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]ESTADO DA ARTE DA INTEGRAÇÃO GIS X BIM NO CONTEXTO DAS CIDADES INTELIGENTES

State of the art of GIS X BIM integration in the context of smart cities

Suélen Cardoso da Rosa
UFSC | Florianópolis, Santa Catarina | suelen.cardoso.rosa@ufsc.br

Vivian da Silva Celestino Reginato
UFSC | Florianópolis, Santa Catarina | vivian.celestino@ufsc.br

Fernanda Fernandes Marchiori
UFSC | Florianópolis, Santa Catarina | fernanda.marchiori@ufsc.br

Rafael Fernandes Teixeira da Silva
UFSC | Florianópolis, Santa Catarina | fernandes.silva@posgrad.ufsc.br

RESUMO

Atualmente nota-se uma crescente preocupação em relação ao futuro das cidades, principalmente, em relação aos temas de gestão e planejamento urbano, relacionados aos momentos presente e futuro, respectivamente. Por consequência disso, muitas pesquisas têm se voltado ao foco das cidades inteligentes e às ferramentas que dão suporte à consolidação deste conceito. Neste sentido, o objetivo do presente artigo foi analisar o estado da arte da produção científica nacional e internacional acerca da integração GIS e BIM no contexto das cidades inteligentes, de forma a retratar o desenvolvimento do tema relacionado à gestão e planejamento urbano, apontando lacunas teóricas e empíricas para pesquisas futuras. Na pesquisa exploratória foram aplicados filtros de tempo, análise dos títulos/duplicados, resumos e palavras-chave, restando 37 artigos. Os resultados apontaram para um aumento no número de pesquisas envolvendo o tema das cidades inteligentes e a integração GIS x BIM, em especial no ano de 2022. Porém, apesar do número de publicações ter crescido, no Brasil ainda são poucos os autores que atuam nesse tema. A partir da análise dos resultados, sugere-se que essa lacuna seja explorada em pesquisas futuras, tendo em vista a sua relevância para o desenvolvimento social, ambiental e econômico das cidades.

Palavras-chave: GIS; BIM; Planejamento urbano; Gestão urbana.

ABSTRACT

Currently, there is a growing concern about the future of cities, especially in relation to issues of management and urban planning, related to the present and future moments, respectively. As a result, many studies have focused on smart cities and the tools that support the consolidation of this concept. In this sense, the objective of this article was to analyze the state of the art of national and international scientific production about GIS and BIM integration in the context of smart cities, in order to portray the development of the theme in research related to management and urban planning, planned theoretical and empirical gaps for future research. In the exploratory research, time filters were applied, analysis of titles/duplicates, abstracts and keywords, leaving 37 articles. The results pointed to an increase in the number of research involving the theme of smart cities and GIS x BIM integration, especially in the year 2022. However, despite the number of publications having occurred, in Brazil there are still few authors who participate in this research. theme. From the analysis of the results, it is suggested that this gap be explored in future research, with a view to its conversion to the social, environmental and economic development of cities.

Keywords: GIS; BIM; Urban planning; Urban management.

1 INTRODUÇÃO

No século 21 o planejamento urbano pode ser caracterizado como o ponto central de discussões sobre o futuro das cidades e da mobilidade urbana, pois a partir dele as cidades podem ser replanejadas e reconstruídas para que os cidadãos consigam se conectar com o espaço onde vivem. Uma vez que o tema transpasse o âmbito físico e estético, se faz necessário a previsão de futuro, análise de tendências e conhecimento social, bem como interação entre diferentes áreas: engenharia, sociologia, geografia, administração, entre outras. Portanto, o planejamento urbano atua como um processo de criação e desenvolvimento de áreas de diferentes funções e dimensões, como o projeto de uma nova rua, loteamento,

[1] ROSA. S. C.; REGINATO, V. S. C.; MARCHIORI, F. F.; SILVA, R. F. T. Estado da arte da integração GIS x BIM no contexto das cidades inteligentes Análise do ecossistema de inovação de startups da construção civil cearense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

bairro ou cidade, além de buscar soluções efetivas para a qualidade de vida dos membros inseridos nele (SOUZA; RODRIGUES, 2004).

