

Do Código à Interação Visual: Um Mapeamento Sistemático da Literatura como Base para a Plataforma de Simulação MAVIS

Guilherme Monteiro¹, André P. Borges¹, Gleifer V. Alves¹, Rafael C. Cardoso²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Ponta Grossa, PR, Brasil

²University of Aberdeen
Aberdeen, United Kingdom

luipad@alunos.utfpr.edu.br, {apborges, gleifer}@utfpr.edu.br

rafael.cardoso@abdn.ac.uk

Abstract. *Urban mobility simulation is a powerful tool for city planning, but its application is limited by platforms that require advanced programming, creating a barrier for domain experts. To validate this accessibility gap, a systematic literature review analyzed 426 papers, investigating interaction paradigms, domains, and technologies. The results reveal that the majority of tools are code-based (50.16%), that the primary audience is researchers rather than practitioners, and that visual logic editing is extremely rare (1.64%). In light of this, this paper proposes MAVIS, a no-code platform informed by these gaps, which couples the Godot engine with a BDI framework (MASPY) to democratize traffic simulation through a visual behavior editor.*

Resumo. *A simulação de mobilidade urbana é uma ferramenta poderosa para o planejamento das cidades, mas sua aplicação é limitada por plataformas que exigem programação avançada, criando uma barreira para especialistas de domínio. Para validar esta lacuna de acessibilidade, um mapeamento sistemático da literatura analisou 426 artigos, investigando paradigmas de interação, domínios e tecnologias. Os resultados revelam que a maioria das ferramentas é baseada em código (50.16%), que o público principal são pesquisadores em detrimento de praticantes, e que a edição de lógica visual é extremamente rara (1.64%). Diante disso, este artigo propõe o MAVIS, uma plataforma no-code informada por estas lacunas, que une o motor Godot a um framework BDI (MASPY) para Desenvolver uma solução que proporcione uma experiência de aprendizado fluida para o usuário, através de um editor de comportamento visual.*

1. Introdução

A crescente complexidade dos sistemas urbanos exige ferramentas de planejamento e análise cada vez mais sofisticadas, consolidando a simulação computacional como um método fundamental na área [Law 2014]. Em sistemas de transporte, especificamente, a simulação permite analisar cenários hipotéticos (“what-if”) e dar suporte à decisão, tornando-se uma ferramenta estratégica para otimizar investimentos [Çelik Maşalacı and Zorba 2023, Nguyen et al. 2021, Górka and Małecki 2024].

Dentro desse contexto, a Simulação Baseada em Agentes (*Agent-Based Modeling - ABM*) representa uma mudança de paradigma. Diferente de modelos macroscópicos, a ABM utiliza uma abordagem de baixo para cima (*bottom-up*) na qual o comportamento global do sistema, como a formação de congestionamentos, emerge das interações locais de agentes autônomos e heterogêneos [Qiao et al. 2023, Iskandar et al. 2024]. Essa granularidade é essencial para modelar o impacto de diferentes perfis de motoristas [Górka and Małeckı 2024], testar novas tecnologias como veículos autônomos [Li et al. 2023], e analisar a dinâmica de pedestres em cenários complexos [Zhang et al. 2023, Soltaninejad et al. 2025, Iskandar et al. 2024].

Apesar de seu potencial, o acesso a essas ferramentas poderosas é frequentemente limitado. Muitas plataformas de simulação existentes exigem conhecimento especializado em programação, criando uma significativa “lacuna de acessibilidade”. Esta barreira dificulta o uso por especialistas de domínio, como planejadores urbanos, engenheiros de tráfego e pesquisadores de ciências sociais, que possuem o conhecimento do problema, mas não necessariamente a proficiência técnica para utilizar as ferramentas em seu pleno potencial.

