

MODELOS DE AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Mass Property Valuation Models: A Bibliometric Review

Waltério de Oliveira Gonçalves

Universidade Federal da Bahia

PPEC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFBA
walterio.goncalves@ufba.br

Vivian de Oliveira Fernandes

Universidade Federal da Bahia

PPEC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFBA
vivian.fernandes@ufba.br

Mauro José Alixandrini Junior

Universidade Federal da Bahia

PPEC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFBA
mauro.alixandrini@ufba.br

Resumo:

Atualmente, em várias nações, diversas técnicas de avaliação em massa são empregadas para determinar o valor de propriedades, especialmente para fins tributários, sendo crucial para a administração pública. Este estudo visa revisar pesquisas científicas sobre modelos de avaliação em massa de imóveis. Utilizando uma pesquisa bibliométrica em uma base de dados internacional, foram analisados 59 artigos. Observa-se uma tendência à inovação, com a integração de tecnologias digitais e análise de dados complexos, como *machine learning* e modelagem tridimensional. Métodos como *random forest* e algoritmos genéticos otimizados se destacam pela capacidade de lidar com grandes volumes de dados e várias variáveis. No entanto, há desafios como a adaptação a diferentes mercados, integração de dados multifonte, e considerações éticas. Mais pesquisas são necessárias para avançar na precisão e eficácia da avaliação de propriedades.

Palavras-chave: Avaliação em massa; Avaliação em massa de imóveis; Avaliação imobiliária; Avaliação de propriedades.

Abstract:

Currently, in various nations, diverse mass appraisal techniques are employed to determine property values, especially for tax purposes, which is crucial for public administration. This study aims to review scientific research on mass property valuation models. Using a bibliometric analysis in an international database, 59 articles were analyzed. A trend toward innovation is observed, with the integration of digital technologies and complex data analysis, such as machine learning and 3D modeling. Methods like random forest and optimized genetic algorithms stand out for their ability to handle large volumes of data and multiple variables. However, challenges remain, such as adaptation to different markets, integration of multi-source data, and ethical considerations. Further research is necessary to advance the accuracy and effectiveness of property valuation.

Keywords: Mass appraisal; Mass valuation; Real estate appraisal; Property valuation.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação em massa de imóveis vem adquirindo um papel importante, muito em função do mercado imobiliário, cada vez mais influenciado na formação dos índices desenvolvimento econômico e urbano dos países, desempenhando importância primordial na composição dos produtos nacionais brutos, sendo influenciado pelo crescimento populacional e pelo avanço do desenvolvimento urbano.

Por conseguinte, aumentou a necessidade de um maior planejamento, em destaque, no que se refere aos municípios, do imposto sobre a propriedade urbana, conhecido no Brasil como Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), o qual é calculado como um percentual do valor venal dos imóveis. O valor venal de um imóvel é calculado por meio de um processo de avaliação imobiliária conhecido como avaliação em massa de imóveis.

A avaliação em massa é o processo de avaliar um grupo de propriedades em uma data específica, utilizando dados comuns, métodos padronizados e testes estatísticos, a definição consta no documento SMARP (*Standard of Mass Appraisal of Real Property*) elaborado pela *International Association of Assessing Officers* (International Association of Assessing Officers, 2013).

Segundo (HONG e colab., 2020) o modelo de avaliação em massa é uma ferramenta amplamente aceita para a valoração de propriedades para fins de tributação ou hipoteca para um empréstimo.

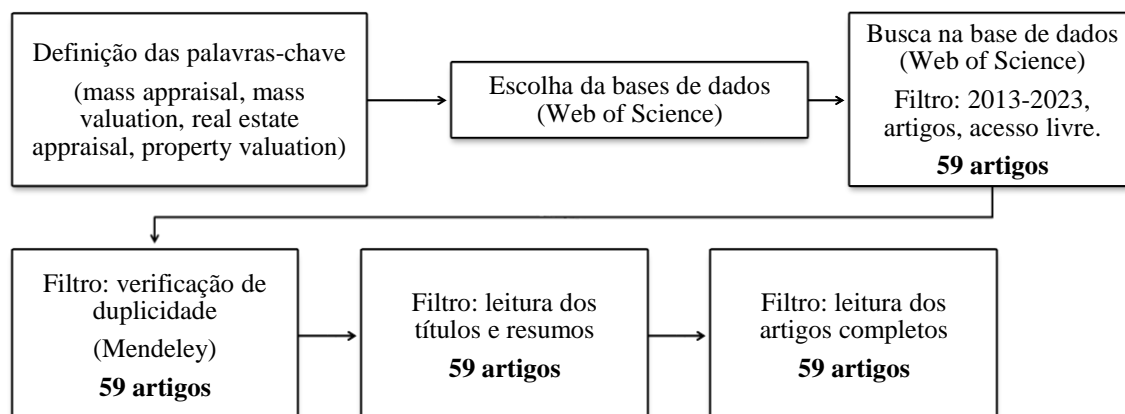
O estudo em questão conduziu uma revisão da literatura sobre a utilização de modelos de avaliação em massa de imóveis nas bases de dados da *Web of Science*. Desta forma, fornecendo uma visão sistemática dos modelos de avaliação em massa com maior aplicabilidade, contribuindo para identificação de lacunas na literatura científica, permitindo direcionar futuras pesquisas.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico teve início com a aplicação do método de seleção de portfólio bibliográfico conhecido como *Proknow-C*. Este método considera exclusivamente artigos publicados em inglês em revistas renomadas, excluindo dissertações, teses ou artigos de congressos (DE OLIVEIRA VILELA, 2012). O *Proknow-C* envolve uma série de procedimentos, desde a definição dos mecanismos de busca de artigos científicos até a filtragem e seleção do portfólio bibliográfico, resultando na escolha dos artigos mais relevantes na área (HARTMANN e colab., 2012).

A Figura 1 mostrou o esquema empregado através da aplicação da metodologia *Proknow-C*. Com este método, os trabalhos foram selecionados através de buscas nas bases de dados. Neste trabalho, as buscas foram feitas na base *Web of Science*, posteriormente o tratamento foi feito excluindo artigos fora da faixa de tempo estabelecida. Em seguida, após a remoção dos trabalhos duplicados, a leitura dos títulos e resumos facilitou a determinação dos trabalhos que estavam em acordo com o tema do artigo.

Figura 1 – Fluxograma metodológico



Fonte: Autores (2024).

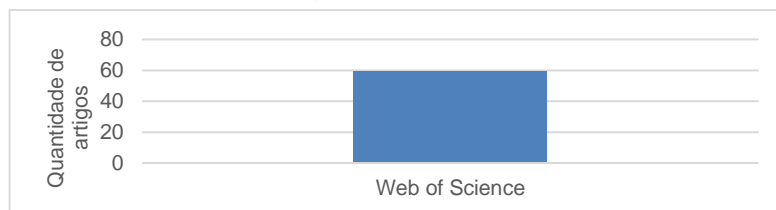
3 RESULTADOS

3.1 Análise dos bancos de dados

O emprego do método de pesquisa avançado foi incorporado ao processo de busca com o objetivo de aprimorar a seleção dos resultados dos artigos identificados. A base de dados utilizada nesta pesquisa possibilitou uma busca refinada, permitindo a utilização de termos, palavras-chave, ano de publicação, autores, entre outros critérios. Dessa maneira, foi viável restringir os resultados com base em fatores relevantes para o estudo em questão.