É importante destacar que “planejamento urbano” e “gestão urbana” não podem ser confundidas, pois são atividades distintas, que se complementam. Com isso, define-se o planejamento como uma atividade que remete para o futuro, sendo uma forma do homem tentar prever a evolução de um fenômeno, a partir de um conhecimento, prevê problemas futuros e consegue evitá-lo. Porém, gestão é uma atividade que remete ao presente, ao agora, ou seja, ela é a administração de determinadas situações inseridas em uma conjuntura, a partir dos recursos disponíveis no presente, tendo em vista as necessidades imediatas (SOUZA; RODRIGUES, 2004).

Contudo, a falta de planejamento urbano combinado ao crescimento desenfreado das cidades, pode acarretar inúmeros problemas para os cidadãos vindos da urbanização, em vários aspectos, sejam eles problemas ambientais, ausência de saneamento básico, problemas sociais, etc. Com isso, os planejadores urbanos, acabam fazendo o papel de gestores urbanos, pois, ao invés de planejar a cidade para o futuro, esforçam-se para resolver ou minimizar os problemas existentes, priorizando as soluções paliativas em detrimento de uma cidade sustentável (FABRÍCIO *et al.,* 2019). Ante o exposto, surge a expressão “cidade sustentável”, após os primeiros conceitos de sustentabilidade, por volta de 1990, quando ambientalistas criticaram a qualidade de vida e os padrões de desenvolvimento, dado o consumo e o desperdício exagerado de recursos naturais e pelos desequilíbrios sociais na sociedade. Impulsionando o debate para a prevenção e a criação de sustentabilidade para as cidades (BENTO *et al.,* 2018).

Ao falar de cidade sustentável é necessário lembrar de cidade inteligente, que para ser definida, é preciso atentar a pontos básicos de sua composição, como sistemas eficientes de abastecimento e transporte, além de um melhor manejo de recursos naturais, energia e resíduos, o que leva à maior sustentabilidade. Por isso, a criação de indicadores envolvendo a concepção (plano diretor) ou o monitoramento de sistemas permitirão obter referências úteis para comparações (benchmarking) entre cidades e o estabelecimento de metas e políticas públicas (ABREU; MARCHIORI, 2018).

Visando a evolução das cidades e o planejamento urbano, a Constituição Federal Brasileira, promulgada em 1988, estabeleceu que todas as cidades com mais de 20.000 habitantes são obrigadas a elaborar um Plano Diretor e o artigo 182 define que ele é o instrumento fundamental para o processo de planejamento municipal, devendo consubstanciar diretrizes e metas para o desenvolvimento econômico e ordenamento territorial das cidades (BRASIL, 2001). Portanto, os gestores municipais precisam ter suas próprias diretrizes obrigatórias, bem como seu planejamento urbano, além disso, esse objetivo deveria ser buscado em todos os setores da administração uma vez que, uma cidade sem planejamento legal é um amontoado de pessoas e edificações desordenadas, gerando um caos em todos os setores urbanos (FABRÍCIO *et al.,* 2019).

Para auxiliar os gestores no gerenciamento do planejamento urbano, pode-se contar com ferramentas de controle de gestão urbana, para que o Plano Diretor seja utilizado com eficácia pela administração pública. Porém, para uma boa gestão é necessário ter conhecimento pleno do território e dos fenômenos sociais e econômicos que ocorrem nas cidades e, algumas metodologias disponíveis para organizar e visualizar informações de forma integrada e compartilhada, atualmente, são os *Geographic Information Systems* (GIS) ou, em português, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modelling* (BIM).

