SIBRAGEC +SBTIC 2023 Aracaju - SE

Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1] MODELAGEM BASEADA EM AGENTES APLICADA A ESTUDOS PARA INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA: UM PANORAMA ACERCA DA LITERATURA

Agent-based modeling applied to studies for real estate development: an overview of literature

Gustavo do Amaral Pinto
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | gustavo.pinto@ufba.br

Elaine Pinto Varela Alberte
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | elaine.varela@ufba.br

RESUMO

O lançamento de um empreendimento imobiliário exige um estudo criterioso para analisar sua viabilidade e capacidade de atendimento ao mercado e as incertezas intrínsecas a este processo são um grande desafio desta etapa. A modelagem baseada em agentes (MBA) é uma metodologia computacional com grande potencial para apoiar decisões estratégicas próprias de um projeto de incorporação imobiliária ao permitir a simulação do comportamento humano e suas interações, conduzindo bem as variáveis e os desafios do setor. Este estudo realiza uma análise sobre estudos que aplicaram MBA para uso no âmbito do MI (Mercado Imobiliário), a partir de uma revisão sistemática da literatura. O conteúdo das publicações selecionadas foi analisado a partir de indicadores bibliométricos e a partir de variáveis relacionadas ao *design* do modelo (tipo de modelo, software utilizado, propósito, fundamentação e tipo de características dos agentes). Como resultados, foram identificadas tendências da literatura para abordagens que estudam o crescimento urbano e abordam aspectos do mercado de incorporação imobiliária para auxílio de políticas públicas e precificação de mercado. Como lacunas de pesquisa observa-se a necessidade de estudos voltados para o mercado nacional e que busquem auxiliar o incorporadorar na sua tomada de decisão de um novo lançamento imobiliário.

Palavras-chave: Modelagem baseada em agentes; Simulação; Incorporação Imobiliária.

ABSTRACT

The development of a real estate project requires a careful study to analyze its feasibility and ability to meet the market demands due to intrinsic uncertainties of this process pose a challenge in this stage. Agent-based modeling (ABM) is a computational methodology with great potential to support strategic decision-making in a real estate development project by allowing the simulation of human behavior and interactions, effectively addressing the variables and challenges of the sector. This paper uses a systematic literature review to analyze studies that have applied ABM in the real estate market. The study examined the content of selected publications on bibliometric indicators and model design variables (model type, software used, purpose, foundation, and agent characteristics). The results identified trends in the literature for approaches that study urban growth and address aspects of the real estate development market to assist in public policies and market pricing. As research gaps, there is a need for studies focused on the national market that seeks to help the real estate developer decide on a new real estate launch.

Keywords: Agent-based model; Simulation; Real Estate Development.

1 INTRODUÇÃO

O mundo moderno vivencia uma era determinada pela ciência de dados. De acordo com Treleaven e Engin (2021), somente no ano de 2020, a quantidade de informações geradas no mundo foi maior que a soma dos últimos 5.000 anos juntos. E nesse contexto, observa-se o protagonismo atual de áreas de conhecimento de caráter analítico tal como Megadados (em inglês "*Big Data*"), Internet das Coisas (em inglês "*Internet of Things*"), Inteligência Artificial (I.A) e outras, para tratar e analisar esses dados.

Diversos setores econômicos estão sendo impactados por esta realidade. E o setor imobiliário, em especial, tem grande potencial de transformação com o advento destas tecnologias analíticas (TRELEAVEN; ENGIN, 2021)

O sucesso nas vendas de uma realização imobiliária está intrinsecamente ligado ao planejamento na sua concepção. E o lançamento de um empreendimento imobiliário exige um estudo criterioso para analisar sua

[1]PINTO, G. A.; ALBERTE, E. P. V. Modelagem baseada em agentes aplicada a estudos para incorporação imobiliária: um panorama acerca da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

viabilidade e capacidade de atendimento ao mercado. Cunha (2016), defende que, em um cenário nacional de instabilidade política e econômica, realizar investimentos no setor imobiliário requer muita atenção, sendo necessário estudo preliminar bastante criterioso antes de colocar em prática um plano de ação. E uma das grandes dores evidenciadas nesta etapa é a incerteza atrelada às demandas econômicas e sociais do mercado, que envolve análise conjunta do preço por metro quadrado, custo do terreno e desejos por parte do público-alvo. Para Rocha (2006), existe uma oportunidade nesse cenário, que se bem explorada, pode potencializar o valor do empreendimento e reduzir a exposição ao risco do incorporador.

A utilização de métodos computacionais na solução de problemas das diversas áreas da sociedade já vem sendo feita há algumas décadas. Desde desafios da biologia a enigmas da economia e engenharia, o avanço nas tecnologias computacionais permitiu elevar a infinitude de simulações baseada em equações e sistemas mutáveis em tempo real (GETCHELL, 2008). Castro, Delgado e Rocha (2022) sinalizam a modelagem baseada em agentes (MBA) como uma metodologia computacional com grande capacidade para simular o comportamento humano e suas interações, conduzindo bem as variáveis e os desafios relativos a estudos mercadológicos para o setor imobiliário.

