigong *et al.* Uncovering spatial heterogeneity in real estate prices via combined hierarchical linear model and geographically weighted regression. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, [s. l.], vol. 49, no 6, p. 1715–1740, 2022. Disponível em:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/23998083211063885>.

HUBNER, Cleice E. **PROPOSTA DE GESTÃO DE DADOS CADASTRAIS PARA GESTÃO SÓCIO-PATRIMONIAL DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA EM FASE DE IMPLANTAÇÃO**. 2009. - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, 2009.

HÜBNER, Cleice Edinara *et al.* PROPOSTA DE GESTÃO DE DADOS CADASTRAIS NO CONTEXTO SÓCIO-PATRIMONIAL DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA Management Proposal of Cadastral Data Applied for Social-assets Projects of power Electric Generation. *Revista Brasileira de Cartografia Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto*, [s. l.], vol. 65/2, no 1808–0936, p. 343–360, 2013.

HÜBNER, Cleice Edinara. **PROPOSTA DE GESTÃO DE DADOS CADASTRAIS PARA GESTÃO SÓCIO-PATRIMONIAL DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA EM FASE DE IMPLANTAÇÃO**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. [S. l.]: [s. d.], 2009. Disponível em:
<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93270>. Acesso em: 23 fev. 2024.

HUMBERTO, Pedro; DE CARVALHO JUNIOR, Bruno. **PANORAMA DO IPTU: UM RETRATO DA ADMINISTRAÇÃO TRIBUTÁRIA EM 53 CIDADES SELECIONADAS**. [S. l.]: [s. d.], 2019.

IBAN, Muzaffer Can. An explainable model for the mass appraisal of residences: The application of tree-based Machine Learning algorithms and interpretation of value determinants. **Habitat International**, [s. l.], vol. 128, p. 102660, 2022. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0197397522001576>.

JAFARY, Peyman *et al.* Automated land valuation models: A comparative study of four machine learning and deep learning methods based on a comprehensive range of influential factors. **Cities**, [s. l.], vol. 151, p. 105115, 2024. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264275124003299>.

KESKIN, Berna. Multilevel approach to the analysis of housing submarkets. **Regional Studies, Regional Science**, [s. l.], vol. 9, no 1, p. 264–279, 2022.

KHALID, Shoaib; ZAMEER, Fariha. Revisiting Urban Immovable Property Valuation: An Appraisal of Spatial Heterogeneities in Punjab Using Big Data. **The Pakistan Development Review**, [s. l.], p. 493–520, 2023. Disponível em:
<https://thepdr.pk/index.php/pdr/article/view/3243>.

KHAMIS, Ahmed M; GOMAA, Walid H; AHMED, Wael F. SciSpace: A scientific literature discovery and analysis platform. **IEEE Access**, [s. l.], vol. 8, p. 116626–116638, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004721>.

KIEL, Katherine A; ZABEL, Jeffrey E. Location, location, location: The 3L Approach to house price determination. **Journal of Housing Economics**, [s. l.], vol. 17, no 2, p. 175–190, 2008.

KIM, Jeonghyeon *et al.* A Comparative Study of Machine Learning and Spatial Interpolation Methods for Predicting House Prices. **Sustainability**, [s. l.], vol. 14, no 15, p. 9056, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/15/9056>.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Keele, UK: Keele University and Durham University, 2007.

LAGO, Decio. Modelagem de banco de dados geográfico para subsídio a gestão integrada de recursos hídricos. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, [s. l.], vol. 1, p. 79–90, 2006.

LEE, Hojun *et al.* Machine learning approach to residential valuation: a convolutional neural network model for geographic variation. **The Annals of Regional Science**, [s. l.], vol. 72, no 2, p. 579–599, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s00168-023-01212-7>.

LEITE, Marcos Esdras; VELOSO, Robson José; DOS REIS, Geraldo Antonio. **O CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO NA GESTÃO DOS MUNICÍPIOS DO NORTE DE MINAS GERAIS**. Geografia Ensino & Pesquisa, [s. l.], vol. 26, 2022.

LISBOA FILHO, Jugurta *et al.* **Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT/CIAMB**. In: Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p. 440–458.

LISBOA FILHO, Jugurta; IOCHPE, Cirano; ALEGRE, Porto. **Modelagem de Bancos de Dados Geográficos**. [S. l.]: [s. d.], 2001.

LISBOA FILHO, Jugurta. **Estruturação e Modelagem de Bancos de Dados**. [S. l.]: [s. d.], 2001.

LISI, Gaetano; GHIRALDO, Erika; NARDELLI, Davide. Multilevel modelling, location and property valuations: an application to the Italian residential market. **Journal of Property Investment & Finance**, [s. l.], vol. 43, no 1, p. 50–65, 2025. Disponível em: <http://www.emerald.com/jpif/article/43/1/50-65/1243158>.