Atualmente o BIM vem representando uma revolução na maneira de gerenciar o fluxo de informações ao longo do ciclo de vida de um empreendimento, de acordo com Barros *et al*. (2022) e sua integração com tecnologias de dados espaciais do tipo GIS possibilita aplicações em distintas áreas, como em análises de eficiência energética, governança urbana e gerenciamento de dados no âmbito de cidades inteligentes (WANG; YISHA; XIAOCHUN, 2019). Esse conceito corrobora com o de Machado (2019) que entende que os diferentes elementos utilizados por ambos os sistemas são necessários para a construção das *smart cities*, ou cidades inteligentes, pois, para fomentar o desenvolvimento e a inovação delas, é preciso uma visão real do território (MACHADO, 2019).

Como existe uma carência nas soluções que integrem as informações sobre construções, normalmente projetadas em planos em duas dimensões (no papel ou em desenho assistido por computador) com as informações advindas de cadastro, que normalmente utilizam SIG, tecnologias que integrem o GIS x BIM tem sido utilizadas com sucesso para representar informações que vinculam um ambiente construído à superfície terrestre, permitindo tanto a realização de planejamento quanto a gestão urbana (ZHU; WU, 2022).

A proposta atual do GIS é promover amplo acesso à informação geográfica, infraestrutura comum para construção e desenvolvimento de aplicações, sistemas comuns de gerenciamento de dados e significativa economia para organizações (LONGLEY *et al.,* 2001). Já o BIM inclui uma entidade digital de construção, em uma perspectiva micro, ou uma apresentação passiva de informações microdigitais em entidades reais e uma aplicação ativa de modelos na realização de todo o ciclo de vida das indústrias de arquitetura, engenharia e construção (XIA *et al.,* 2022). De acordo com os autores, tecnologias que integrem GIS e BIM fornecem subsídios para o gêmeo digital urbano e para apoiar o desenho sustentável de uma cidade inteligente.

Além disso, pode-se citar como uma ferramenta auxiliadora do processo de integração GIS e BIM e, consequentemente, do processo de gestão e planejamento urbano, o sensoriamento remoto, que possibilita a obtenção, medição e monitoramento de importantes características físicas da Terra e atividades humanas de forma remota, que visam o mapeamento de cidades ou áreas específicas (JENSEN, 2011).

Neste sentido o objetivo deste trabalho é analisar o estado da arte da produção científica nacional e internacional acerca da integração GIS e BIM no contexto das cidades inteligentes, de forma a retratar o comportamento e o desenvolvimento do tema nas pesquisas relacionadas à gestão e planejamento urbano, apontando métricas, lacunas teóricas e empíricas para pesquisas futuras.

2 INTEGRAÇÃO GIS X BIM

Os GIS têm reunido amplamente as necessidades corporativas, suportando arquiteturas robustas associadas a outras infraestruturas e/ou *softwares* corporativos. Estes sistemas têm fornecido bases para construir sistemas integrados multifinalitários que permitem coletar, organizar, analisar, visualizar, gerenciar e disseminar informações geoespaciais em um âmbito macro. Soluções GIS são desenvolvidas para atender as necessidades coletivas e individuais de uma organização ou usuário, e fazer com que informações geoespaciais estejam disponíveis para diferentes públicos (LONGLEY *et al*., 2001).

As aplicações SIG envolvem a análise de alterações temporais, a detecção de uso e cobertura do solo por meio da classificação de fotos aéreas e imagens de satélite, o preparo de planos da condição atual e para a representação de cenários, para apoiar a tomada de decisão e para o planejamento de medidas, o planejamento de tráfego e infraestrutura, a avaliação de intervenções e a análise da diversidade paisagística e identificação de padrões de paisagem. O SIG combina informações geométricas de fenômenos espaciais ou objetos, que ficam registradas em coordenadas geográficas, onde estes dados são armazenados em forma de tabelas, ao combinar estas informações, aspectos do mundo real são apresentados em forma de mapas temáticos (LANG, 2009).