Para agregar uma solução a este problema, este artigo propõe a MAVIS (*Multi Agent Visualization and Interaction Suite*), uma plataforma que busca construir uma ferramenta onde a curva de aprendizagem do usuário seja relativamente suave através de uma interface visual e interativa. Inspirada em jogos de gerenciamento, sua filosofia *no-code* visa capacitar o especialista de domínio, permitindo que ele assuma o papel de um arquiteto de sistemas, em vez de atuar como um programador.

A fim de validar a necessidade de tal plataforma e inspirar seu design, foi conduzido um mapeamento sistemático da literatura. Os objetivos centrais foram: validar a lacuna entre ferramentas que exigem programação e as com interfaces visuais limitadas, analisar os paradigmas de interação dominantes e investigar o estado da arte na customização de agentes por não programadores.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 detalha a metodologia empregada no mapeamento sistemático. A Seção 3 apresenta os resultados quantitativos extraídos da literatura. A Seção 4 discute as implicações desses resultados, identificando as lacunas que justificam uma nova solução. A Seção 5 descreve a arquitetura e as funcionalidades propostas para a plataforma MAVIS. Por fim, a Seção 6 apresenta a conclusão do trabalho e aponta os direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Metodologia do Mapeamento Sistemático

Para validar a necessidade e informar o design da plataforma MAVIS, foi conduzido um mapeamento sistemático da literatura, seguindo uma adaptação do método proposto por [Kitchenham and Charters 2007], e utilizando a ferramenta web *parsif.al*¹ para organização e agilidade na aplicação do método.

O objetivo principal desta pesquisa foi investigar o estado da arte em plataformas de simulação de agentes. Isso incluiu: validar a necessidade do MAVIS, identificando a lacuna entre plataformas que exigem programação e aquelas com interfaces visuais limitadas; analisar paradigmas de interação, mapeando como os usuários constroem cenários

¹ A ferramenta está disponível em: <https://parsif.al/>, acessado em 18 de Julho de 2025

e definem o comportamento de agentes; identificar concorrentes e inspirações que sirvam como base de comparação; e, finalmente, investigar a customização de agentes por não programadores.

2.1. Questões de Pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, o estudo foi guiado por seis questões de pesquisa (QPs) sendo elas: (QP1) Quais plataformas de simulação para agentes inteligentes são documentadas na literatura? (QP2) Quais são seus domínios de aplicação e públicos-alvo declarados? (QP3) Qual é o paradigma de interação predominante para a configuração e customização de agentes e cenários? (QP4) A interação é primariamente via código (API), arquivos de configuração (XML/JSON), ou interface gráfica (GUI)? (QP5) Dentre as plataformas com GUI, qual o nível de profundidade oferecido para a customização do comportamento do agente (ex: apenas ajuste de parâmetros, ou edição de lógica/regras de forma visual)? (QP6) Quais tecnologias de frontend (se houver) são comumente utilizadas para a visualização das simulações?

2.2. Estratégia de Busca

A estratégia de busca foi estruturada utilizando o critério PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*) [Kitchenham and Charters 2007]. A População do estudo focou em artigos sobre *Intelligent Agents*, *Multi-Agent Systems* e conceitos relacionados. A Intervenção buscou por termos como *Simulation Platforms* e *Simulators*. A Comparação considerou diferentes integrações de agentes e tipos de simulação, enquanto os Resultados esperados incluíam a caracterização das plataformas e seus domínios de aplicação. Finalmente, o Contexto da pesquisa abrangeu áreas como *Academic Research*, *Computer Science* e *Artificial Intelligence*.