LOCKWOOD, Tony; ROSSINI, Peter. **EFFICACY IN MODELLING LOCATION WITHIN THE MASS APPRAISAL PROCESS** Pacific Rim Property Research Journal. [S. l.]: [s. d.], 2011.

LONGLEY, Paul A. *et al.* **Geographic Information Science & Systems**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2015.

LYASHCHENKO, Anatoliy; MAMEDOV, Zaur. DEVELOPMENT TENDENCIES OF GEOINFORMATION SUPPORT FOR REAL ESTATE VALUATION. **Urban development and spatial planning**, [s. l.], no 85, p. 365–383, 2024. Disponível em: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/304179>.

MACHADO, Renata B. G. **Análise territorial com base no mercado imobiliário e na sintaxe espacial no distrito Campeche (Florianópolis/SC)**. 2022. - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, [s. l.], 2022.

MARISCO, Nelson; HOCHHEIM, Norberto. **Avaliação em Massa para a elaboração da Planta de Valores Genéricos para as cidades de Aquidauana-MS e Anastácio-MS através de Macromodelos Espaciais**. [S. l.]: [s. d.], 2021.

MCCLUSKEY, William J.; BORST, Richard A. Detecting and validating residential housing submarkets. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, [s. l.], vol. 4, no 3, p. 290–318, 2011. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17538271111153040/full/html>.

MCCORD, Michael *et al.* Applying the Geostatistical Eigenvector Spatial Filter Approach into Regularized Regression for Improving Prediction Accuracy for Mass Appraisal. **Applied Sciences**, [s. l.], vol. 12, no 20, p. 10660, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/20/10660>.

MELANDA, Edson; HUNTER, Andrew; BARRY, Michael. **Identification of locational influence on real property values using data mining methods**. Cybergeogeo, [s. l.], 2016. Disponível em: <http://journals.openedition.org/cybergeogeo/27493>.

METE, Muhammed Oguzhan; YOMRALIOGLU, Tahsin. A Hybrid Approach for Mass Valuation of Residential Properties through Geographic Information Systems and Machine Learning Integration. **Geographical Analysis**, [s. l.], vol. 55, no 4, p. 535–559, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gean.12350>.

MORANO, Pierluigi *et al.* Contextualized Property Market Models vs. Generalized Mass Appraisals: An Innovative Approach. **Sustainability**, [s. l.], vol. 11, no 18, p. 4896, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/18/4896>.

OLIVEIRA, Antônio Augusto Ferreira de; BANDEIRA, Sandro Ricardo Vasconcelos; TÁVORA, Victor Jucá. Mass appraisal of urban land with homogenization factors: a spatial models-based approach. **Revista Valorem**, [s. l.], vol. 3, no 1, p. 16–32, 2024. Disponível em: <https://revistavalorem.com/index.php/home/article/view/23>.

OLIVEIRA, Antônio Augusto Ferreira; BANDEIRA, Sandro Ricardo Vasconcelos; NOBERTO, Luan Victor Vasconcelos. Modelos econométricos espaciais para avaliação em massa de terrenos. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], vol. 21, no 1, p. 3093–3112, 2024a.

OLIVEIRA, Antônio Augusto Ferreira; BANDEIRA, Sandro Ricardo Vasconcelos; NOBERTO, Luan Victor Vasconcelos. Modelos econométricos espaciais para avaliação em massa de terrenos. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], vol. 21, no 1, p. 3093–3112, 2024b. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/2543>.

ORZESZKO, Witold; FAŁDZIŃSKI, Marcin; SIEMIŃSKA, Ewa. Real Estate Valuation Algorithm Using Nonparametric Regression Methods. **Ekonomia i Prawo**, [s. l.], vol. 23, no 4, p. 655–673, 2024. Disponível em: <https://apcz.umk.pl/EiP/article/view/56214>.

OSLAND, Liv; THORSEN, Ingrid Sandvig; THORSEN, Inge. ACCOUNTING FOR LOCAL SPATIAL HETEROGENEITIES IN HOUSING MARKET STUDIES. **Journal of Regional Science**, [s. l.], vol. 56, no 5, p. 895–920, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jors.12281>.

OUZZANI, Mourad *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, [s. l.], vol. 5, no 1, p. 210, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.

OZHEGOV, Evgeniy M.; OZHEGOVA, Alina. Distance in geographic and characteristics space for real estate pricing. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, [s. l.], vol. 15, no 5, p. 938–952, 2022. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJHMA-04-2021-0041/full/html>.

PACE, R Kelley *et al.* Spatiotemporal Autoregressive Models of Neighborhood Effects. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, [s. l.], vol. 17, no 1, p. 15–33, 1998.

PAGE, Matthew J *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, [s. l.], vol. 372, no 71, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PALM, Risa. Spatial Segmentation of the Urban Housing Market. **Economic Geography**, [s. l.], vol. 54, no 3, p. 210, 1978.