Segundo Lang (2009), as imagens de satélite auxiliam o SIG, na visualização de uma determinada informação por campos contínuos. Imagens são coletadas através do sensoriamento remoto, que levanta os dados de forma orbital com informações diversas da superfície terrestre ao decorrer do tempo. Desta forma mudanças em extensas áreas de forma regular e intensa podem ser detectadas, como desmatamentos, por exemplo. Através de imagens de alta resolução espacial e espectral é possível realizar modelagem e classificação complexas das estruturas presentes nas áreas monitoradas e organizá-las para serem analisadas em SIG.

Segundo Jensen (2011), o sensoriamento remoto, além de ser uma ferramenta auxiliadora do SIG, também possibilita a medição e monitoramento de importantes características físicas e atividades humanas da terra, que visam o mapeamento cadastral de cidades ou áreas específicas. Destaca-se que, atualmente, exista uma procura maior por pesquisas e estudos sobre a utilização de novas tecnologias na indústria da construção, podendo ser citadas como exemplo: *Light Detection and Ranging* (LiDAR), processamento de imagens, BIM, *Machine Learning*, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Global Navigation Satellite System* (GNSS), Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), Modelagem 3D (ANTUNES; POSHDAR, 2018). Todas elas permitem integração tanto ao SIG quanto ao BIM e, esses, se integram mutuamente.

As tecnologias integrativas têm sido utilizadas em diversos países, não somente para realizar o planejamento e a gestão do território, mas para gerir obras de infraestrutura, pois através deste conhecimento são tomadas decisões que envolvem intervenções nestes espaços e em seu entorno por diferentes órgãos, o que contribui para a busca de soluções que minimizem a diversidade de problemáticas urbanas ligadas a gestão territorial (ZHU; WU, 2022).

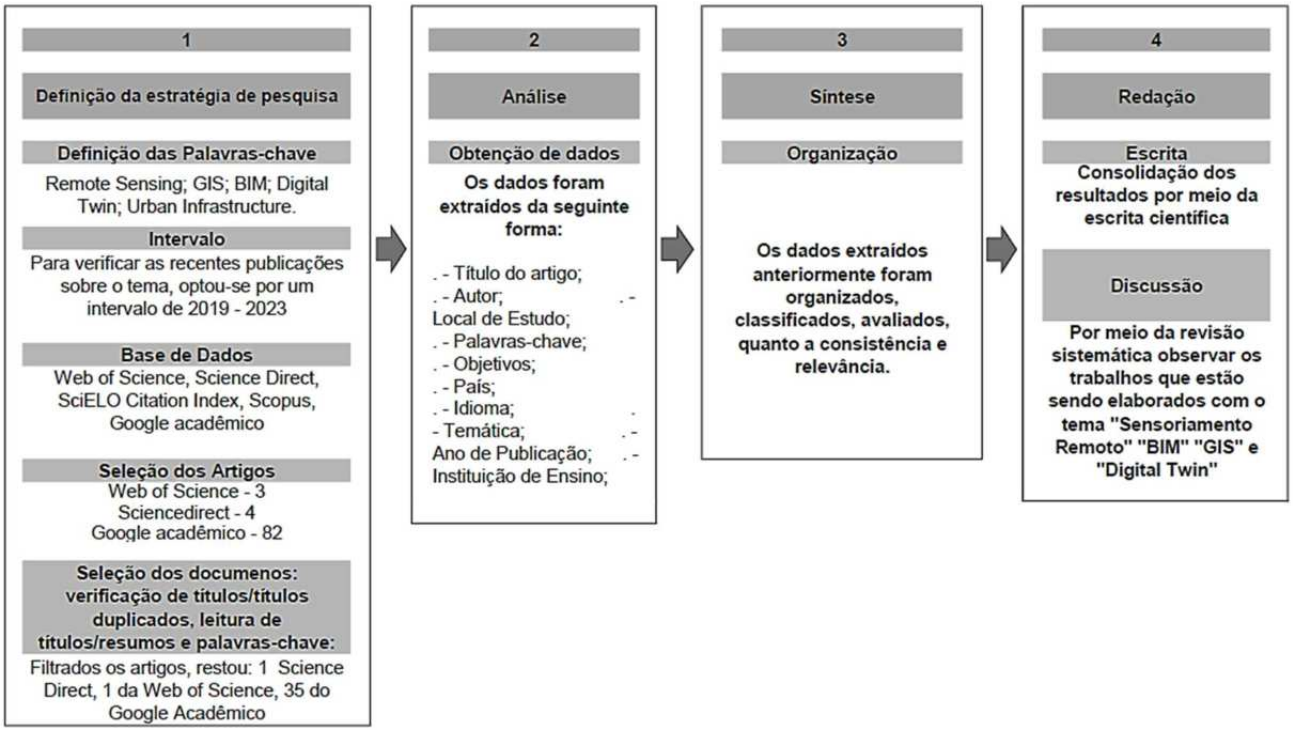
BIM é um processo progressivo que possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar e manter. Uma única plataforma de informações que pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído. É certo que a tecnologia BIM se apoia no uso de uma ferramenta digital, uma "única plataforma" capaz de integrar diversas disciplinas, mas vai muito além, pois ela se integra aos elementos geométricos de um modelo virtual, uma espécie de protótipo, com base no qual se pode integrar com bancos de dados, proceder análises e avaliações (FERRARO, 2022).