O foco principal deste trabalho foi coletar dados sobre o estado da arte relacionados à modelos de avaliação em massa de imóveis, o que permitiu estabelecer recortes específicos em relação ao objeto de pesquisa. Adicionalmente, foi incluído o fator tempo/ano de publicação como um critério de limitação dos resultados, considerando apenas trabalhos dos últimos dez anos (de 2013 a 2023) e disponíveis gratuitamente na plataforma pesquisada. Além desses limitadores, aplicou-se também um filtro para buscar exclusivamente artigos científicos. Os resultados obtidos nas bases de dados adotadas são apresentados de forma ilustrativa na Figura 2.

Figura 2 – Quantidade de artigos selecionados com base nos filtros aplicados



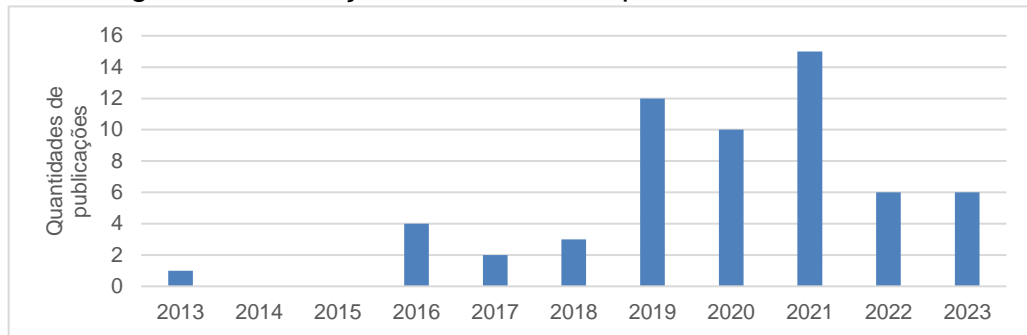
Fonte: Autores (2024).

3.2 Análise por ano de publicação

Durante o intervalo considerado neste estudo, de 2013 a 2023, a Figura 3 representa a relação entre a quantidade de produção científica associada ao tema

em cada ano. Destaca-se que o ano de 2021 apresentou a maior quantidade de publicações sobre o assunto.

Figura 3 – Produção relacionada ao período de 2013 – 2023



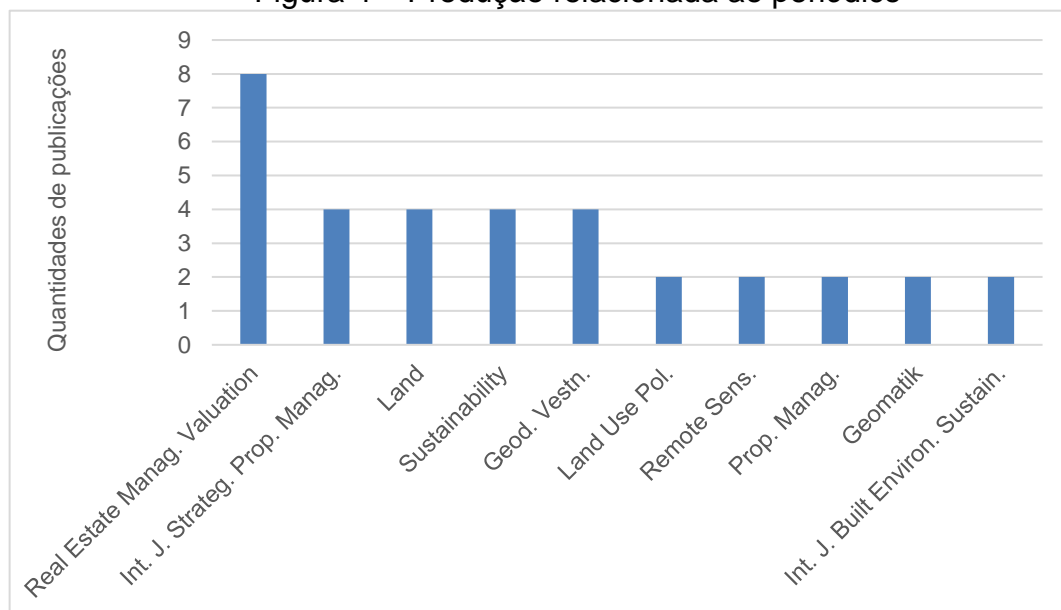
Fonte: Autores (2024).

Nesse cenário, nota-se que, apesar das flutuações nos primeiros anos, seguidas por um crescimento sustentado e, mais recentemente, uma estabilidade na produção de artigos relacionados ao tema. Essas tendências podem indicar mudanças no interesse e na pesquisa ao longo do tempo.

3.3 Análise por periódico

Na busca por compreender os dados relacionados aos principais periódicos internacionais que abordaram sobre modelos de avaliação em massa de imóveis, observou-se que 35 periódicos publicaram trabalhos sobre o tema. A revista *Real Estate Management and Valuation* destacou-se significativamente em comparação com as demais, totalizando 8 publicações e representando 13,56% do total de publicações no tema estudado. A Figura 4 ilustra a relação entre o número de publicações e os periódicos mais produtivos encontrados.

Figura 4 – Produção relacionada ao periódico



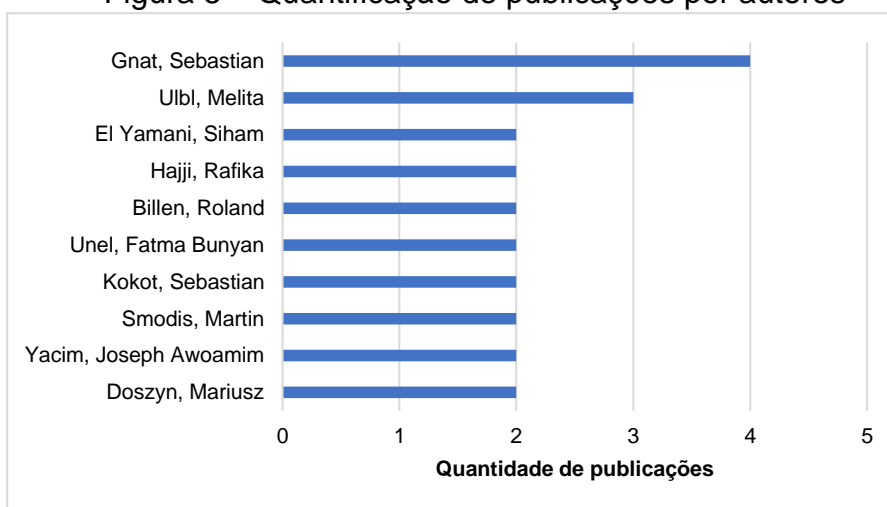
Fonte: Autores (2024).