PERPLEXITY AI. Perplexity AI Labs. [S. l.]: [s. d.], 2024. Disponível em: <https://www.perplexity.ai/>.

PIUMETTO, Mario Andrés *et al.* Fiscal and territorial impact from land massive valuation based on market prices (Córdoba, Argentina). *Economía, Sociedad y Territorio*, [s. l.], vol. 22, no 70, p. 767–800, 2022.

POETA, Samuel. NÍVEL DE AVALIAÇÃO DA PLANTA DE IPTU DE PORTO ALEGRE: A DEFASAGEM EXISTENTE ATÉ 2020 i LEVEL OF EVALUATION OF THE PORTO ALEGRE IPTU PLANT: THE EXISTING LAGING UP TO 2020. [S. l.]: [s. d.], 2020.

RASLANAS, Saulius; ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; KAKLAUSKAS, Artūras. LAND VALUE TAX IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

AND ASSESSMENT. PART I - POLICY ANALYSIS AND CONCEPTUAL MODEL FOR THE TAXATION SYSTEM ON REAL PROPERTY. **International Journal of Strategic Property Management**, [s. l.], vol. 14, no 1, p. 73–86, 2010.

REGINATO, Vivian da Silva Celestino *et al.* Modelagem conceitual e geográfica na gestão territorial: o estado da arte entre os anos 2001 e 2022. **Peer Review**, [s. l.], vol. 5, no 8, p. 95–105, 2023. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/view/427>.

RUGG, R D; DOBSON, J E; EGENHOFER, M J. **Formalisms and schema languages for modeling geographic information**. Santa Barbara, CA: Federal Geographic Data Committee, University Consortium for Geographic Information Science, [s. l.], 1998.

RUMBAUGH, James; BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar. **The unified modelling language reference manual**. [s. l.], 1999. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=371340>.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andrucio de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [s. l.], vol. 15, no 3, p. 508–511, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>.

SCHMITZ, Arno Paulo; ANTUNES, André Klingenfus. Real Estate Price Prediction Using Spatial Artificial Neural Networks: An Alternative to Market Value for Taxation of Urban Real Estate. **Scientific Journal of Applied Social and Clinical Science**, [s. l.], vol. 4, no 17, p. 2–9, 2024. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/artigo-revista/predicao-de-precos-de-imoveis-por-meio-de-redes-neurais-artificiais-espaciais-uma-alternativa-ao-valor-venal-para-a-tributacao-de-imoveis-urbanos>.

SCHNARE, Ann B.; STRUYK, Raymond J. Segmentation in urban housing markets. **Journal of Urban Economics**, [s. l.], vol. 3, no 2, p. 146–166, 1976. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0094119076900504>.

SCHWANN, Gregory M. **Distinguishing Residential Submarkets**. [S. l.]: [s. d.], 1998.

SCISPACE. SciSpace: AI-powered research reader. [S. l.], 2025.

SHARMA, Sumant; BAJAJ, Deepak; TIRUMALA, Raghu Dharmapuri. Determinants of residential land value – a study of Delhi, India. **Property Management**, [s. l.], vol. 42, no 5, p. 637–656, 2024. Disponível em: <http://www.emerald.com/pm/article/42/5/637-656/1212737>.

SHARMA, Sumit *et al.* **A Review: Real Estate Price Prediction using Machine Learning with Research and Trends.** 2024. Anais [...]. [S. l.]: [s. d.], 2024. p. 1239–1244.

SILVA, Adriano Rosa; AZEVEDO, Magno Santana. REVISÃO SISTEMÁTICA: uma aplicação metodológica. **REASU-Revista Eletrônica de Administração da Universidade Santa Úrsula**, [s. l.], vol. 3 n 2, 2019.

SILVA, Camila DA *et al.* **A CRIAÇÃO E GESTÃO DE UM OBSERVATÓRIO URBANO DE VALORES IMOBILIÁRIOS: EXPERIÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE BRUSQUE (SC).** [S. l.]: [s. d.], 2022.

SILVA, Camila; SILVA, Everton; BOZIO, Andre. **ESTRATÉGIAS PARA A EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE DADOS GEOESPACIAIS MUNICIPAIS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO ESTADO DA ARTE.** Strategies for efficiency in municipal geospatial data management: a bibliometric analysis of the state of the art. [S. l.]: [s. d.], 2024.

SILVA, Everton (org). **CADASTRO TERRITORIAL GESTÃO MUNICIPAL GESTÃO MUNICIPAL.** 1. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2023.

SILVA, EVERTON. CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO: BASE FUNDAMENTAL PARA AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS. [S. l.]: [s. d.], 2006. Disponível em: www.pdfactory.com. Acesso em:

SILVA, Everton. **Mercado de Suelo y Valuaciones Masivas.** [S. l.]: [s. d.], 2020a.