A MBA pode ser caracterizada como sendo o conjunto de inúmeras micros simulações que representam o comportamento dos chamados “agentes” e suas interações entre si num dado espaço. Essas simulações podem ser feitas e utilizadas em quaisquer ambientes que ajam interações entre agentes (MARSHALL, 2016). Este tipo de modelagem consegue fornecer informações valiosas sobre os padrões comportamentais do mundo real através de simulações que envolvem algoritmos e técnicas que se adaptam instantaneamente no ambiente simulado (BONABEAU, 2002). Os agentes definidos em uma MBA são unidades computacionais autônomas que através de interações entre si e o ambiente, podendo ser influenciadas por fatores como tempo e espaço, criando resultados que simulam o mundo real (HAMMIL; GILBERT, 2016).

Este estudo é uma análise exploratória que visa identificar e analisar em classes de problemas e lacunas, os trabalhos já existentes na literatura que integram MBA e a incorporação imobiliária. A pesquisa busca responder à seguinte questão: “Como se encontra o estado do conhecimento a respeito do desenvolvimento de modelos baseados em agentes para apoiar estudos para o MI (Mercado Imobiliário)?”

Assim, o estudo realiza uma análise do conteúdo de publicações sobre o uso de MBA para incorporação imobiliária identificadas a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Para análise do conteúdo, o estudo aplica indicadores bibliométricos relacionados ao ano de publicação e ao número de citações, e variáveis de análise para caracterizar os modelos apresentados nos estudos selecionados (tipo de modelo, software utilizado, propósito, fundamentação e tipo de características dos agentes).

Diante dessa perspectiva que relaciona a necessidade de compreender os parâmetros para o sucesso de um lançamento imobiliário com o potencial de uso da modelagem baseada em agentes para este fim, espera-se que as discussões realizadas neste artigo possam contribuir para promover e orientar estudos aplicados sobre o desenvolvimento de MBA para o setor de incorporação imobiliária.

2 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é uma estratégia metodológica de pesquisa que segue regulamentações particulares e que procura compreender um grande corpus documental para um dado contexto. Possui alto nível de evidência e se constitui um documento relevante para tomada de decisões em escalas públicas e privadas (GALVÃO; RICARTE, 2020).

A revisão desenvolvida considerou a abordagem trazida por Kitchenham (2004). A pesquisa divide-se em duas grandes etapas (Figura 1): Delimitação das Publicações (Etapa 1) e Análise do conteúdo (Etapa 2).

Figura 1: Diagrama de fluxo das atividades desenvolvidas nas etapas da pesquisa



Fonte: Autores.

Na **Etapa 1 (Delimitação das Publicações)**, o mapeamento dos estudos iniciais foi elaborado por meio do protocolo de busca, definindo objetivo, problemas de pesquisa, mecanismos de busca, bases de dados consideradas, critérios de inclusão e exclusão empregados, estratégias de extração de dados, e exposição dos resultados. Como metodologia de busca, definiu-se que as fontes deveriam estar divulgadas em periódicos científicos, disponíveis integralmente em canais eletrônicos, no idioma inglês e no hiato temporal dos últimos 20 anos Os termos de busca utilizados foram “ABM”, “Agent Based Modeling”, “Real Estate Development”, “Property Development”, “Agent-based” e “Real Estate”; sendo realizadas todas as combinações possíveis entre “Agent Based Modeling” ou ABM e os demais.

Os bancos de dados escolhidos foram SCOPUS, Compendex, ASCE Library e Web of Science. Para seleção dos estudos, foram elaborados critérios de inclusão e exclusão a partir da leitura dos resumos. Como critérios de inclusão adotaram-se: (a) Trabalhos que abordam a integração entre MBA e incorporação imobiliária; e (b) Trabalhos que possuem os termos de busca ao menos no título, resumo ou palavras-chave. Como critérios de exclusão adotaram-se: (a) Trabalhos repetidos; (b) Trabalhos que não desenvolveram modelagem baseada em agentes; e (c) Trabalhos que abordem apenas um dos tópicos de pesquisa de maneira separada.

Dos 210 resultados obtidos, 40 foram identificados como duplicatas entre as bases pesquisadas. Dos 170 artigos remanescentes, 142 foram excluídos pelos critérios de exclusão adotados, restando somente 28 para análise da elegibilidade. A elegibilidade dos artigos foi confirmada após a leitura completa das publicações remanescentes. Nesta etapa, foram selecionados apenas os artigos que estivessem apresentando MBA aplicada a estudos para o MI. Neste segundo filtro, apenas 16 artigos atenderam ao requisito.