Nota: Para a construção do gráfico acima, considerou-se apenas os periódicos com duas ou mais publicações sobre o tema em questão, sendo que o quantitativo total de publicações presente no gráfico é de 34. Este valor não corresponde ao total de artigos selecionados para a bibliometria que foi de 59. Além disso, o levantamento bibliométrico constatou um total de 35 periódicos que já haviam publicado pelo menos uma vez sobre o tema modelos de avaliação em massa de imóveis, sendo eles: Int. J. Strateg. Prop. Manag.; Land Use Pol.; Env. Plan. B-Urban Anal. CItly Sci.; J. Build. Eng.; Land; Remote Sens.; Int. J. Online Eng.; Open Geosci.; Sustainability; Mathematics; Prop. Manag.; Int. J. Eng. Geosci.; J. Prop. Invest. Finance; Complexity; Qual. Quant.; Ann. Reg. Sci.; Oecon. Copernic.; Real Estate Manag. Valuation; Geod. Vestn.; Geomatik; Appl. Sci.-Basel; Rev. Constr.; Int. J. Syst. Dyn. Appl.; Acta Sci.-Technol.; Int. J. Built Environ. Sustain.; Bol. Cienc. Geod.; Contemp. Trends Geosci.; ISPRS Int. J. Geo-Inf.; Spat. Econ. Anal.; Ind. Higher Educ.; J. Big Data; J. Risk Financ. Manag.; J. Real Estate Financ. Econ.; Bol. Goiano Geogr.; Navus-Rev. Gest. Tecnol..

3.4 Análise por autor

Para a análise dos autores que abordam o tema estudado, identificamos 183 pesquisadores, sendo que apenas 10 deles possuem 2 ou mais publicações, conforme ilustrado na Figura 5. Dessa forma, os demais 173 autores apresentaram apenas uma publicação relacionada ao tema e não foram incluídos na figura subsequente.

Figura 5 – Quantificação de publicações por autores



Fonte: Autores (2024).

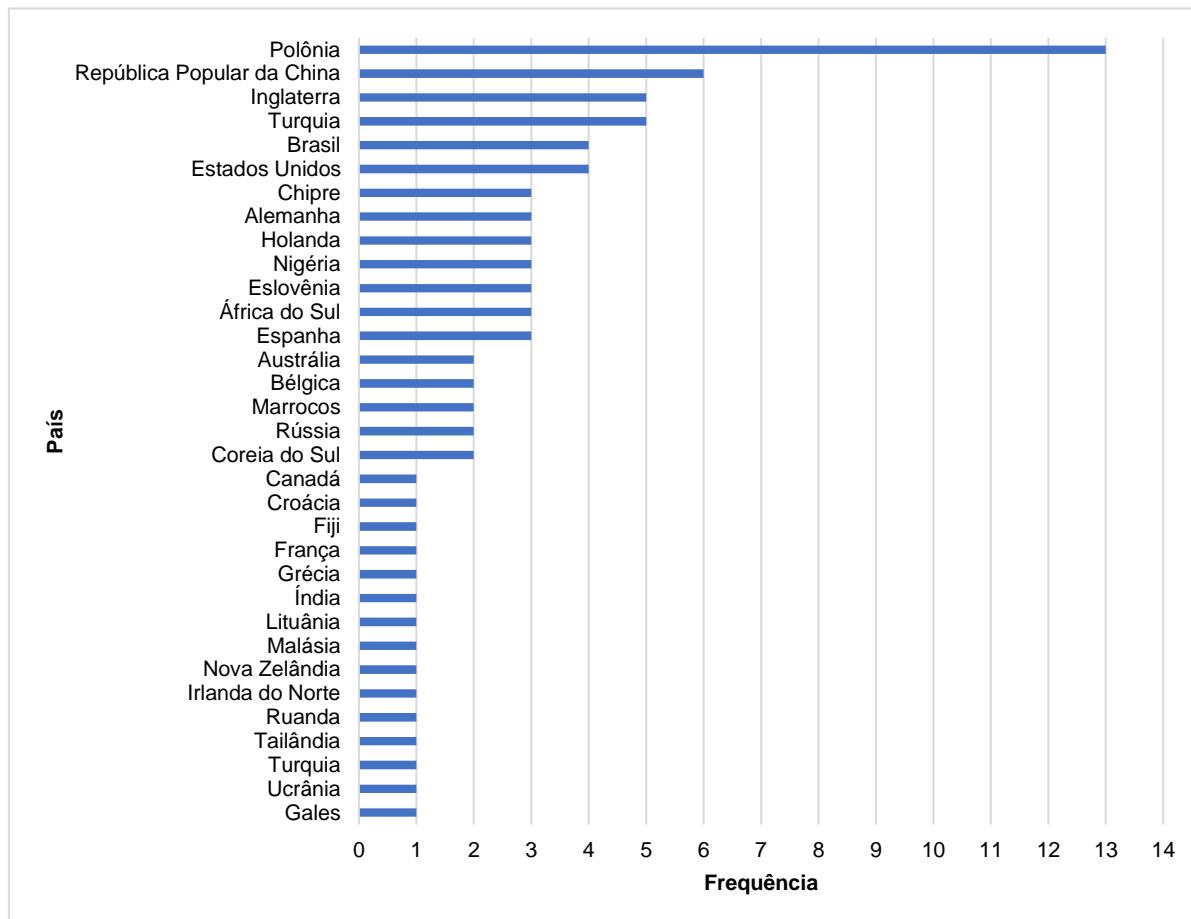
Nota: O levantamento bibliométrico apresentou somente os autores que tiveram duas ou mais publicações nos últimos 10 anos, além disso constatou que 173 autores tiveram pelo menos uma publicação nos últimos 10 anos, estes foram excluídos, pois não seria possível ter clareza nos dados do gráfico. Os 173 autores com uma publicação são: Achu, Kamalahasan; Adjouadi, Malek; Alekseev, Aleksander O.; Ali, Hishamuddin Mohd; Aliyu, Bilkisu Adamu; Amidu, Abdul-Rasheed; Amini, M. Hadi; An, Yi; Arribas, Ivan; Asiama, Kwabena; Aydinoglu, Arif Cagdas; Bakas, Nikolaos; Baranska, Anna; Bauer, Mark; Bencure, Jannet C.; Bennett, Rohan Mark; Bhardwaj, Akashdeep; Bhattacharya-Mis, Namrata; Bidanset, Paul; Boshoff, Douw Gert Brand; Boyd, David; Bozdag, Asli; Brydun, Andrii; Bykowa, Elena; Cagdas, Volkan; Calis, Gulben; Cervello-Royo, Roberto; Chan, Faith Ka Shun; Chen, Xiding; Chen, Zhangcheng; Choi, Heeyoul; Cinar, Sultan; Davis, Peadar; de Faria, Juliano Almeida; Debiasi, Paula; Demetriou, Demetris; Dimopoulos, Thomas; Doubell, Theodorus; Dube, Jean; Erdem, Merve Kuru; Erdem, Onur Yigit; Ertunc, Ela; Ettarid, Mohamed; Fonseca Ferreira, Ana Rita; Fu, Meichen; Fys, Mykhailo; Garcia, Fernando; Garcia-Estevez, Pablo; Gasuku, Oscar; Goundar, Sam; Grover, Richard; Guijaro, Francisco; Guijarro, Francisco; Hassan, Muhammad; Heldak, Maria; Hermans, Luc; Homem Antunes, Mauro Antonio; Hong, Jengei; Hozer, Jozef; Hu, Yueming; Hubar, Yurii; Isikdag, Umit; Ivic, Sinisa Mastelic; Ji, Yicheng; Kara, Abdullah; Kim, Sohee Minsun; Kim, Woo-