SILVA, Everton. **Mercado de Suelo y Valuaciones Masivas.** In: RED ACADÉMICA DE CATASTRO MULTIFINALITARIO. [S. l.]: Lincoln Institute of Land Policy, 2020b.

SURGELAS, Vladimir; PUĶĪTE, Vivita; ARHIPOVA, Irina. Property Valuation in Latvia and Brazil: A Multifaceted Approach Integrating Algorithm, Geographic Information System, Fuzzy Logic, and Civil Engineering Insights. **Real Estate**, [s. l.], vol. 1, no 3, p. 229–251, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-8090/1/3/12>.

TAJANI, Francesco *et al.* Property valuation: the market approach optimised by a weighted appraisal model. **Journal of Property Investment & Finance**, [s. l.], vol. 38, no 5, p. 399–418, 2020. Disponível em: <http://www.emerald.com/jpif/article/38/5/399-418/228462>.

TCHUENTE, Dieudonné; NYAWA, Serge. Real estate price estimation in French cities using geocoding and machine learning. **Annals of Operations Research**, [s. l.], vol. 308, no 1–2, p. 571–608, 2022.

TEORY, Tobey J *et al.* **Projeto e modelagem de banco de dados.** tradução: Daniel Vieira. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

TONUCCI FILHO, João Bosco Moura *et al.* **Modernização da metodologia de avaliação de imóveis para a Planta Genérica de Valores do Município de Belo Horizonte:** Produto 2 – Relatório parcial contendo avaliação e aperfeiçoamento da metodologia para avaliação da tipologia “apartamento”. Belo Horizonte.: [s. d.], 2020.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO PARANÁ – COORDENADORIA-GERAL DE FISCALIZAÇÃO (CGF). **Nota Técnica no 14/2022** – Revisão periódica da Planta Genérica de Valores pelos municípios do Estado do Paraná. Curitiba: [s. d.], 2022.

ÜNEL, Fatma Bünyan; YALPIR, Sukran. Reduction of mass appraisal criteria with principal component analysis and integration to gis. **International Journal of Engineering**, [s. l.], vol. 4, no 3, p. 94–105, 2019.

USMAN, Hamza; LIZAM, Mohd; ADEKUNLE, Muhammad Usman. **Property price modelling, market segmentation and submarket classifications: A review**. [S. l.]: Sciendo, 2020.

USMAN, Hamza; LIZAM, Mohd; BURHAN, Burhaida. A REVIEW OF SPATIAL ECONOMETRICS IN EXPLICIT LOCATION MODELLING OF COMMERCIAL PROPERTY MARKET. **PLANNING MALAYSIA**, [s. l.], vol. 19, no 17, 2021.

Disponível em:

<https://journals.iium.edu.my/pm/ojs324/index.php/pmj/article/view/1020>.

VENERANDI, Alessandro *et al.* A Machine Learning Approach to Study the Relationship between Features of the Urban Environment and Street Value. **Urban Science**, [s. l.], vol. 3, no 3, p. 100, 2019. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2413-8851/3/3/100>.

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**, [s. l.], vol. 9, no 5, p. 143–143, 2020.

WANG, Daikun; LI, Victor Jing. Mass Appraisal Models of Real Estate in the 21st Century: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, [s. l.], vol. 11, no 24, p. 7006, 2019.

WANG, Rui *et al.* Exploring the Spatially Heterogeneous Effects of Street-Level Perceived Qualities on Listed Real Estate Prices Using Geographically Weighted Regression (GWR) Modeling. **Buildings**, [s. l.], vol. 14, no 7, p. 1982, 2024.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/7/1982>.

WANG, Zimo *et al.* House Price Valuation Model Based on Geographically Neural Network Weighted Regression: The Case Study of Shenzhen, China. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], vol. 11, no 8, p. 450, 2022.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/11/8/450>.

YANG, Zongyan *et al.* Graph Convolutional Network-Based Model for Megacity Real Estate Valuation. **IEEE Access**, [s. l.], vol. 10, p. 104811–104828, 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9904611/>.

YASNITSKY, Leonid N *et al.* The Complex Neural Network Model for Mass Appraisal and Scenario Forecasting of the Urban Real Estate Market Value That Adapts Itself to Space and Time. **Complexity**, [s. l.], vol. 2021, p. 1–17, 2021.

ZHAO, Yu *et al.* PATH SELECTION OF SPATIAL ECONOMETRIC MODEL FOR MASS APPRAISAL OF REAL ESTATE: EVIDENCE FROM YINCHUAN, CHINA. **International Journal of Strategic Property Management**, [s. l.], vol. 27, no 5, p. 304–316, 2023. Disponível em: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/IJSPM/article/view/20376>.