A busca foi realizada nas seguintes fontes de dados: *ACM Digital Library*, *IEEE Digital Library*, *Scopus* e uma busca manual para incluir artigos de referência. A string de busca utilizada, em inglês para maximizar o alcance, foi:

(“*Intelligent Agent*” OR “*Agent-Based Simulation*” OR “*Autonomous Agent*” OR “*BDI Agent*” OR “*Cognitive Agent*” OR “*Multi-Agent System*”) AND (“*Simulation Platform*” OR “*Agent-Based Modeling*” OR “*Simulation Framework*” OR “*Simulator*” OR “*Testbed*” OR “*Virtual Environment*”) AND (“*visual*” OR “*GUI*” OR “*graphical*” OR “*interactive*” OR “*mobility*” OR “*traffic*” OR “*urban*” OR “*user interface*”)

2.3. Critérios de Seleção de Estudos

Após a remoção de duplicatas, os artigos foram submetidos a uma triagem de título e resumo. Para ser elegível, um estudo precisava atender a todos os quatro Critérios de Inclusão (CI). O primeiro critério exigia que o estudo descrevesse ou utilizasse uma plataforma de software específica (CI1), e que a simulação envolvesse explicitamente agentes inteligentes ou sistemas multiagente (CI2). Além disso, era necessário que o estudo fosse uma publicação de pesquisa primária (CI3) e que possuísse relevância para o escopo do MAVIS (CI4). Esta relevância era definida pelo atendimento de ao menos uma de duas condições: a) Relevância de domínio, com foco em tráfego e mobilidade urbana; ou b) Relevância da ferramenta/visualização, com menção explícita a uma interface gráfica ou componente interativo.

Artigos que não atendiam a esses critérios eram descartados com base em um conjunto correspondente de Critérios de Exclusão (CE), como ser um tipo de publicação inválido (CE1) ou estar fora do escopo temático (CE2, CE3) ou metodológico (CE4).

2.4. Avaliação de Qualidade

Os artigos que passaram pela triagem inicial foram lidos na íntegra e avaliados por meio de um checklist de qualidade composto por 8 questões (Q1–Q8), com pontuações atribuídas como Sim (1.0), Parcial (0.5) ou Não (0.0). O objetivo foi avaliar a clareza da documentação e a relevância do estudo para os objetivos do MAVIS. As questões verificaram se a plataforma estava claramente identificada (Q1) e se seu domínio e público-alvo estavam bem descritos (Q2). A avaliação também investigou a clareza na descrição do paradigma (Q3) e da forma principal de interação (Q4), incluindo o nível de customização da GUI (Q5). Finalmente, o checklist apurou se as tecnologias de *frontend* foram mencionadas (Q6), se havia exemplos práticos (Q7) e o potencial de relevância direta do estudo para o MAVIS (Q8).

2.5. Extração de Dados

Para cada um dos artigos selecionados, foi utilizado um formulário padronizado a fim de garantir uma extração de dados consistente, o que facilitou a posterior organização e síntese dos resultados. O formulário foi projetado para coletar sistematicamente as informações que respondem diretamente às seis questões de pesquisa (QPs) do estudo, apresentadas na seção 2.1. Os dados extraídos incluíram: o nome da plataforma mencionada (QP1); seu domínio de aplicação e público-alvo (QP2); o paradigma de interação predominante (QP3); a forma principal de interação (API, GUI ou arquivos) (QP4); o nível de customização via GUI, quando aplicável (QP5); e, por fim, as tecnologias de *frontend* mencionadas para visualização (QP6).

3. Resultados do Mapeamento

A aplicação do protocolo de pesquisa resultou em um conjunto final de estudos que foi analisado para responder às seis questões de pesquisa. Esta seção apresenta os dados extraídos, detalhando o processo de seleção dos artigos e os resultados quantitativos para cada QP.

3.1. Fluxo de Seleção de Estudos

O processo de seleção dos estudos seguiu um funil de quatro etapas, conforme detalhado no diagrama de fluxo da Figura 1. A partir de uma busca inicial que identificou 670 artigos, e após a remoção de duplicatas e a aplicação dos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) na fase de triagem, o processo resultou em um conjunto final de 426 estudos para a fase de análise de qualidade, deste conjunto, uma avaliação de qualidade identificou 305 artigos de maior relevância (nota > 5.0, de um máximo de 8.0), que serviram como base para análises aprofundadas.