sung; Koeva, Mila; Kreibich, Heidi; Kuzminski, Wojciech; Lamond, Jessica Elizabeth; Lee, Changro; Legros, Diego; Lemmen, Christiaan; Lengoiboni, Monica; Li, Haijiang; Li, Victor Jing; Ling, Gabriel Hoh Teck; Lisec, Anka; Liu, Yilun; Lo, Daniel; Loch, Carlos; Ma, Jian; Malherbe, Cornelia; Malkowska, Agnieszka; Marques, Erica Ferreira; Martinez Fontoura Junior, Caio Flavio; McCord, John; McCord, Michael; Meszek, Wieslaw; Meyer, Petrie; Miotti, Luiz Antonio; Miyazaki, Hiroyuki; Montz, Burrell; Ninsawat, Sarawut; Nys, Gilles-Antoine; Oliver, Javier; Omar, Mustafa; Pahor, Marko; Pala, Pawel; Paradza, Partson; Park, Keith Key-Ho; Pawlak, Sebastian; Pfahler, Thomas; Podworna, Monika; Porter, Jeremy R.; Potel, Jossam; Prado-Roman, Camilo; Preuss, Marion; Proverbs, David G.; Przybyla, Katarzyna; Ribeiro, Nubia Moura; Rishe, Naphtali; Rocha de Souza, Andre Luis; Roic, Miodrag; Schutte, Cornelius S. L.; Shen, Xuejia; Shu, Evelyn G.; Silvano, Cristiane Freire; Sipan, Ibrahim; Sisko, Josip; Sisman, Suleyman; Sohor, Andrii; Spiewak, Beata; Stembal, Rok; Su, Tengxiang; Tachibana, Vilma Mayumi; Tamosiuniene, Rima; Tang, Feng; Thanos, Sotirios; Tomal, Mateusz; Tomic, Hrvoje; Torres-Prunonosa, Jose; Tripathi, Nitin K.; Uberti, Marlene Saleti; Uhruska, Malgorzata; van Oosterom, Peter; Verbic, Miroslav; Verhoef, Gerardus; Volkova, Jana; Walacik, Marek; Wang, Daikun; Wang, Li; Wei, Cankun; Wilkinson, Sara; Wilson, Bradley; Xiong, Yuqing; Yalpir, Sukran; Yang, Hanbing; Yasnitsky, Leonid N.; Yasnitsky, Vitaly L.; Yousfi, Sonia; Yu, Huayi; Yu, Miao; Zevenbergen, Jaap; Zhang, Chen Jason; Zhang, Fangfang; Zhao, Yu; Zhou, Gang; Zulch, Benita.

3.5 Análise de publicações por país

A revisão bibliográfica revelou que, ao longo da última década, um total de 33 países conduziram pesquisas relacionadas à modelos de avaliação em massa de imóveis. A Figura 6 ilustra o número de publicações realizadas por esses 33 países sobre o tema nos últimos dez anos.

Figura 6 – Análise da publicação por países

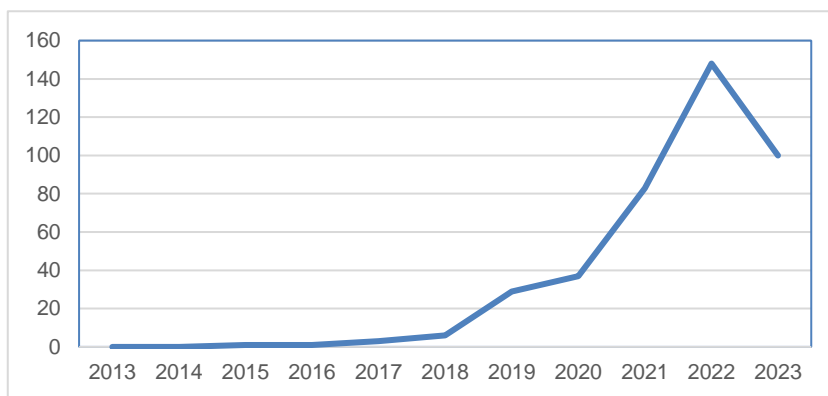


Fonte: Autores (2024).

3.6 Análise por citações

A Figura 7 mostra o número de citações por ano. Os dados de registro foram obtidos em 14 de dezembro de 2023. Isso abrange um total de 10 anos, indo de 0 citações em 2013 para 83 citações em 2021. Em apenas 1 (um) ano, esse número praticamente dobra para quase 148 citações de 2021 para 2022. Experimentando um declínio aparente em 2023, considerando o ano de 2022, de 48 citações registradas a menos. Cada vez mais estudiosos estão interessados na pesquisa do modelo de avaliação em massa. A Tabela 1 lista os cinco artigos mais citados e seus autores, periódicos, anos e citações. Em seguida a Tabela 2 destaca a análise dos cinco artigos mais citados, fornecendo uma visão abrangente das contribuições mais significativas.

Figura 7 – Número de Citações por Ano



Fonte: Autores (2024).

Tabela 1 – Total de citações dos 5 principais artigos

Título	Autores	Periódico	Ano de Publicação	Total de Citações
A house price valuation based on the random forest approach: the mass appraisal of residential property in South Korea	Hong, Jengei; Choi, Heeyoul; Kim, Woo-sung	International Journal of Strategic Property Management	2020	44
Mass appraisal of residential real estate using multilevel modelling	Arribas, Ivan; Garcia, Fernando; Guijaro, Francisco; Oliver, Javier; Tamosiuniene, Rima	International Journal of Strategic Property Management	2016	32
3 Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model	Kara, Abdullah; van Oosterom, Peter; Cagdas, Volkan; Isikdag, Umit; Lemmen, Christiaan	Land Use Policy	2020	27

A spatially based artificial neural network mass valuation model for land consolidation	Demetriou, Demetris	Environment and Planning B-Urban Analytics and City Science	2017	26
A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation	Su, Tengxiang; Li, Haijiang; An, Yi	Journal of Building Engineering	2021	22

Fonte: Autores (2024).