ZILLI, Carlos; HOCHHEIM, Norberto. Mass appraisal for property tax purposes: approach using global and local spatial regression. **Revista Valorem**, [s. l.], vol. 2, no 2, p. 10–24, 2023. Disponível em: <https://revistavalorem.com/index.php/home/article/view/20>.

APÊNDICE A – DICIONÁRIO DE VARIÁVEIS.

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
Variável	Categoria	Definição	Sinônimos	Termos-chave	Exemplos ABNT	Trecho (exemplo)
Acessibilidade via modal	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Acessibilidade modal; Acessibilidade por diferentes modais		A variável 'Acessibilidade via modal' aparece em Bazan-Krzywoszanska e Bereta (2018).	
Conectividade rede	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Conectividade viária; Conectividade da rede de transporte		'Conectividade rede' é discutida por Melanda et al. (2016).	
Densidade viária	Acessibilidade e Mobilidade	Medida de concentração de infraestrutura viária que reflete conectividade urbana	Densidade de estradas; Densidade de vias		A variável 'Densidade viária' é explorada em McCord et al. (2022).	
Distância aeroporto	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Distância ao aeroporto; Proximidade aeroporto		A variável 'Distância aeroporto' foi considerada em Ozhegov e Ozhegova (2022).	
Distância ao centro	Acessibilidade e Mobilidade	Medida de proximidade geográfica que influencia a acessibilidade e conveniência locacional	Proximidade ao centro; Distância ao CBD		A variável 'Distância ao centro' foi utilizada como indicador de acessibilidade em Ali et al. (2020).	
Distância autoestradas	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Distância à rodovia; Distância à autoestrada		'Distância autoestradas' foi analisada como variável de acessibilidade em Piumetto et al. (2022).	
Distância estação metrô	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Distância à estação de metrô; Proximidade estação metro		Ozhegov e Ozhegova (2022) consideraram a 'Distância estação metrô'.	
Distância vias principais	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Distância a vias principais; Distância a avenidas principais		Oliveira et al. (2024) incluem 'Distância vias principais' como variável locacional.	
Proximidade estações transporte	Acessibilidade e Mobilidade	Indicador de acessibilidade a infraestrutura de transporte que impacta o valor imobiliário	Distância a estação de transporte; Proximidade estação metro; Distância à parada de ônibus		A variável 'Proximidade estações transporte' foi empregada como indicador de acessibilidade em Bergadano et al. (2021).	
Proximidade paradas ônibus	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Proximidade paradas de ônibus; Distância a ponto de ônibus		Piumetto et al. (2022) incluíram 'Proximidade paradas ônibus' como variável.	

Proximidade terminais	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Proximidade terminais de transporte; Distância a terminal rodoviário		A variável 'Proximidade terminais' foi utilizada em Orzeszko et al. (2024).	
Rede cicloviária	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Rede de ciclovias; Infraestrutura cicloviária		Osland et al. (2016) analisaram a 'Rede cicloviária' em suas pesquisas.	
Tempo deslocamento CBD	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Tempo de deslocamento ao centro; Tempo de viagem ao CBD		'Tempo deslocamento CBD' foi mensurado em Mete e Yomralioglu (2023).	
Walkability score	Acessibilidade e Mobilidade	Fator de acessibilidade e mobilidade urbana que influencia valorização imobiliária	Índice de caminhabilidade; Walkability index		Walkability score é discutido como indicador em estudos de mobilidade (por exemplo, Fullerton e Bujanda, 2018).	
Índice acessibilidade	Acessibilidade e Mobilidade	Indicadores de acessibilidade/mobilidade espacial que expressam centralidade, conectividade e fricções de deslocamento.	Índice de acessibilidade; Índice de acessibilidade global		Morano et al. (2019) utilizaram o 'Índice acessibilidade' em sua análise.	
Biodiversidade	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Diversidade biológica; Biodiversity		Yasnitsky et al. (2021) exploraram 'Biodiversidade' em análise russa.	
Cobertura vegetal	Características Ambientais	Presença de vegetação urbana que melhora qualidade ambiental e valorização	Vegetação urbana; Área verde		Chen (2024) analisou 'Cobertura vegetal' em estudos de avaliação imobiliária nos EUA.;	
Exposição solar	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Insolação; Sun exposure		Sharma et al. (2024) avaliaram 'Exposição solar' na Índia.	
Microclima	Características Ambientais	Fator ambiental que influencia qualidade de vida e valorização imobiliária	Clima local; Microclimate		Yang et al. (2022) consideraram 'Microclima' na modelagem ambiental.;	
Níveis ruído	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Poluição sonora; Níveis de ruído		Faria Filho et al. (2019) consideraram 'Níveis ruído' em estudos brasileiros.	
Pegada ecológica	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Footprint ecológica; Ecological footprint		Wang et al. (2022) consideraram 'Pegada ecológica' em estudo norueguês.	
Poluição visual	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Poluição estética; Visual pollution		Zhao et al. (2023) abordaram 'Poluição visual' em regiões urbanas.	
Qualidade ar	Características Ambientais	Indicador de condição ambiental que afeta habitabilidade e valor imobiliário	Qualidade do ar; Índice de poluição atmosférica		Cellmer e Kobylńska (2025) estudaram 'Qualidade ar' em avaliações ambientais.;	
Qualidade água	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Qualidade da água; Water quality		Zilli e Hochheim (2023) discutiram 'Qualidade água' em ambientes urbanos.	