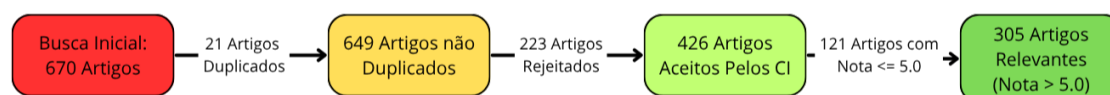


Figura 1. Diagrama de fluxo do processo de seleção de estudos.

3.2. Análise por Plataforma (QP 1)

A primeira questão de pesquisa (QP 1) buscou identificar as plataformas de simulação mais documentadas na literatura. A Figura 2 apresenta a frequência de menções para cada abordagem de simulação identificada nos 305 artigos de maior qualidade.

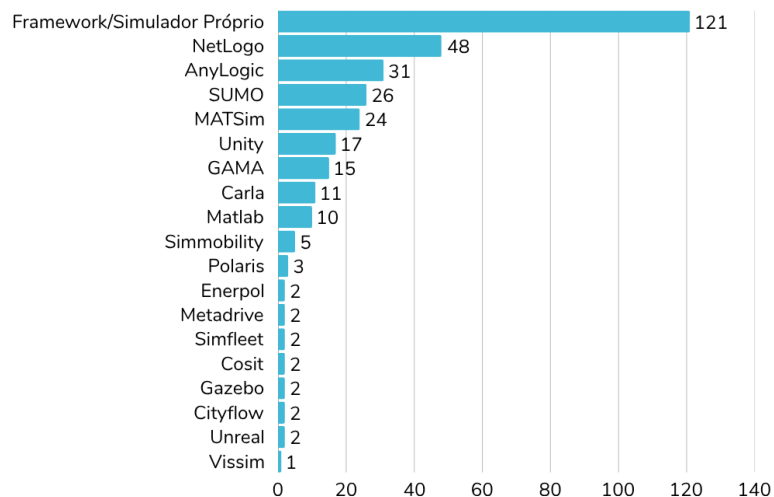


Figura 2. Frequência das plataformas de simulação estabelecidas.

3.3. Análise de Domínio e Público-Alvo (QP 2)

A análise da Questão de Pesquisa 2 (QP 2) investigou o domínio de aplicação e o público-alvo das plataformas, a distribuição dos domínios, é visualizada na Figura 3.

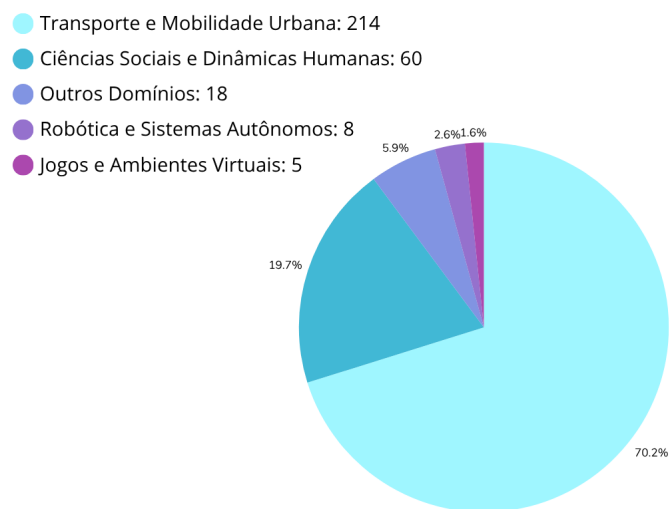


Figura 3. Distribuição dos domínios de aplicação.

A Figura 4, por sua vez, detalha a frequência de menções para cada público-alvo.