Tabela 2 – Análise dos 5 principais artigos

Referência	Objetivo	Metodologia	Principais Resultados	Contribuições
Hong, J., Choi, H., & Kim, W. (2020). International Journal of Strategic Property Management, 44.	Avaliar o preço de casas na Coreia do Sul utilizando a abordagem de <i>random forest</i> para a avaliação em massa de propriedades residenciais.	Aplicação do modelo de <i>random forest</i> para analisar dados de propriedades residenciais na Coreia do Sul.	O modelo de <i>random forest</i> demonstrou alta precisão e eficácia na avaliação de preços de imóveis residenciais.	Fornecer uma abordagem inovadora e eficaz para a avaliação em massa de propriedades na Coreia do Sul.
Arribas, I., Garcia, F., Guijaro, F., Oliver, J., & Tamosiuniene, R. (2016). International Journal of Strategic Property Management, 32.	Explorar o uso da modelagem multinível na avaliação em massa de imóveis residenciais.	Implementação de modelos multiníveis para avaliar propriedades residenciais.	A modelagem multinível mostrou ser uma ferramenta valiosa na avaliação em massa.	Ampliar o entendimento sobre a aplicabilidade da modelagem multinível na avaliação imobiliária.
Kara, A., van Oosterom, P., Cagdas, V., Isikdag, U., & Lemmen, C. (2020). Land Use Policy, 27.	Investigar o uso de dados tridimensionais na avaliação de propriedades no contexto do Modelo de Informação de Avaliação LADM.	Análise da integração de dados 3D no processo de avaliação de propriedades, utilizando o modelo LADM.	A inclusão de dados tridimensionais pode significativamente melhorar a precisão das avaliações de propriedades.	Propor uma abordagem inovadora para a avaliação de propriedades, destacando a importância dos dados 3D.
Demetriou, D. (2017). Environment and Planning B-Urban Analytics and City Science, 26.	Desenvolver um modelo de avaliação em massa baseado em redes neurais artificiais e dados espaciais para consolidação de terras.	Aplicação de redes neurais artificiais com ênfase em dados espaciais para avaliar propriedades para consolidação de terras.	O modelo proposto oferece uma ferramenta eficaz para avaliar propriedades em processos de consolidação de terras.	Introduzir uma metodologia avançada para a avaliação em massa de terras.

<p>Su, T., Li, H., & An, Y. (2021). Journal of Building Engineering, 44.</p>	<p>Propor um framework de integração entre BIM e machine learning para a avaliação automatizada de propriedades.</p>	<p>Utilização de um framework que integra BIM e machine learning para avaliação automatizada de propriedades, incluindo a otimização por algoritmos genéticos.</p>	<p>Demonstrou que a integração de BIM e machine learning melhora a precisão e eficiência da avaliação de propriedades.</p>	<p>Contribui para a gestão de troca de informações entre projetos AEC e avaliação de propriedades, apoiando a avaliação automatizada de propriedades.</p>
---	--	--	--	---

Fonte: Autores (2024).

3.7 Identificação de lacunas de pesquisa

A análise dos artigos mencionados revela várias lacunas de pesquisa potenciais no campo da avaliação de propriedades, especialmente no contexto da integração de tecnologias avançadas como *machine learning*, modelagem de informações da construção (BIM) e a utilização de dados tridimensionais.

Enquanto os artigos apresentados na Tabela 2 demonstram a eficácia de abordagens baseadas em *machine learning*, BIM, e dados 3D para a avaliação de propriedades em contextos específicos (como a Coreia do Sul e propriedades residenciais), há uma lacuna na exploração de sua aplicabilidade e escalabilidade em diferentes mercados imobiliários e tipos de propriedades (comerciais, industriais, etc.).

Os artigos focam na aplicação de conjuntos de dados específicos ou na integração de BIM com *machine learning*. Contudo, há uma lacuna na pesquisa sobre a integração eficaz de múltiplas fontes de dados (dados de mercado, dados geográficos, indicadores econômicos) e a interoperabilidade entre diferentes plataformas e tecnologias para uma avaliação de propriedades.

A maioria destes estudos apresenta modelos estáticos que, embora eficientes, podem não se adaptar rapidamente a mudanças dinâmicas do mercado imobiliário, como flutuações de preços, tendências emergentes e novos regulamentos. Existe uma lacuna na criação de modelos de avaliação mais adaptativos e capazes de atualizar continuamente seus parâmetros com base em novas informações.

Embora o estudo de (KARA e colab., 2020) aborde a importância dos dados 3D na avaliação, há uma lacuna específica na avaliação do impacto de características de sustentabilidade (como eficiência energética, materiais sustentáveis, impacto ambiental) no valor das propriedades, integrando esses fatores aos modelos de avaliação existentes.

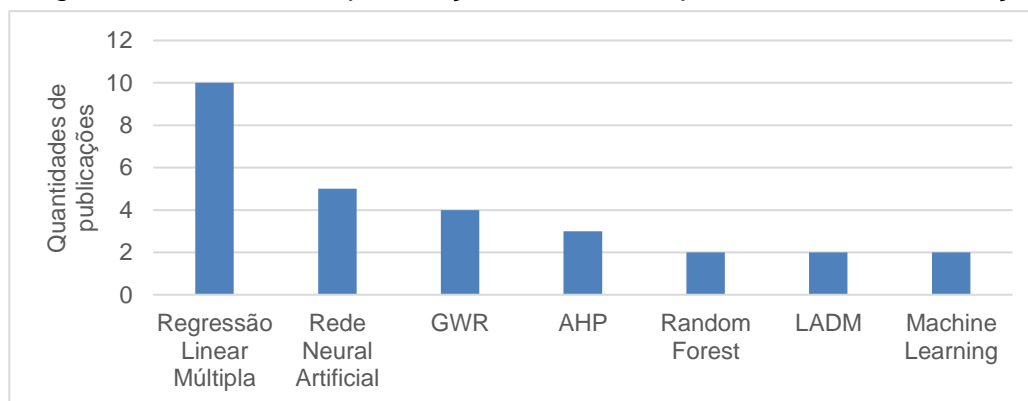
Os artigos tendem a validar seus modelos em conjuntos de dados limitados ou específicos. Há uma necessidade de estudos comparativos em larga escala que validem a eficácia dessas abordagens de avaliação automatizada em diferentes contextos e escalas, comparando-os com métodos tradicionais de avaliação.

Com o aumento do uso de dados em grande escala e a aplicação de *machine learning*, emergem preocupações éticas e de privacidade que ainda não foram plenamente abordadas na literatura sobre avaliação de propriedades. Pesquisas adicionais são necessárias para desenvolver diretrizes éticas e mecanismos de proteção de dados.

3.8 Principais métodos analisados nos artigos

Na análise das publicações que abordam o tema estudado, identificamos 7 métodos de avaliação de imóveis que possuem 2 ou mais publicações, conforme ilustrado na Figura 8. Dessa forma, os demais métodos apresentaram apenas uma publicação relacionada ao tema e não foram incluídos na figura subsequente.

Figura 8 – Número de publicações realizadas por métodos de avaliação



Fonte: Autores (2024).