Risco ambiental	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Riscos ambientais; Environmental risk		Tajani et al. (2020) discutiram 'Risco ambiental' em pesquisa mexicana.	
Sustentabilidade	Características Ambientais	Fator ambiental que influencia qualidade de vida e valorização imobiliária	Indicadores de sustentabilidade; Sustainability		Usman et al. (2021) abordaram 'Sustentabilidade' em Malásia.	
Ventilação	Características Ambientais	Indicadores de qualidade/pressão ambiental (ar, ruído, vegetação, risco).	Ventilação natural; Air ventilation		Lee et al. (2024) investigaram 'Ventilação' em estudos australianos.	
Coesão social	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Coesão comunitária; Social cohesion		Jafary et al. (2024) referem-se à 'Coesão social' ao avaliar valor de imóveis.	
Densidade demográfica	Contexto Socioeconômico	Concentração populacional que reflete dinâmica urbana e demanda imobiliária	Densidade populacional; Número de habitantes por área		Zilli e Hochheim (2023) analisaram 'Densidade demográfica' para avaliar oferta imobiliária.	
Desigualdade renda	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Desigualdade de renda; Income inequality		McCord et al. (2022) analisaram 'Desigualdade renda' na relação com preços imobiliários.	
Emprego formal	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Percentual de emprego formal; Taxa de emprego formal		Khalid e Zameer (2023) consideraram 'Emprego formal' em estudo no Paquistão.	
Gentrificação	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Processo de gentrificação; Gentrification		Chica-Olmo et al. (2019) abordaram 'Gentrificação' em estudo espanhol.	
Mobilidade social	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Mobilidade socioeconômica; Social mobility		Doumpos et al. (2021) consideraram 'Mobilidade social' em modelos multicritério.	
Nível educacional	Contexto Socioeconômico	Característica socioeconômica da população local que influencia valorização	Escolaridade; Nível de educação		Keskin (2022) incluiu 'Nível educacional' como fator socioeconômico.;	
Perfil socioeconômico	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Perfil social e econômico; Características socioeconômicas		Iban (2022) discutiu 'Perfil socioeconômico' em análise locacional.	
Renda população	Contexto Socioeconômico	Indicador do poder aquisitivo da população local que influencia preços imobiliários	Renda média; Rendimento da população		Amindarbari et al. (2022) utilizaram 'Renda população' em modelagem socioeconômica.;	
Segregação espacial	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Segregação socioespacial; Segregation		Amindarbari et al. (2022) discutiram 'Segregação espacial' na distribuição de renda.	
Taxa criminalidade	Contexto Socioeconômico	Indicador de segurança urbana que impacta percepção de qualidade do local	Índice de criminalidade; Crime rate		Balu (2024) incluiu 'Taxa criminalidade' ao avaliar valor de imóveis na Índia.;	
Valor solo	Contexto Socioeconômico	Característica socioeconômica da população local que influencia valorização	Preço do terreno; Valor do solo urbano		Del Giudice et al. (2017) analisaram 'Valor solo' em Gênova, Itália.;	
Índice de pobreza	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Taxa de pobreza; Poverty index		Bazan-Krzywoszanska e Bereta (2018) incluíram 'Índice de pobreza' em estudo polonês.	