A **Etapa 2 (Análise do conteúdo)** consistiu em uma análise sistemática do conteúdo dos 16 artigos selecionados. Esta análise inicialmente categorizou as publicações por ano e região (indicadores bibliométricos). Em seguida, a análise do conteúdo foi direcionada a analisar as características e os conceitos de design dos modelos desenvolvidos por cada publicação selecionada de acordo com as variáveis apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Variáveis utilizadas na análise

VARIÁVEL	DEFINIÇÃO
Tipo	Segmenta em trabalhos empíricos (modelos que focam em um estudo de caso isolado) e teóricos (modelos que buscam compreender padrões gerais sem depender de um único caso particular).
Software	Distingue a plataforma adotada de software ou toolkit do modelo.
Propósito	Caracteriza os modelos conforme objetivo da modelagem
Fundamentação	Constata as evidências adotadas para o desenvolvimento estrutural do modelo (população, regras comportamentais, fatores externos, escala de espaço e tempo).
Agentes	Identifica e caracteriza os principais stakeholders escolhidos para o modelo simulado

Fonte: Autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os artigos selecionados na Etapa 1 (Delimitação das publicações) por código, título, ano e país. Para os estudos teóricos que não desenvolveram modelos aplicados diretamente a uma região (A6, A10, A11 e A16), foi indicado o país onde o(a) primeiro(a) autor(a) do estudo se localiza. É possível observar que a grande maioria dos artigos analisados (14) foram publicados nos últimos 10 anos, o que permite inferir que se trata de um tema cada vez mais abordado na literatura contemporânea.

Boa parte dos trabalhos foi desenvolvida na Europa, com destaque para Espanha e Reino Unido. Não foram identificados estudos no território nacional. Destaca-se, portanto, uma oportunidade de estudo no tema com foco no MI do Brasil.

Entre os estudos mais recentes, elaborados no ano de 2022, estão o A14 (AGYEMANG; SILVA; FOX, 2022) e o A16 (CASTRO; DELGADO; ROCHA, 2022). A14 apresenta uma proposta que analisa o MI em Gana, simulando e avaliando os principais fatores que impactam na compra e venda de um imóvel. Para elaboração do modelo, os autores coletam e analisam dados a partir da realização de entrevistas e aplicação de questionários com os moradores da região. Através do modelo, os autores chegaram a resultados satisfatórios na previsão da escala de padrões de crescimento urbano nas regiões analisadas que pode servir de referência para outros estudos em regiões geográficas diferentes. A14, de maneira similar a A16, também aborda uma região de estudo específica. A diferença entre os dois trabalhos está na abordagem, que é feita de maneira teórica. Para design do modelo, os autores aplicam um questionário estruturado elaborado por stakeholders do mercado para compreender os fatores que impactam no crescimento urbano da região estudada, o que permite inferir que tal estratégia é relevante para a proposição de um modelo da temática analisada (análise de viabilidade no MI).

A Figura 3 apresenta os artigos elencados de acordo com as plataformas de desenvolvimento. É notório observar uma predominância de uso do Netlogo entre os softwares utilizados nos trabalhos. Esse software serviu como referência para sete dos artigos analisados (A1, A4, A6, A7, A12, A14 e A15). Sua popularidade é creditada ao fato de ser um software livre para modelagem baseada em agentes e de fácil programação. Em seguida, destaca-se a utilização do AnyLogic em três artigos (A2, A9, A16) e Repast em dois (A5, A13). Outras plataformas também são utilizadas em menor escala, como a MATSIM (A10), GAMA (A8) e UrbanSim (A11).

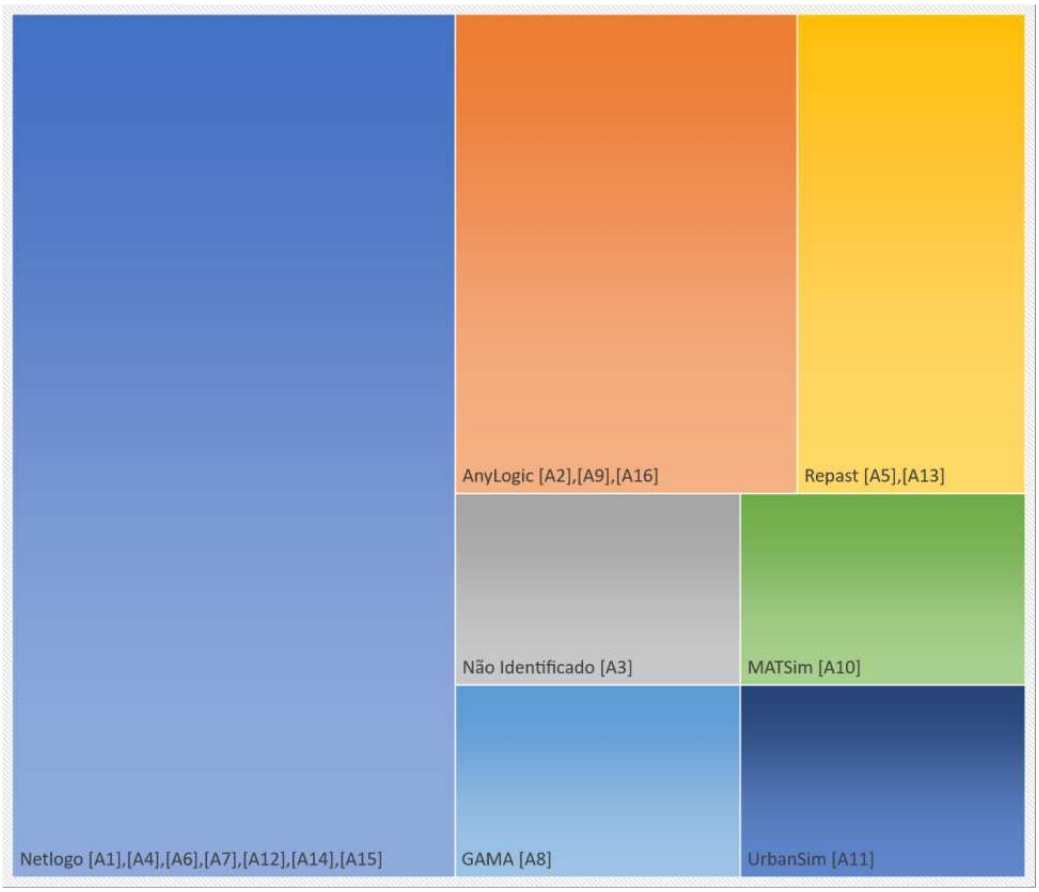
Figura 2: Artigos separados por código, título, ano e país de estudo.