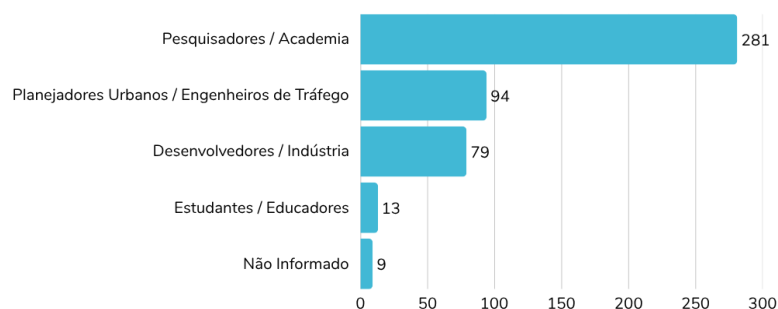


Figura 4. Distribuição do público-alvo por menções.

3.4. Análise dos Paradigmas de Interação (QP 3, QP 4 e QP 5)

A análise dos paradigmas de interação, baseada nos 305 artigos de maior qualidade, oferece uma visão detalhada de como os usuários interagem com as plataformas. A Tabela 1 apresenta a distribuição consolidada, desmembrando os diferentes níveis de interação via Interface Gráfica (GUI).

Tabela 1. Distribuição Refinada dos Paradigmas de Interação

Paradigma Principal (QP 3)	Detalhe / Nível de GUI (QP 5)	Forma de Interação (QP 4)	Contagem	% do Total
Interação Gráfica	GUI para Parametrização	GUI	92	30.16%
Programação/ Scripting	-	Código/API	88	28.85%
Configuração via Arquivos	-	Arquivos de Config.	65	21.31%
Interação Gráfica	GUI para Composição de Cenário	GUI	28	9.18%
Híbrido	GUI (Cenário) + Scripting (Comportamento)	GUI + Código	25	8.20%
Interação Gráfica	GUI para Edição de Lógica Visual	GUI	5	1.64%
Não Descrito / Não Aplicável	-	-	2	0.66%

3.5. Análise das Tecnologias de Frontend (QP 6)

A investigação final (QP 6) focou nas tecnologias de *frontend* utilizadas para a visualização das simulações. A Figura 5 agrupa as tecnologias mencionadas em categorias e ilustra suas frequências, revelando um cenário tecnológico fragmentado, mas com tendências claras.

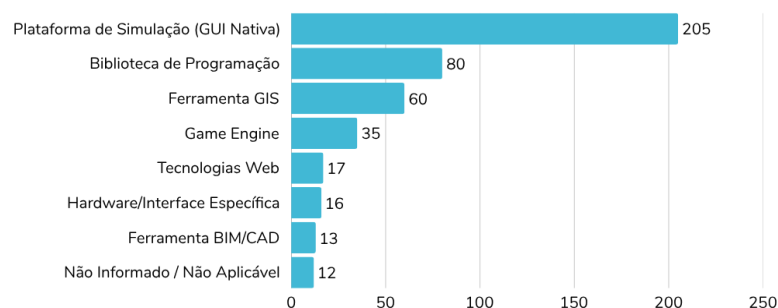


Figura 5. Distribuição das categorias de tecnologia de frontend.

4. Discussão

Os resultados do mapeamento sistemático não apenas quantificam o estado da arte em plataformas de simulação de agentes, mas também revelam um conjunto de lacunas interconectadas na literatura e nas ferramentas disponíveis. Esta seção interpreta e sintetiza esses resultados para argumentar sobre a necessidade de uma nova abordagem, como a proposta pelo MAVIS.

A análise dos dados expõe três lacunas fundamentais. Primeiramente, uma lacuna de acessibilidade, evidenciada na Tabela 1, onde a maioria dos estudos (50.16%) depende de interação via código ou arquivos de configuração, e a capacidade de editar visualmente a lógica dos agentes é um recurso criticamente ausente (1.64%).