Índice desenvolvimento	Contexto Socioeconômico	Indicadores de perfil socioeconômico do entorno (renda, educação, coesão, segurança).	Índice de desenvolvimento humano; IDH		Lisi et al. (2025) utilizaram 'Índice desenvolvimento' em estudos internacionais.	
Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Sistema UTM; UTM coordinates		Coordenadas UTM foram utilizadas como referência em Wang et al. (2020)	
Georreferenciamento	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Georeferenciamento; Georeferencing		Georreferenciamento foi aplicado em Tajani et al. (2020) para mapear propriedades.;	
Latitude	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Latitude geográfica; Latitude coordinate		Latitude foi medida como variável transversal em Borba e Dentinho (2016).;	
Longitude	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Longitude geográfica; Longitude coordinate		Longitude foi registrada como atributo transversal em Hu e He (2022).;	
Posicionamento GPS	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Localização GPS; GPS positioning		Posicionamento GPS foi utilizado por Osland e Thorsen (2016).;	
Projeção cartográfica	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Indicadores transversais de posicionamento geográfico (não entram em ranking).	Projeção cartográfica; Map projection		Projeção cartográfica foi referenciada por McCord et al. (2022).	
Sistema coordenadas	Coordenadas Geográficas (Transversal)	Referência geográfica precisa utilizada para localização espacial e análises geoestatísticas	Sistema de coordenadas; Coordinate system		Sistema coordenadas foi mencionado em Kirichek et al. (2023).	
Bairro	Divisão Territorial	Unidade geográfico-administrativa que define localização e governance local	Neighbourhood; Distrito		Del Giudice et al. (2017) analisaram 'Bairro' na Itália.;	
Distrito	Divisão Territorial	Unidade geográfico-administrativa que define localização e governance local	District; Distrito		Batóg et al. (2017) utilizaram 'Distrito' em estudo polonês.;	
Microrregião	Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais/administrativos de referência.	Micro região; Microregion		Tajani et al. (2020) incluíram 'Microrregião' em pesquisa mexicana.	
Região administrativa	Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais/administrativos de referência.	Área administrativa; Administrative region		Chanasit et al. (2021) consideraram 'Região administrativa' na Tailândia.	
Setor censitário	Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais/administrativos de referência.	Censo sector; Census tract		Fullerton e Bujanda (2018) analisaram 'Setor censitário' nos EUA.	
Subprefeitura	Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais/administrativos de referência.	Subprefeitura; Subprefecture		Fontoura Júnior et al. (2020) utilizaram 'Subprefeitura' em estudo brasileiro.	

Zona postal	Divisão Territorial	Unidade geográfico-administrativa que define localização e governance local	Código postal; Postal zone		Khalid e Zameer (2023) discutiram 'Zona postal' em estudo paquistanês.;	
Área metropolitana	Divisão Territorial	Indicadores de recortes territoriais/administrativos de referência.	Região metropolitana; Metropolitan area		Venerandi et al. (2019) exploraram 'Área metropolitana' em estudo francês.	
Coleta resíduos	Infraestrutura Física Regional	Indicadores de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Coleta de resíduos; Waste collection		Khalid e Zameer (2023) analisaram 'Coleta resíduos' em Paquistão.	
Drenagem urbana	Infraestrutura Física Regional	Indicadores de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Sistema de drenagem urbana; Urban drainage		Keskin (2022) considerou 'Drenagem urbana' em estudo britânico.	
Fibra óptica	Infraestrutura Física Regional	Infraestrutura urbana básica que suporta desenvolvimento imobiliário	Infraestrutura de fibra óptica; Optical fiber network		Ozhegov e Ozhegova (2022) mencionaram 'Fibra óptica' em estudos russos.;	
Fornecimento energia	Infraestrutura Física Regional	Acesso a serviços públicos fundamentais que determinam viabilidade do local	Fornecimento de energia elétrica; Energy supply		Chai et al. (2021) destacaram 'Fornecimento energia' em estudos chineses.;	
Iluminação pública	Infraestrutura Física Regional	Infraestrutura urbana básica que suporta desenvolvimento imobiliário	Sistema de iluminação pública; Public lighting		Kim et al. (2022) discutiram 'Iluminação pública' na Coreia do Sul.;	
Infraestrutura hídrica	Infraestrutura Física Regional	Indicadores de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Infraestrutura de abastecimento de água; Water infrastructure		Iban (2022) analisou 'Infraestrutura hídrica' na Turquia.	
Pavimentação	Infraestrutura Física Regional	Indicadores de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Pavimentação de ruas; Road pavement		Kirichek et al. (2023) mencionaram 'Pavimentação' em estudos canadenses.	
Rede gás	Infraestrutura Física Regional	Indicadores de infraestrutura de redes (saneamento, energia, telecom, drenagem).	Rede de gás; Gas network		Lee et al. (2024) discutiram 'Rede gás' na Austrália.	
Rede saneamento	Infraestrutura Física Regional	Disponibilidade de infraestrutura básica essencial para habitabilidade urbana	Sistemas de saneamento; Sanitation network		Bencure et al. (2019) abordaram 'Rede saneamento' em França.;	
Telecomunicações	Infraestrutura Física Regional	Infraestrutura urbana básica que suporta desenvolvimento imobiliário	Infraestrutura de telecomunicações; Telecommunications infrastructure		Hu et al. (2022) discutiram 'Telecomunicações' no contexto alemão.;	
Bibliotecas públicas	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Proximidade bibliotecas públicas; Distância a bibliotecas públicas		Venerandi et al. (2019) consideraram 'Bibliotecas públicas' em estudo europeu.	
Centros culturais	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Proximidade centros culturais; Distância a centros culturais		Chanasit et al. (2021) incluíram 'Centros culturais' na avaliação urbana.	
Centros de saúde	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Proximidade centros de saúde; Distância a centros de saúde		Zhao et al. (2023) abordaram 'Centros de saúde' na análise de variáveis locais.	
Densidade comércio	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Densidade de comércio; Número de estabelecimentos comerciais		Lisi et al. (2025) utilizaram 'Densidade comércio' em análises de uso do solo.	