Código	Fonte	Ano de Publicação	Título
A1	ZHUGE; SHAO	2018	Agent-based modelling of purchasing, renting and investingbehaviour in dynamic housing markets
A2	EVANS; GLAVATSKIY; PROKOPENKO	2021	The impact of social influence in Australian real estate: market forecasting with a spatial agent-basedmodel
A3	MILLER; HUNT; ABRAHAM; SALVINI	2003	Microsimulating urban systems
A4	TIAN; OUYANG; QUAN; WU	2010	Simulating spatiotemporal dynamics of urbanization with multi-agent systems—A case study of the Phoenix metropolitan region, USA
A5	SHEN; GUO; FANG	2015	Multi-Agent Simulation Model of China's Real Estate Marl<et Based on Bayesian Network Decision Making
A6	ZHUGE; SHAO; GAO; DONG; ZHANG	2016	Agent-based joint model of residential location choice and real estate price for land use and transport model
A7	GE	2016	Endogenous rise and collapse of housing price An agent-based model of the housing market
A8	BOUANAN; ZERGUINI; GAUSSIER	2017	Modeling and simulating households and firms location choice using agent-based models: Application to the urban area of Bordeaux
A9	MAGARIÑO; LACUESTA	2017	Agent-based simulation of real-estate transactions
A10	ZHU; JR; DIAO; ZEGRAS	2018	An integrated microsimulation approach to land-use and mobility modeling
A11	HURTUBIA; MARTINEZ; BIERLAIRE	2017	A quasi-equilibrium approach for market clearing in land use microsimulations
A12	OZBAKAN; KALE; DIKMEN	2018	Exploring House Price Dynamics: An Agent-Based Simulation with Behavioral Heterogeneity
A13	MARGARIÑO; MEDRANO; DELGADO	2019	Estimation of missing prices in real-estate market agent-based simulations with machine learning and dimensionality reduction methods
A14	AGYEMANG; SILVA; FOX	2022	Modelling and simulating 'informal urbanization':an integrated agent-based and cellular automata model of urban residential growth in Ghana
A15	YUN; MOON	2020	Housing Market Agent-Based Simulation with Loan-To-Value and Debt-To-Income
A16	CASTRO; DELGADO; ROCHA	2022	Real Estate Developers as Agents in the Simulation of Urban Sprawl

Fonte: Autores

Figura 3: Artigos selecionados por software utilizado.



Fonte: Autores

O Quadro 2 descreve os tipos de propósito nos quais os trabalhos revisados foram segmentados. Foram elencados em cinco grupos diferentes de acordo com o propósito principal do modelo abordado.

Quadro 2: Propósitos dos modelos por artigo

PRÓPOSITO	DESCRIÇÃO	ARTIGO															
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
Padrão comporta-mental	Compreender e analisar padrões comportamentais que influenciam a dinâmica do MI	•	•		•												•
Crescimento urbano	Compreender o crescimento urbano			•					•		•				•		
Transações	Simular as transações no MI					•	•			•		•	•	•			
Fenômeno específico	Compreender um fenômeno específico relacionado ao MI							•									
Regulamen-tações	Compreender e analisar padrões regulatórios que influenciam a dinâmica do MI															•	

Fonte: Autores

O propósito mais abordado foi inerente as transações comerciais que envolvem o processo de compra, venda e aluguel no mercado de imóveis. Os estudos trouxeram esse propósito com o objetivo de compreender a precificação do mercado, trazendo a abordagem, em sua maior parte, de maneira empírica através de estudos em regiões específicas de mercados locais.

Em seguida, apareceram os trabalhos sobre análise de padrões comportamentais que influenciam a dinâmica do MI e a utilização do mercado como ferramenta para compreensão do crescimento e expansão de zonas urbanas.

A Figura 4 elenca os modelos por tipo e propósito, conforme as premissas apresentadas anteriormente. É possível observar que grande parte dos modelos propõem simulações que focam nas transações financeiras no MI, ou seja, compra, venda e aluguel de imóveis (A5, A6, A9, A11, A12 e A13).

Posteriormente, observa-se um equilíbrio entre os propósitos dos artigos. A3, A8, A10 e A14 buscam compreender o crescimento urbano através do MI. A1, A2, A4 e A16 trabalham na compreensão dos padrões comportamentais que influenciam a dinâmica do mercado. De maneira isolada A7 e A15 trabalham a compreensão de fenômenos específicos através do MI.