Apesar de ambas as ferramentas terem potencial de geração de informações para a tomada de decisão no ambiente das cidades inteligentes, poucos artigos tratam de ambos de forma integrada. Quando ocorre a integração GIS x BIM, a gestão pode visualizar seus problemas de forma virtual, através de seus gêmeos digitais, trazendo como benefícios a melhoria da eficiência, da tomada de decisão, do planejamento, da gestão da comunicação e da colaboração entre informações. Desta forma a integração GIS x BIM permite combinar múltiplos temas para realizar relações espaciais e auxiliar na tomada de decisão. (ZHU; WU, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODO

Como procedimentos metodológicos optou-se pela revisão sistemática e integrativa de literatura. Para definir as etapas e fases da revisão foram utilizados os princípios de estratégia de pesquisa do método *Systematic Search Flow* (SSF)(FERENHOF; FERNANDES, 2016). O método é dividido em quatro fases e oito atividades, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Fases da Revisão Sistemática do Método SSF.



Fonte: Adaptado de Ferenhof e Fernandes (2016).

Na primeira fase, determinou-se o tema, as palavras-chave e as bases de dados a serem exploradas, sendo elas: *Web of Science*, *Sciencedirect*, *SciElo Citation Index*, *Scopus* e Google Acadêmico. Essas bases são consideradas relevantes para realizar a busca pois permitem indexar artigos publicados, autores e citações.

Em seguida, foram aplicados os parâmetros de tempo para busca de artigos entre os anos de 2019 e 2023. Das bases de pesquisa selecionadas, foram descartadas as bases *SciElo Citation Index* e *Scopus* por não retornarem resultados. As demais bases de pesquisa apresentaram uma soma de setenta e nove artigos.

Nesse momento, foi desenvolvido um "Painel de indicadores", em uma planilha eletrônica, para auxiliar na organização, análise dos dados, verificação dos títulos, extração de títulos duplicados, bem como a leitura dos resumos e palavras-chave, obtendo-se trinta e sete artigos para leitura integral, pois atenderam aos critérios

da pesquisa, pois possuíam enfoque nos temas GIS x BIM x Sensoriamento Remoto ou *Digital Twin*, abrangendo dois ou mais temas elencados.

Na segunda e terceira fases, os dados foram extraídos dos artigos selecionados, organizados no painel e avaliados quanto à consistência (por exemplo, local de produção e ano) e à relevância (métodos utilizados). Por fim, na quarta fase, a partir do painel de indicadores foram produzidos os gráficos de resultados por meio de diferentes cruzamentos de colunas, sendo possível observar os pontos negativos e positivos do tema pesquisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados da primeira etapa, foram obtidos 79 artigos científicos nas bases de dados. Após a verificação, análise dos títulos, remoção de duplicados, leitura dos resumos e palavras-chave, restaram 37 artigos que atenderam aos indicadores da pesquisa, onde 36 artigos foram redigidos no idioma inglês e somente um foi redigido em espanhol.