Nota: O levantamento bibliométrico apresentou somente os métodos de avaliação que tiveram duas ou mais publicações nos últimos 10 anos, além disto constatou que 14 métodos tiveram uma publicação nos últimos 10 anos, estes foram excluídos, pois não seria possível ter clareza nos dados do gráfico, bem como 17 publicações não se enquadram. Os 14 métodos de avaliação são: Modelo de Preço Hedônico; BIM; SIG; Simulação e Modelo Estratégico; Modelagem Aditiva Generalizada; Filtro Espacial do Eigenvector Geostatístico; Abordagem Ótima Baseada em Rubricas; Sensoriamento Remoto; Métodos Estatísticos para Detecção de Valores Atípicos; Aprendizado Profundo Bayesian; Capacidades Individuais de Portadores de Informação de Hellwig; Integração de Dados IFC-CityGML; Extrapolação Territorial.

Estes métodos refletem um movimento em direção à inovação na avaliação de imóveis, buscando superar limitações de abordagens tradicionais por meio da integração de tecnologias digitais e análise de dados complexos. Entre os métodos pode-se descrever:

- Random Forest:** O primeiro artigo aplica o método Random Forest para realizar avaliações em massa de propriedades na Coreia do Sul. O Random Forest, um método de aprendizado de máquina, é utilizado para processar grandes conjuntos de dados de propriedades residenciais, considerando variáveis como localização, tamanho, e idade do imóvel. Este método se destaca por sua capacidade de lidar com a alta dimensionalidade dos dados e a não linearidade entre as variáveis, resultando em avaliações de alta precisão e eficácia.
- Modelagem Multinível:** O segundo artigo explora a modelagem multinível para a avaliação em massa de imóveis residenciais. A modelagem multinível permite a análise de dados hierárquicos, considerando a estrutura de agrupamento dos dados imobiliários, como propriedades dentro de bairros ou regiões. Essa abordagem oferece uma análise mais detalhada e precisa ao levar em conta variações tanto no nível individual da propriedade quanto em níveis agregados superiores.

- c) **Dados Tridimensionais e Modelo LADM:** O terceiro artigo investiga a utilização de dados tridimensionais na avaliação de propriedades, utilizando o Modelo de Informação de Avaliação LADM como referência. A inclusão de dados 3D no processo de avaliação, como modelos detalhados de edifícios e terrenos, permite uma avaliação mais precisa ao considerar aspectos físicos e espaciais complexos das propriedades, que são difíceis de capturar em formatos bidimensionais.
- d) **Redes Neurais Artificiais e Dados Espaciais:** O quarto artigo desenvolve um modelo baseado em redes neurais artificiais e dados espaciais para a avaliação em massa de terras destinadas à consolidação. A utilização de redes neurais artificiais, em conjunto com dados espaciais detalhados, permite modelar complexas relações não lineares entre variáveis espaciais e características das propriedades, otimizando o processo de avaliação para fins de consolidação de terras.
- e) **Integração BIM e Machine Learning:** Por fim, o quinto artigo propõe um framework de integração entre BIM (Modelagem de Informações da Construção) e machine learning para a avaliação automatizada de propriedades. Este método inovador combina detalhados modelos digitais de construção do BIM com poderosos algoritmos de machine learning, como a otimização por algoritmos genéticos, para automatizar e aprimorar a precisão das avaliações de propriedades.

Em conjunto, estes métodos representam a vanguarda da pesquisa em avaliação de propriedades, destacando o potencial das tecnologias digitais e análise avançada de dados para transformar práticas tradicionais de avaliação, melhorando a precisão, eficiência e adaptabilidade dos processos de avaliação imobiliária.

4 CONCLUSÕES

A revisão da literatura sobre os modelos de avaliação em massa de imóveis revelou um crescente interesse nesse campo, especialmente no contexto das políticas públicas dos países, especialmente para fins tributários, de investimentos e financiamento de imóveis.

Na metodologia empregada, a aplicação do método *Proknow-C* para a seleção de artigos bibliográficos em inglês destaca-se como uma abordagem criteriosa e objetiva. Os resultados indicam uma análise detalhada dos bancos de dados, com ênfase temporal nos últimos dez anos. Essa delimitação temporal permite a observação da dinâmica da produção científica ao longo do período, identificando um aumento significativo de publicações em 2021.

A distribuição da produção por periódico evidencia a predominância da revista "Real Estate Management and Valuation", sinalizando sua relevância no campo. A análise por autor revela a participação de 183 pesquisadores, sendo que apenas 10 têm duas ou mais publicações no período considerado, destacando a dispersão e diversidade de contribuições individuais para o tema.

No contexto internacional, a análise por país revela que 33 nações conduziram pesquisas sobre modelos de avaliação em massa de imóveis nos últimos dez anos, evidenciando a abrangência e a globalização do interesse pelo tema. Além disso, a análise por citações indica um aumento significativo do interesse acadêmico,

refletido no número crescente de citações ao longo do tempo.

A apresentação dos cinco artigos mais citados fornece uma perspectiva sobre as contribuições mais influentes no campo, destacando a diversidade de abordagens, desde o uso de abordagens de aprendizado de máquina até modelos baseados em redes neurais e abordagens espaciais.

A análise dos métodos utilizados nos artigos revela a diversidade de abordagens, com sete métodos com duas ou mais publicações nos últimos dez anos, ressaltando a riqueza de perspectivas e a pluralidade de técnicas aplicadas no contexto da avaliação em massa de imóveis.

Os artigos abordados oferecem uma visão profunda e inovadora sobre a aplicação de tecnologias avançadas na avaliação de propriedades, destacando-se pela integração de métodos baseados em machine learning, modelagem de informações da construção (BIM), modelagem multinível e análise de dados tridimensionais. Essas abordagens representam um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais de avaliação de propriedades, que frequentemente se baseiam em análises comparativas e heurísticas.

A utilização do *random forest* e algoritmos genéticos otimizados para machine learning, conforme demonstrado pelos estudos, mostra uma capacidade notável de analisar grandes volumes de dados com precisão e eficiência. Esses métodos permitem uma avaliação mais precisa do valor das propriedades ao considerarem uma gama mais ampla de variáveis, incluindo características físicas, localização, aspectos ambientais e de sustentabilidade, bem como fatores econômicos e sociais.

Além disso, a integração do BIM com machine learning, como ilustrado no artigo de (SU e colab., 2021), abre novas possibilidades para a avaliação automatizada de propriedades. Esta abordagem não apenas melhora a precisão e eficiência da avaliação, mas também facilita a gestão da troca de informações entre projetos de construção, engenharia e avaliação de propriedades, oferecendo um meio mais eficaz de incorporar dados de projeto detalhados e atualizados no processo de avaliação.

Contudo, apesar dos avanços significativos, os estudos também revelam lacunas e desafios, como a necessidade de mais pesquisas sobre a escalabilidade desses métodos para diferentes mercados e tipos de propriedades, a integração de dados multifonte, a adaptação a mudanças dinâmicas do mercado, e a avaliação do impacto de sustentabilidade no valor das propriedades. Além disso, questões de validação, comparação de modelos em larga escala, e aspectos éticos e de privacidade relacionados ao uso intensivo de dados também são áreas que necessitam de atenção adicional.