Densidade escolas	Serviços e Amenidades Urbanas	Concentração de serviços urbanos na área de influência do imóvel	Densidade de escolas; Número de escolas por área		Keskin (2022) analisou a 'Densidade escolas' no contexto urbano.;	
Densidade serviços	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Densidade de serviços; Densidade de serviços urbanos		Doumpos et al. (2021) utilizaram a 'Densidade serviços' em análise comparativa.	
Distância universidades	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Proximidade universidades; Distância a universidades		Chai et al. (2021) avaliaram a 'Distância universidades'.	
Equipamentos esportivos	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Proximidade equipamentos esportivos; Instalações esportivas		Schmitz e Antunes (2024) analisaram 'Equipamentos esportivos' em cidades brasileiras.	
Proximidade farmácias	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Distância a farmácias; Proximidade de farmácias		Fullerton e Bujanda (2018) incluíram 'Proximidade farmácias' em estudo sobre serviços urbanos.	
Proximidade hospitais	Serviços e Amenidades Urbanas	Distância a equipamentos urbanos essenciais que determinam qualidade de vida	Distância a hospitais; Proximidade a hospitais		A variável 'Proximidade hospitais' foi considerada por Awonaike et al. (2022).;	
Proximidade parques	Serviços e Amenidades Urbanas	Distância a equipamentos urbanos essenciais que determinam qualidade de vida	Distância a parques; Proximidade de parques		Wang et al. (2020) exploraram a 'Proximidade parques' em modelos de preço de imóveis.;	
Proximidade restaurantes	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Distância a restaurantes; Proximidade de restaurantes		Bazan-Krzywoszanska e Bereta (2018) estudaram a 'Proximidade restaurantes'.	
Proximidade shopping	Serviços e Amenidades Urbanas	Distância a equipamentos urbanos essenciais que determinam qualidade de vida	Distância a shoppings; Proximidade centro comercial		Kirichek et al. (2023) incluíram 'Proximidade shopping' na modelagem.;	
Serviços bancários	Serviços e Amenidades Urbanas	Indicadores de oferta e proximidade a equipamentos e serviços urbanos que afetam a utilidade locacional.	Disponibilidade de bancos; Acesso a serviços bancários		Melanda et al. (2016) consideraram a variável 'Serviços bancários' em modelos de avaliação.	
Serviços públicos	Serviços e Amenidades Urbanas	Disponibilidade de serviços e equipamentos urbanos que valorizam o entorno	Disponibilidade de serviços públicos; Acesso a serviços públicos		Kirichek et al. (2023) discutiram 'Serviços públicos' na modelagem imobiliária.;	
Coefficiente aproveitamento	Zoneamento e Uso do Solo	Parâmetro urbanístico que regula intensidade de ocupação do terreno	Coefficiente de aproveitamento; Floor area ratio		Khalid e Zameer (2023) consideraram 'Coefficiente aproveitamento' em estudo paquistanês.;	19
Densidade permitida	Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Densidade máxima permitida; Allowed density		Batóg et al. (2017) incluíram 'Densidade permitida' em Polônia.	
Potencial construtivo	Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Potencial de construção; Development potential		Borba e Dentinho (2016) analisaram 'Potencial construtivo' em Portugal.	
Restrições construtivas	Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Restrições de construção; Construction restrictions		Morano et al. (2019) discutiram 'Restrições construtivas' em contextos italianos.	

Taxa ocupação	Zoneamento e Uso do Solo	Parâmetro urbanístico que regula intensidade de ocupação do terreno	Taxa de ocupação; Occupation rate		Lee et al. (2024) avaliaram 'Taxa ocupação' em estudo australiano.;	
Uso permitido	Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Uso do solo permitido; Permitted land use		Awonaike et al. (2022) discutiram 'Uso permitido' no Reino Unido.	
Zona comercial	Zoneamento e Uso do Solo	Classificação regulamentada do uso do solo que define potencial de desenvolvimento	Área comercial; Commercial zone		Kirichek et al. (2023) analisaram 'Zona comercial' em estudos canadenses.;	
Zona mista	Zoneamento e Uso do Solo	Indicadores regulatórios de uso, intensidade e restrições de ocupação.	Área mista; Mixed-use zone		McCord et al. (2022) consideraram 'Zona mista' no Reino Unido.	
Zona residencial	Zoneamento e Uso do Solo	Classificação regulamentada do uso do solo que define potencial de desenvolvimento	Área residencial; Residential zone		Jafary et al. (2024) incluíram 'Zona residencial' em pesquisa na Austrália.;	