Na segunda etapa, averiguou-se a presença de seis ocorrências de termos na área de planejamento urbano, para cidades inteligentes, conforme apresentação da Figura 2. Os termos mais utilizados foram: Gêmeos Digitais, com 20, seguida do GIS, com 16 e BIM, com 14. Ressalta-se que os termos utilizados, anteriormente, foram considerados e somados quando apareceram sozinhos ou agrupados em dois ou mais temas.

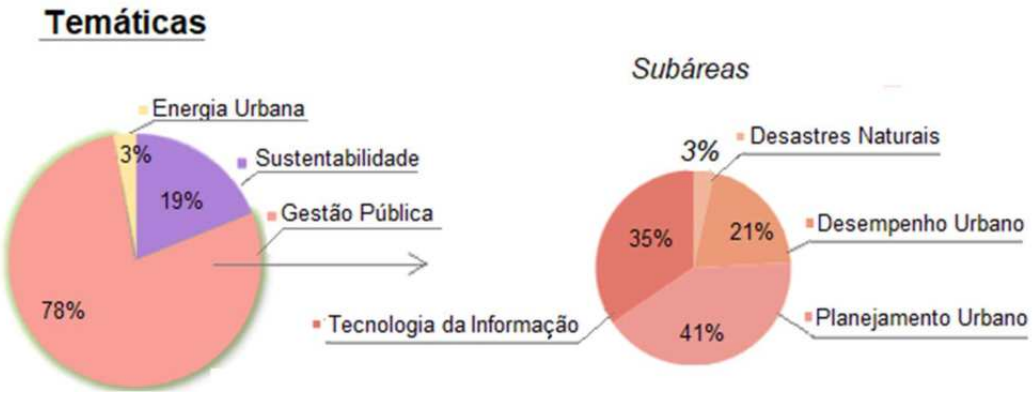
Figura 2: Ilustração da frequência de ocorrência do termo nas pesquisas observadas.



Fonte: Autores (2023).

Além disso, averiguou-se as temáticas abordadas nos 37 artigos através de classificação, conforme pode ser verificado na Figura 3: Gestão Pública, com 78% ou 29 artigos, Sustentabilidade, com 19% ou sete artigos e Energia, com 3% ou um artigo. Ainda na mesma figura está sendo apresentada uma subclassificação das áreas da classe “gestão pública”: Planejamento Urbano, com 41% ou 12 artigos, Tecnologia da informação, com 35% ou 10 artigos, Desempenho Urbano com 21% ou seis artigos e Desastres naturais com 3% ou um artigo.

Figura 3: Classificação quantitativa temática.