Em síntese, os métodos inovadores explorados nestes artigos representam um passo importante em direção a uma avaliação de propriedades mais precisa, eficiente e informada. Eles destacam o potencial de tecnologias emergentes para transformar a prática de avaliação de propriedades, ao mesmo tempo em que apontam para a necessidade de pesquisa contínua para superar os desafios existentes e maximizar os benefícios dessas abordagens.

Referências

ALIYU, Bilquisu Adamu e HASSAN, Muhammad e SIPAN, Ibrahim. **AN OVERVIEW OF THE QUALITY OF PROPERTY VALUATION REPORT IN KADUNA METROPOLIS, NIGERIA**. International Journal of Built Environment and Sustainability, v. 6, n. 1–2, p. 75–82, 1 Abr 2019.

BARAŃSKA, Anna e SPIEWAK, Beata. **The Influence of Chosen Statistical Methods of Detecting Outliers on Property Valuation Result**. Real Estate Management and Valuation, v. 29, n. 1, p. 87–97, 1 Mar 2021.

BENCURE, Jannet C. e colab. **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 (Switzerland), v. 11, n. 13, 1 Jul 2019.

BOZDAĞ, Aslı e ERTUNÇ, Ela. **CBS ve AHP Yöntemi Yardımıyla Niğde Kenti Örneğinde Taşınmaz Değerleme**. Geomatik, v. 5, n. 3, p. 228–240, 1 Dez 2020.

CERVELLÓ-ROYO, Roberto e colab. **An Analytic Hierarchy Process (AHP) framework for property valuation to identify the ideal 2050 portfolio mixes in EU-27 countries with shrinking populations**. Quality and Quantity, v. 50, n. 5, p. 2313–2329, 1 Set 2016.

CHEN, Zhangcheng e colab. **An optimal rubrics-based approach to real estate appraisal**. Sustainability (Switzerland), v. 9, n. 6, 29 Maio 2017.

ÇINAR, Sultan e BÜNYAN ÜNEL, Fatma. **2/B orman vasfını yitirmiş araziden tarım arazisine dönüşen taşınmazların toplu değerlemesi**. Geomatik, v. 7, n. 2, p. 112–127, 15 Ago 2022.

DEMETRIOU, Demetris. **A spatially based artificial neural network mass valuation model for land consolidation**. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, v. 44, n. 5, p. 864–883, 1 Set 2017.

DE OLIVEIRA VILELA, Lílian. **APLICAÇÃO DO PROKNOW-C PARA SELEÇÃO DE UM PORTIFÓLIO BIBLIOGRÁFICO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO**. Revista Gestão Industrial, v. 8, n. 1, 9 Maio 2012. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/891>>. Acesso em: 13 dez 2023.

DIMOPOULOS, Thomas e BAKAS, Nikolaos. **Sensitivity analysis of machine learning models for the mass appraisal of real estate. Case study of residential units in Nicosia, Cyprus**. Remote Sensing, v. 11, n. 24, 1 Dez 2019.

DIMOPOULOS, Thomas e MOULAS, Alexandros. **A Proposal of a Mass Appraisal System in Greece with CAMA System: Evaluating GWR and MRA techniques in Thessaloniki Municipality**. Open Geosciences, v. 8, n. 1, p. 675–693, 1 Jan 2016.

DOSZYN, Mariusz. **Individual Capacities of Hellwig's Information Carriers and the Impact of Attributes in the Szczecin Algorithm of Real Estate Mass Appraisal**. Real Estate Management and Valuation, v. 27, n. 1, p. 15–24, 2019.

DOSZYŃ, Mariusz. **Might expert knowledge improve econometric real estate mass appraisal?** Journal of Real Estate Finance and Economics, 2022.

EL YAMANI, Siham e HAJJI, Rafika e BILLEN, Roland. **IFC-CityGML Data**

Integration for 3D Property Valuation. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 12, n. 9, 1 Set 2023.

ERDEM, Merve Kuru e ERDEM, Onur Yiğit e CALIS, Gulben. **Sale price classification models for real estate appraisal.** Revista de la Construcción, v. 20, n. 3, p. 440–451, 2021.

FERREIRA, Ana Rita Fonsêca e colab. **Valoração de Propriedade Intelectual para a Negociação e Transferência da Tecnologia: O caso NIT/IFBA.** Navus - Revista de Gestão e Tecnologia, v. 10, p. 01–23, 7 Fev 2020.

FONTOURA JÚNIOR, Caio Flávio Martinez e UBERTI, Marlene Saleti e TACHIBANA, Vilma Mayumi. **Mass appraisal of apartment through geographically weighted regression.** Boletim de Ciencias Geodesicas, v. 26, n. 2, p. 1–16, 2020.

GNAT, Sebastian. **Property mass valuation on small markets.** Land, v. 10, n. 4, 1 Abr 2021.

GNAT, Sebastian. **Spatial weight matrix impact on real estate hierarchical clustering in the process of mass valuation.** Oeconomia Copernicana, v. 10, 3 Ago 2019.

GOUNDAR, Sam e colab. **Property Valuation Using Linear Regression and Random Forest Algorithm.** International Journal of System Dynamics Applications, v. 10, n. 4, p. 1–16, 28 Set 2022.

GROVER, Richard e WALACIK, Marek. **Property Valuation and Taxation for Fiscal Sustainability - Lessons for Poland.** Real Estate Management and Valuation, v. 27, n. 1, p. 35–48, 2019.

HARTMANN, Michele e colab. **Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo proknow-c na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 2, p. 47–62, 27 Fev 2012. Disponível em: <<https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/424>>. Acesso em: 13 dez 2023.

HONG, Jengei e CHOI, Heeyoul e KIM, Woo Sung. **A house price valuation based on the random forest approach: The mass appraisal of residential property in south korea.** International Journal of Strategic Property Management, v. 24, n. 3, p. 140–152, 17 Mar 2020.

HOZER, Józef e colab. **The Problem of Designating Elementary Terrains for the Purpose of Szczecin Algorithm of Real Estate Mass Appraisal.** Real Estate Management and Valuation, v. 27, n. 3, p. 42–58, 1 Set 2019.

HUBAR, Yurii e colab. **FEATURES OF DETERMINING THE REAL PROPERTY VALUATION USING THE ALTERNATIVE APPROACH OF MATRIX PSEUDO-INVERSION.** Geodetski Vestnik, v. 67, n. 3, p. 374–384, 2023.

IAAO (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS). **Standard on mass appraisal of real property.** Missouri: IAAO. 2013.

KARA, Abdullah e colab. **3 Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model.** Land Use Policy, v. 98, 1 Nov 2020.

KOEVA, Mila e colab. **Remote sensing for property valuation: A data source**

comparison in support of fair land taxation in rwanda. Remote Sensing, v. 13, n. 18, 1 Set 2021.

KOKOT, Sebastian e GNAT, Sebastian. **Simulative Verification of the Possibility of using Multiple Regression Models for Real Estate Appraisal.** Real Estate Management and Valuation, v. 27, n. 3, p. 109–123, 1 Set 2019.