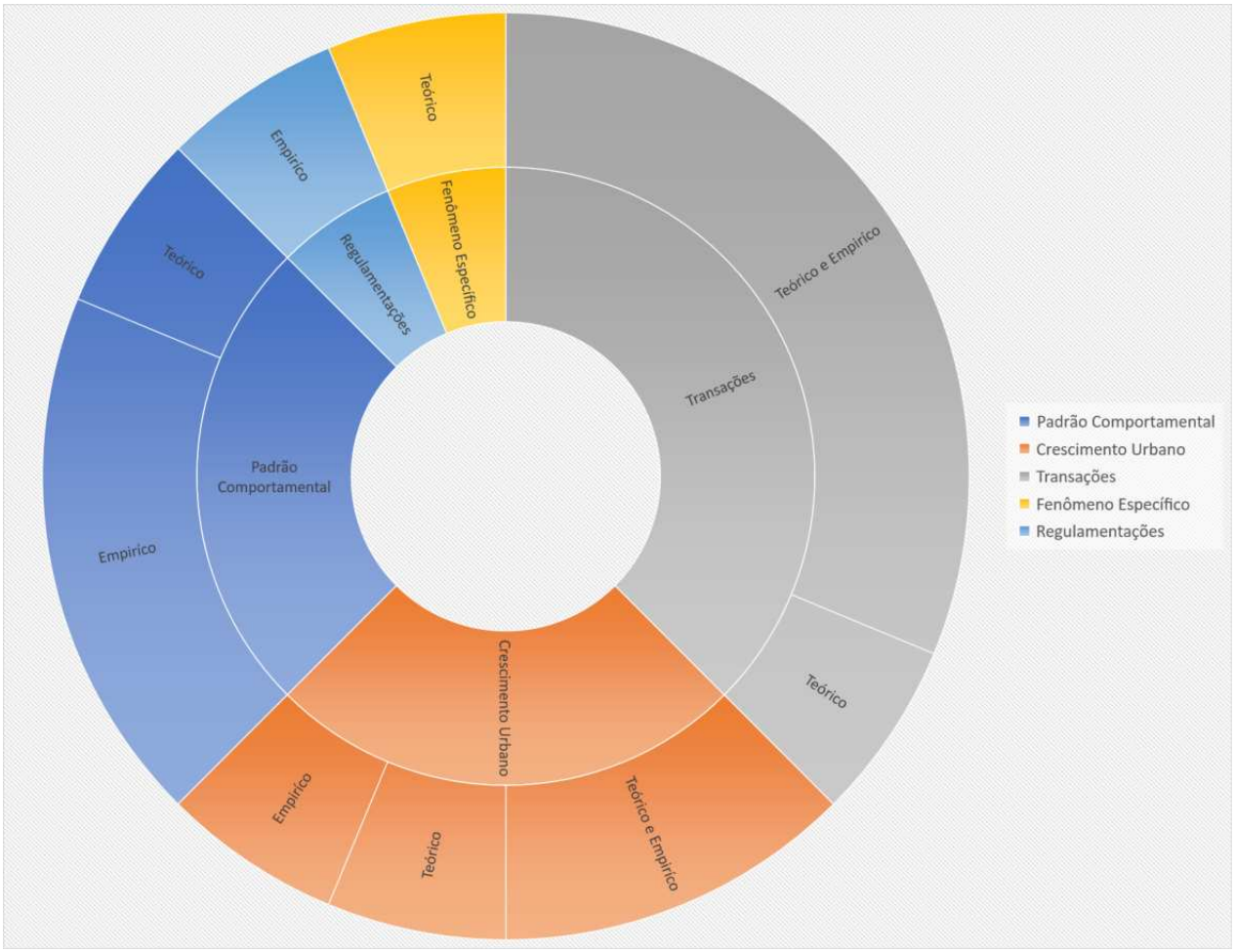
Em suma, pode-se observar que os modelos empíricos representam aqueles que buscam analisar transações do mercado através de uma abordagem mais específica para o desenvolvimento da simulação, como evidenciado com maior clareza em A9 e A13. Por outro lado, as abordagens teóricas buscaram trazer uma compreensão mais focada na esfera comportamental dos stakeholders que participam do cenário (A16 e A12).

O Quadro 3 apresenta um resumo sobre os conceitos de design dos modelos analisados neste estudo.

A principal fonte de dados utilizada foi a bibliográfica. Boa parte dos estudos utilizaram teorias e evidências da literatura para fundamentar decisões conceituais adotadas na modelagem. Também foi possível observar a utilização de dados censitários fornecidos pelos governos locais e entrevistas de campo.

Observa-se que grande parte dos estudos (13) implementam agentes que são compradores e vendedores de imóveis na simulação. Isso ocorre devido a relevância desses stakeholders no cenário analisado. Seguido deles, os outros agentes que mais se repetiram foram os bancos e o governo, o que denota uma tendência dos modelos apresentados em analisar políticas fiscais e regulatórias.

Figura 4: Artigos segmentados por tipo e propósito.