Em segundo lugar, uma lacuna de mercado, revelada na Figura 4, que mostra uma desconexão entre o público primário das ferramentas (pesquisadores) e um substancial mercado praticante (planejadores e engenheiros) mal atendido pelas soluções atuais. Finalmente, uma lacuna de ferramentas, demonstrada na Figura 2 pelo alto número de pesquisadores que optam por desenvolver simuladores próprios (121 menções), evidenciando que as plataformas existentes são frequentemente consideradas insuficientes em flexibilidade ou poder.

Diante dessas lacunas, a análise das tecnologias de *frontend* (QP 6) ilumina o caminho a seguir. A Figura 5 mostra que, enquanto o cenário é dominado por GUIs nativas e limitadas, há uma tendência emergente e estratégica: o uso de *Game Engines* (35 menções). Esta busca por realismo, interatividade e visualização 3D de alta fidelidade representa uma oportunidade tecnológica. Em vez de competir com as GUIs do passado, uma nova plataforma pode adotar uma arquitetura moderna baseada em um motor de jogo, oferecendo um ambiente mais rico e intuitivo que se alinha perfeitamente às necessidades do público praticante identificado.

5. MAVIS

A análise dos resultados do mapeamento sistemático forneceu diretrizes claras para a concepção de uma nova ferramenta. Esta seção detalha a proposta da plataforma MAVIS, cuja filosofia, arquitetura e funcionalidades foram diretamente informadas pelas evidências coletadas.

5.1. Visão e Filosofia de Design

A visão do MAVIS é criar uma plataforma de simulação de tráfego robusta, intuitiva e acessível, com uma filosofia “*no-code*” que visa desenvolver uma ferramenta com baixa curva de aprendizado. Inspirado em jogos de gerenciamento e estratégia, o MAVIS posiciona o usuário como um “arquiteto” de sistemas, e não como um programador. Essa abordagem busca preencher a lacuna de mercado identificada, tornando a simulação acessível a especialistas de domínio como urbanistas e engenheiros de tráfego.

5.2. Arquitetura Proposta

O MAVIS adota uma arquitetura de software desacoplada, separando a camada de apresentação (*frontend*) da camada de lógica (*backend*). O *frontend*, responsável pela visualização 3D e UI, será desenvolvido com o Godot Engine 4.x. A escolha por um

motor de jogo moderno é uma resposta direta à oportunidade tecnológica identificada na análise da QP 6, que apontou o uso de *game engines* como uma tendência crescente para alcançar realismo e interatividade.

O coração da plataforma reside no *backend*, implementado em Python 3.x. O componente central é o framework MASPY², um framework aberto para o desenvolvimento de Sistemas Multiagentes BDI [Mellado et al. 2023]. A arquitetura BDI (Belief-Desire-Intention) permite a criação de agentes com comportamentos racionais complexos. A comunicação entre as camadas será estabelecida por uma API de alta performance (FastAPI ou WebSockets).

5.3. Módulos e Funcionalidades Chave

A plataforma será implementada de forma modular, com dois componentes centrais para sua proposta de valor. O primeiro é o Editor de Cenários, uma ferramenta visual que permitirá aos usuários construir e “pintar” ambientes urbanos de forma intuitiva, similar a jogos de gerenciamento.

A funcionalidade mais inovadora, no entanto, é o Editor de Comportamento Visual. Este módulo é a resposta direta à lacuna de acessibilidade quantificada na análise da QP 5, que revelou que a edição de lógica visual é um recurso extremamente raro (1.64%). O editor do MAVIS permitirá que usuários definam a lógica de decisão dos agentes através de interfaces de regras ($SE \Rightarrow ENTÃO$) sem escrever código, empoderando especialistas a testarem suas hipóteses de comportamento de forma ágil.

6. Conclusão

Este artigo apresentou a justificativa, a metodologia e os resultados de um mapeamento sistemático da literatura sobre plataformas de simulação de agentes. A análise validou a necessidade de uma nova abordagem para a simulação de tráfego, materializada na proposta da plataforma MAVIS.