LAMOND, Jessica Elizabeth e colab. **Flood risk insurance, mitigation and commercial property valuation.** Property Management, v. 37, n. 4, p. 512–528, 7 Ago 2019.

LEE, Changro e PARK, Keith Key Ho. **Representing Uncertainty in Property Valuation through a Bayesian Deep Learning Approach.** Real Estate Management and Valuation, v. 28, n. 4, p. 15–23, 1 Dez 2020.

MALHERBE, Cornelia e colab. **Suitable contract instruments and intellectual property valuation methodologies for industry-university collaboration.** Industry and Higher Education, 2023.

MAŁKOWSKA, Agnieszka e UHRUSKA, Małgorzata e TOMAL, Mateusz. **Age and experience versus susceptibility to client pressure among property valuation professionals-implications for rethinking institutional framework.** Sustainability (Switzerland), v. 11, n. 23, 1 Dez 2019.

MCCORD, Michael e colab. **Applying the Geostatistical Eigenvector Spatial Filter Approach into Regularized Regression for Improving Prediction Accuracy for Mass Appraisal.** Applied Sciences (Switzerland), v. 12, n. 20, 1 Out 2022.

MESZEK, Wiesław. **Property valuation under uncertainty. Simulation vs strategic model.** International Journal of Strategic Property Management, v. 17, n. 1, p. 79–92, Mar 2013.

MIOTTI, Luiz Antonio e LOCH, Carlos. **Property value map updating by mass appraisal method – a case in the City of Pato Branco, State Paraná.** Acta Scientiarum - Technology, v. 43, p. 1–11, 2020.

MOHD ALI, Hishamuddin e colab. **Effects of Behavioural Uncertainties In Property Valuation.** International Journal of Built Environment and Sustainability, v. 7, n. 3, p. 69–79, 2020.

PALA, Paweł. **Effect on surface deformation resulting from mining activity on value of property valuation. A case study from Jastrzębie- Zdrój region.** Contemporary Trends in Geoscience, v. 7, n. 1, p. 127–132, 4 Jul 2018.

PARADZA, Partson e YACIM, Joseph Awoamim e ZULCH, Benita. **Consistency and Fairness of Property Valuation for Compensation for Land and Improvements in Zimbabwe.** Real Estate Management and Valuation, v. 29, n. 4, p. 67–84, 1 Dez 2021.

PODWÓRNA, Monika. **The Aging of a Building Versus Its Life Cycle with Regards to Real Estate Appraisal.** Real Estate Management and Valuation, v. 30, n. 2, p. 84–95, 1 Jun 2022.

RISHE, Naphtali e AMINI, M. Hadi e ADJOUADI, Malek. **Scenic routing navigation using property valuation.** Journal of Big Data, v. 10, n. 1, 1 Dez 2023.

SHU, Evelyn G. e colab. **The Economic Impact of Flood Zone Designations on Residential Property Valuation in Miami-Dade County.** Journal of Risk and

Financial Management, v. 15, n. 10, 1 Out 2022.

SU, Tengxiang e LI, Haijiang e AN, Yi. **A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation.** Journal of Building Engineering, v. 44, 1 Dez 2021.

TOMIĆ, Hrvoje e colab. **Developing an efficient property valuation system using the LADM valuation information model: A Croatian case study.** Land Use Policy, v. 104, 1 Maio 2021.

TORRES-PRUÑONOSA, Jose e GARCÍA-ESTÉVEZ, Pablo e PRADO-ROMÁN, Camilo. **Artificial neural network, quantile and semi-log regression modelling of mass appraisal in housing.** Mathematics, v. 9, n. 7, 1 Abr 2021.

UBERTI, Marlene Salete e ANTUNES, Mauro Antonio Homem e DEBIASI, Paula. **AVALIAÇÃO EM MASSA DE IMÓVEIS RURAIS UTILIZANDO REGRESSÃO GEOGRÁFICAMENTE PONDERADA.** Boletim Goiano de Geografia, v. 41, n. 1, 13 Dez 2021.

ULBL, Melita e colab. **Proposal of real estate mass valuation in slovenia based on generalised additive modelling approach.** Geodetski Vestnik, v. 65, n. 1, p. 46–81, 2021.

ULBL, Melita e SMODIŠ, Martin. **Renovation of the real property mass valuation system in Slovenia.** Geodetski Vestnik, v. 63, n. 3, p. 325–343, 2019.

ULBL, Melita e ŠTEMBAL, Rok e SMODIŠ, Martin. **Razvojni model množične ocene vrednosti tržnih najemnin za pisarne.** Geodetski Vestnik, v. 60, n. 4, p. 627–643, 2016.

ÜNEL, Fatma Bünyan e YALPIR, Şükran. **REDUCTION OF MASS APPRAISAL CRITERIA WITH PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND INTEGRATION TO GIS.** International Journal of Engineering and Geosciences, v. 4, n. 3, p. 94–105, 1 Out 2019.

VOLKOVA, Jana e colab. **Territorial extrapolation of basic data as a solution of the problem of its deficiency during mass appraisal.** Land, v. 10, n. 7, 1 Jul 2021.

WANG, Daikun e LI, Victor Jing e 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, v. 9, n. 5, 1 Maio 2020.

WEI, Cankun e colab. **The Research Development of Hedonic Price Model-Based Real Estate Appraisal in the Era of Big Data.** Land. [S.l.]: MDPI. , 1 Mar 2022

YACIM, Joseph Awoamim e BOSHOFF, Douw Gert Brand. **Neural networks support vector machine for mass appraisal of properties.** Property Management, v. 38, n. 2, p. 241–272, 30 Mar 2020. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/PM-09-2019-0053/full/html>>.

YAMANI, Siham El e colab. **3d variables requirements for property valuation modeling based on the integration of bim and cim.** Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 5, p. 1–22, 1 Mar 2021.

YASNITSKY, Leonid N. e YASNITSKY, Vitaly L. e ALEKSEEV, Aleksander O. **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, v. 2021, 2021.

YILMAZER, Seckin e KOCAMAN, Sultan. **A mass appraisal assessment study using machine learning based on multiple regression and random forest.** Land Use Policy, v. 99, 1 Dez 2020.

YOUSFI, Sonia e colab. Mass appraisal without statistical estimation: a simplified comparable sales approach based on a spatiotemporal matrix. 1 Abr 2020, [S.l.]: Springer, 1 Abr 2020. p. 349–365.

ZHAO, Yu e colab. **PATH SELECTION OF SPATIAL ECONOMETRIC MODEL FOR MASS APPRAISAL OF REAL ESTATE: EVIDENCE FROM YINCHUAN, CHINA.** International Journal of Strategic Property Management, v. 27, n. 5, p. 304–316, 27 Nov 2023.

ZHOU, Gang e colab. **Artificial Neural Networks and the Mass Appraisal of Real Estate.** International Journal of Interactive Mobile Technologies, v. 14, n. 3, p. 180–187, 2018.