Fonte: Autores

A4 traz uma abordagem empírica que leva em conta as interações entre governo, incorporadoras e cidadãos em uma dinâmica escalonada de maneira espacial e temporal em uma região específica. De maneira similar, essa linha de estudo também é observada em A7, A9, A14 e A15. Esses trabalhos fomentam a busca por tendências em MBAs que auxiliem a compreensão do planejamento urbano, servindo como ferramenta de suporte a governo e gestores que buscam compreender melhor esse cenário através do MI.

Outra linha de estudo evidenciada foi em relação as dinâmicas comerciais no MI, onde os autores analisam as transações do setor. A1 traz uma abordagem complexa que implementa diversos submodelos em uma simulação que busca compreender e analisar as operações de compra, venda e aluguel de imóveis no MI. Esta abordagem se comunica com a proposta apresentada por A13, na qual também são analisadas as tendências envolvendo essas operações no setor.

Como exceção, A10 propõe uma avaliação, através de MBA, acerca dos impactos das políticas de transporte e uso dos imóveis em áreas urbanas, não focando necessariamente em avaliar o mercado propriamente dito, que serve apenas como ferramenta para uma análise mais generalizada acerca do espaço urbano como um todo. A6, por sua vez, observa a utilização dos transportes públicos no planejamento imobiliário e os impactos que podem causar no MI de uma região. Esses trabalhos abrem campo para estudos futuros que busquem compreender as dinâmicas de transporte público na engrenagem de uma zona urbana.

Quadro 3: Conceitos design dos modelos analisados

ARTIGO	FUNDA-MENTACAO		DADOS				AGENTES								
	TEÓRICA	EMPIRÍCA	BIBLIOGRAFIA	SURVEY/ ENTREVISTA	CENSO/ GOVERNO	EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS	PROPRIEDADES	INCORPORADORAS/ CONSTRUTORAS	COMPRADORES	VENDEDORES	CORRETORES	BANCOS	COMÉRCIOS	GOVERNO	CIDADÃOS
A1		•	•			•	•		•	•	•				
A2		•	•				•		•	•		•			
A3	•	•	•			•	•		•	•	•	•	•		•
A4		•	•		•			•	•	•				•	•
A5	•	•	•		•		•		•	•		•			
A6	•	•	•	•	•	•		•						•	•
A7	•		•				•	•	•	•					
A8		•	•	•	•			•	•	•			•		•
A9	•	•	•			•			•	•	•				
A10	•		•		•	•							•		•
A11	•	•	•		•		•		•	•					
A12	•		•						•	•		•			
A13	•	•	•					•	•	•		•		•	•
A14	•	•		•	•	•							•	•	•
A15		•				•			•			•		•	
A16	•		•			•		•	•	•				•	

Fonte: Autores

A5 e A11 se destacam por trazer propostas inovadoras que utilizam metodologias pouco abordadas na literatura envolvendo MBA, indicando oportunidades para estudos futuros. A5 propõe um modelo apoiado na técnica de redes bayesianas para parametrizar os agentes na tomada de decisão. O modelo pode ser usado para análise de padrões e tendências futuras do MI chinês, sendo uma ferramenta valiosa para o fornecimento de informações para os tomadores de decisões do mercado.

Por outra parte, A11 utiliza a metodologia de "quase-equilíbrio" para pautar o estudo de uma MBA que pretende simular o comportamento de indivíduos em busca de moradia em uma cidade. Essa metodologia visa alcançar um equilíbrio entre demanda e oferta numa zona urbana de estudo do modelador, envolvendo diversos cenários que tentam simular a realidade do MI. Entre os atributos dos agentes, que são os compradores, o modelo considera idade, tamanho da família e preferências de localização. Seu diferencial está em ser replicado para qualquer região que possua fonte de dados disponíveis.

Finalmente, A8, A12 e A16 desenvolvem modelos que buscam uma maior compreensão dos parâmetros e atributos que impactam na decisão de um indivíduo em adquirir um imóvel. A8 considera renda, tamanho do domicílio, acessibilidade em relação ao centro da cidade, preço, características socioeconômicas da região do terreno, presença de escolas, hospitais, transporte público e nível de congestionamento de tráfego como os principais elementos que impactam nessa decisão. De acordo com a personalidade de cada agente as combinações são feitas e as interações refletem a escolha que oferece a maior utilidade para o agente. Em A12, os autores colocam em relevância a complexidade da heterogeneidade comportamental dos agentes, buscando capturar as entrelinhas das decisões na compra de imóveis. Os agentes não tomam decisões estritamente racionais, mas sim baseadas em heurísticas e comportamentos diversificados. A partir dessa heterogeneidade, é possível simular como diferentes comportamentos dos agentes afetam os preços dos imóveis e a dinâmica do MI como um todo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tendências de estudos sobre MBA aplicada ao MI compreendem a análise de planejamento urbano através do crescimento imobiliário, compreensão dos parâmetros fiscais e regulatórios que envolvem as transações financeiras no mercado.