A pesquisa confirmou uma lacuna de acessibilidade crítica, revelando um ecossistema dominado por ferramentas que exigem programação (50.16%) e onde a capacidade de editar visualmente a lógica dos agentes é praticamente inexistente (1.64%). Diante dessas evidências, a plataforma MAVIS se posiciona como uma solução robusta e necessária, com sua filosofia de design inspirada em jogos e sua arquitetura, que une um motor gráfico moderno a um framework de agentes cognitivos, projetada para criar uma ferramenta que o usuário domine rapidamente.

Reconhecemos que este mapeamento sistemático possui limitações, como as bases de dados consultadas e a possibilidade de viés do revisor. Contudo, a conclusão desta pesquisa marca o início do trabalho de desenvolvimento da plataforma MAVIS. Os próximos passos seguirão um plano de desenvolvimento faseado, começando pela prova de conceito da arquitetura (Fase 1), seguida pela implementação da interatividade básica com os editores de cenário e simulação (Fase 2). O foco então se voltará à customização avançada com o inovador editor de comportamento visual (Fase 3), e culminará com a análise de dados e o polimento da plataforma para uma versão beta funcional (Fase 4).

²O framework está disponível em: <https://github.com/laca-is/MASPY>, acessado em 18 de Julho de 2025

Agradecimentos: Este trabalho tem financiamento do projeto: 444568/2024-7, CNPq/MCTI/FNDCT N° 22/2024, *Programa Conhecimento Brasil – Apoio a Projetos em Rede com Pesquisadores Brasileiros no Exterior*.

Referências

- Górka, P. and Małeck, K. (2024). ABMTrafSimCA: An agent-based modelling open-source software tool for traffic modelling and simulation based on cellular automata. *SoftwareX*, 27:101813.
- Iskandar, R., Dugdale, J., Beck, E., and Cornou, C. (2024). Agent-based simulation of seismic crisis including human behavior: application to the city of beirut, lebanon. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, 100(4):357–377.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE-2007-01, Keele University and University of Durham. Version 2.3.
- Law, A. M. (2014). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill Education, 5th edition.
- Li, Q., Peng, Z., Feng, L., Zhang, Q., Xue, Z., and Zhou, B. (2023). MetaDrive: Composing diverse driving scenarios for generalizable reinforcement learning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(3):3461–3475.
- Mellado, A. L. L., Fidler, I. G., Borges, A. P., and Alves, G. V. (2023). MASPY: Towards the Creation of BDI Multi-Agent Systems. In *Anais do XVII Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações*, pages 106–117, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Nguyen, J., Powers, S. T., Urquhart, N., Farrenkopf, T., and Guckert, M. (2021). An overview of agent-based traffic simulators. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 12:100486.
- Qiao, Q., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., Manu, P., Cao, R., and Yuan, Z. (2023). An interactive agent-based modelling framework for assessing COVID-19 transmission risk on construction site. *Safety Science*, 168:106312.
- Soltaninejad, M., Noorzai, E., and Faraji, A. (2025). Enhancing the level of confidence in the safe fire evacuation operation employing a combination of BIM and fuzzy TOPSIS method. *Smart and Sustainable Built Environment*. Published online April 2023. To be published in Vol. 14, No. 1, 2025.
- Zhang, A., Zhen, Q., Zheng, C., Li, J., Zheng, Y., Du, Y., Huang, Q., and Zhang, Q. (2023). Assessing the impact of architectural and behavioral interventions for controlling indoor COVID-19 infection risk: An agent-based approach. *Journal of Building Engineering*, 74:106807.
- Çelik Maşalacı, B. and Zorba, Y. (2023). An application of agent-based traffic flow model for maritime safety management evaluation. *International Journal of Maritime Engineering*, 165(A1). Published online April 2023.