Como lacunas, nota-se a necessidade de otimizar as análises para cenários que de fato auxiliem o incorporador imobiliário na elaboração de um novo empreendimento. É possível observar que a grande maioria dos trabalhos analisados tem sua abordagem voltada para o mercado como um todo, sem se restringir a um imóvel ou propriedade específico. Embora alguns trabalhos possam ser replicados em outras regiões, não foram identificados artigos que abordaram o MI nacional, o que abre campo para pesquisas que preencham essas lacunas identificadas.

O uso de MBA pode contribuir para o auxílio na tomada de decisões dos incorporadores imobiliários e pode ter grande valia para orientar um incorporador a realizar novos lançamentos. A8, A12 e A16 trazem oportunidades que podem ser aprimoradas para o desenvolvimento de modelos com este fim em futuros trabalhos.

Como limitação, observa-se que os resultados obtidos estão restritos ao âmbito das amostras provenientes a partir da *string* de pesquisa e das bases de dados utilizadas. Com o crescimento de publicações acerca do tema, é possível que uma maior quantidade de exemplos de uso da modelagem baseada em agentes no MI para a análise de lançamentos seja evidenciada no futuro.

Espera-se que estudos futuros sejam direcionados ao desenvolvimento de um modelo voltado a auxiliar o incorporador na análise de lançamentos imobiliários no território nacional. Observa-se a necessidade de estudos mais detalhados acerca teorias sociais aplicáveis ao contexto cultural local que incidem sobre o comportamento humano e as interações entre os agentes, bem como a realização de coleta de dados empíricos para fins de calibração e validação do modelo desenvolvido.

REFERÊNCIAS

AGYEMANG, Felix; SILVA, Elisabete; FOX, Sean. Modelling and simulating 'informal urbanization': An integrated agent-based and cellular automata model of urban residential growth in Ghana. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 0, 2022. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/23998083211068843>. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1177/23998083211068843

ALENCAR, Claudio. Um modelo para formulação de estratégia empresarial no mercado residencial. *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA E GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2000, Recife. **Anais** [...]. Recife: CITGQCC, 2000. p. 10. Disponível em: <https://www.realestate.br/dash/uploads/sistema/images/File/arquivosPDF/calencarpapercq1.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BATISTA, Marcos; BEZERRA, Úrsula; LIRA, Silva. A lei de incorporação imobiliária e sua aplicação aos loteamentos. **Revista de Estudos Jurídicos do UNI-RN**, n. 2, p. 26, 2019. Disponível em: <http://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistajuridica/article/view/591 >. Acesso em: 14 mar. 2023.

BOUANAN, Youssef. ZERGUINI, Seghir. GAUSSIER, Nathalie. Modeling and simulating households and firms location choice using agent-based models: Application to the urban area of Bordeaux, Universidade de Bordeaux. *In:* 2017 WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC), 2017, Las Vegas. **Anais** [...]. Las Vegas: WSC, 2017. p. 1121-1132. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Guillaume-Pouyanne/publication/5085396_Urban_Form_and_Travel_Patterns_An_application_to_the_metropolitan_area_of_Bordeaux/links/00b7d5236f2984e10e000000/Urban-Form-and-Travel-Patterns-An-application-to-the-metropolitan-area-of-Bordeaux.pdf >. Acesso em: 17 mar. doi:10.1109/WSC.2017.8247860.

BONABEAU, Eric. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. **PNAS**, v. 99 n. suppl 3, 2002. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.082080899>. Acesso em: 20 fev. 2023. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.082080899

CASTRO, Geovanna; DELGADO, Montserrat; ROCHA, Wenseslao**.** Real Estate Developers as Agents in the Simulation of Urban Sprawl. **Sustainability (Switzerland),** v. 14, n.15, 2022. Disponível em: < https://www.mdpi.com/2071-1050/14/15/8994 >. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.3390/su14158994

CUNHA, Vinícius. **Análise de viabilidade: estudo de caso de incorporação imobiliária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 90 p. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148711/001002491.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 dez. 2022.

EVANS, Patrick; GLAVATSKIY, Kirill. The impact of social influence in Australian real estate: market forecasting with a spatial agent-based model, **Journal of Economic Interaction and Coordination**, v. 18, n. 1, p. 5–57, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11403-021-00324-7>. Acesso em: 13 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1007/s11403-021-00324-7

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019. Disponível em: https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835. Acesso em: 15 dez. 2022. doi: 10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73.

GE, Jiaqi. Endogenous rise and collapse of housing price: An agent-based model of the housing market. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 62, p. 182–198, 2016. Disponível: < https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0198971516303714>. Acesso em: 14 mar 2022. doi:https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.11.005

GETCHELL, Adam. **Agent-based Modeling**. 2008. Disponível em: <http://econ2.econ.iastate.edu/tesfatsi/AgentBasedModeling.AdamGetchell.phy250.Report.pdf > Acesso em: 15 dez. 2022.

HAEFNER, J. W. **Modeling biological systems: principles and applications**. New York: Chapman and Hall, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-4119-6_17> Acesso em: 15 dez. 2022.

HAMILL, Lynne; GILBERT, Nigel. **Agent-Based Modelling in Economics**. Wiley Online Library, 2016. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=uL7dCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=HAMILL,+Lynne%3B+GILBERT,+Nigel.+Agent-Based+Modelling+in+Economics&ots=T5jJU9NEaW&sig=L_3w5HNpB8cWRgWS493mGjFlgNI&redir_esc=y#v=onepage&q=HAMILL%2C%20Lynne%3B%20GILBERT%2C%20Nigel.%20Agent-Based%20Modelling%20in%20Economics&f=false>. Acesso em 11 mar. 2023.

HURTUBIA, Ricardo; JAVIER, Francisco; MARTINEZ, Javier; BIERLAIRE, Michel. A quasi-equilibrium approach for market clearing in land use microsimulations. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 46, n. 3, p. 445–468, 2017. Disponível em: < https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2399808317719071>. Acesso em: 14 jan 2022. doi:https://doi.org/10.1177/2399808317719071

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report.** Technical Report TR/SE-040, Reino Unido: Keele University, 2004. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=29890a936639862f45cb9a987dd599dce9759bf5> Acesso em: 15 dez. 2022.

MARGARIÑO, Ivan; LACUESTA, Raquel. R, Agent-based simulation of real-estate transactions. **Journal of Computational Science**, v. 21, p. 60–76, 2017. Disponível em: < https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877750317301011>. Acesso em 07 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.05.021

MARGARIÑO, Ivan; MEDRANO, Carlos; DELGADO, Jorge. Estimation of missing prices in real-estate market agent-based simulations with machine learning and dimensionality reduction methods. **Neural Computing and Applications,** v. 32, n. 7, p. 2665–2682, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-018-3938-7>. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1007/s00521-018-3938-7

Marshall, Brandon D. L. Agent-Based Modeling. In: El-Sayed, Abdulrahman M.; Galea, Sandro. **Systems Science and Population Health**. New York: Oxford Academic, 2017. Disponível em: < https://academic.oup.com/book/4549/chapter-abstract/146643641?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 14 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190492397.003.0008

MILLERA, Eric; HUNTB, Douglas; SALVINIC, Paul. Microsimulating urban systems. C**omputers, Environment and Urban Systems**, v. 28, n. 1–2, p. 9–44, 2003. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971502000443?via%3Dihub>. Acesso em: 08 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00044-3

OZABAKAN, Tolga; KALE, Serdar; DIKMEN, Irem. Exploring House Price Dynamics: An Agent-Based Simulation with Behavioral Heterogeneity. **Computational Economics**, v. 54, n. 2, p. 783–807, 2018. Disponível em: < https://link.springer.com/article/10.1007/s10614-018-9850-5>. Acesso em: 25 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1007/s10614-018-9850-5

ROCHA, Katia. **Três Ensaios sobre a Metodologia de Apreçamento de Ativos utilizando Opções Reais**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2006. Disponível em: <https://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0312539_06_pretextual.pdf> Acesso em: 15 dez. 2022.

SHEN, Yang; GUO, Yongchen; FANG, Zhigeng**.** Multi-agent simulation model of China's real estate market based on Bayesian network decision making. *In:* PROCEEDINGS OF IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREY SYSTEMS AND INTELLIGENT SERVICES, 2015. **Anais** [...]. IEEE, 2015. p. 363–368. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/7301883. Acesso em: 18 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1109/GSIS.2015.7301883

TIANA, Guangjin; OUYANGC, Yun; JIANGUO, Quana. (2010)**.** Simulating spatiotemporal dynamics of urbanization with multi-agent systems-A case study of the Phoenix metropolitan region, USA. **Ecological Modelling**, v. 222, n.5, p. 1129–1138, 2010. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380010006848?via%3Dihub>. Acesso em: 11 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.12.018

TRELEAVEN, Philip; ENGIN, Zeynep. Algorithmic Government: Automating Public Services and Supporting Civil Servants in using Data Science Technologies. **Section C: Computational Intelligence, Machine Learning and Data**

Analytics. The Computer Journal, v. 62, n. 3, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8852885> Acesso em: 15 dez. 2022. doi:10.1093/comjnl/bxy082

YUN, Tae; MOON, Chul. Housing Market Agent-Based Simulation with Loan-To-Value and Debt-To-Income. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 23, n. 4, 2020. Disponível em: <https://www.jasss.org/23/4/5.html> doi: 10.18564/jasss.4410

ZHUGE, Chengxiang; SHAOB, Chunfu. Agent-based modelling of purchasing, renting and investing behaviour in dynamic housing markets. **Journal of Computational Science**, n. 27, p. 130–146, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877750317313546>. Acesso em: 16 mar, 2023 doi:https://doi.org/10.1016/j.jocs.2018.05.007

ZHUGE, Chengxiang; SHAO, Chunfu; GAO, Jian; DONG, Chunjiao. Agent-based joint model of residential location choice and real estate price for land use and transport model. **Computers, Environment and Urban Systems**, n. 57, p. 93–105, 2016.Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971516300096?via%3Dihub>. Acesso em: 17 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.001

ZHU, Yi; DIAO, Mi; Zegras, P. An integrated microsimulation approach to land-use and mobility modeling. **Journal of Transport and Land Use,** v. 11, n.1, p. 633–659, 2018. Disponível em: https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/1186. Acesso em: 12 mar. 2023. doi:https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1186