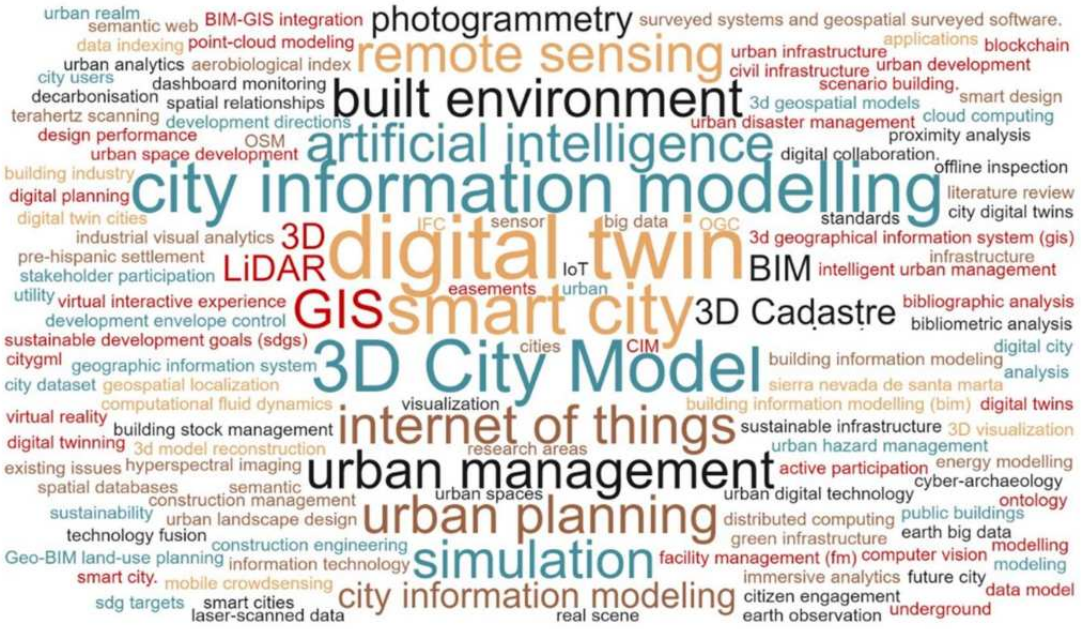


Fonte: Autores (2023).

Para melhor compreensão dos resultados foi gerada uma nuvem de palavras, conforme apresentação da Figura 4, com os termos mais presentes nas palavras-chaves dos artigos pesquisados, ou seja, os termos "*Digital Twin*" e "*Smart City*" aparecem em destaque, seguidos de outros termos corriqueiros como: *artificial intelligence, urban management, GIS, BIM* e *urban planning*.

Há que se destacar que dos 37 artigos, o termo "*Digital twin*", "*Smart City*", "3D *City Model*" e "GIS", conforme ilustrado na Figura 4, foram os que tiveram maior ocorrência nas palavras-chave, sendo que o termo "*Digital Twin*", por exemplo, apresentou nove ocorrências, enquanto que "sensoriamento remoto" apresentou somente três ocorrências. Desta forma é possível concluir que o sensoriamento remoto não tem sido inserido utilizado em pesquisas que publicam artigos da temática acerca da integração GIS e BIM no contexto das cidades inteligentes.

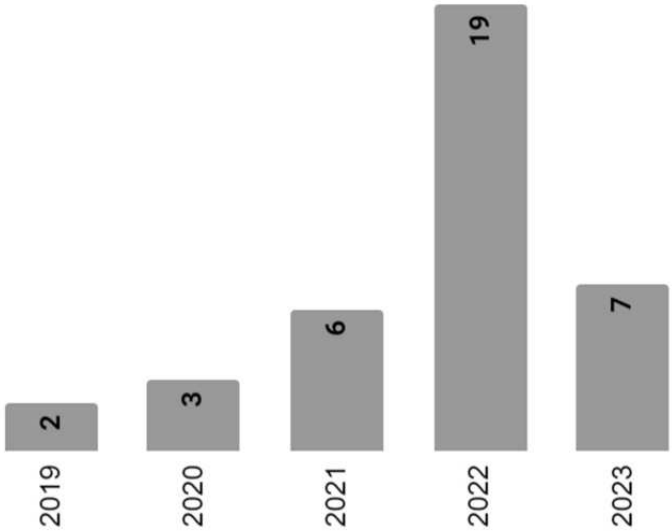
Figura 4: Nuvem de Palavras.



Fonte: Autores, 2023.

Destaca-se que houve uma crescente produção científica acerca da integração GIS e BIM no contexto das cidades inteligentes, conforme ilustra a Figura 5, pois é possível perceber que no ano de 2021 as publicações somaram mais que o somatório dos anos entre 2019 e 2020 juntos. Além disso, houve um grande aumento de publicações no ano de 2022, com um total de 19 artigos, os quais representam 51,35% dos 37 artigos analisados. Entretanto, vale destacar que no ano de 2023 considerou-se apenas as publicações realizadas até março de 2023, tendo como resultado somente sete artigos publicados até então. Mesmo assim é possível concluir uma tendência de crescimento de pesquisas na área, pois esse número até março de 2023 já é maior que as publicações individuais dos anos de 2019, 2020 e 2021.

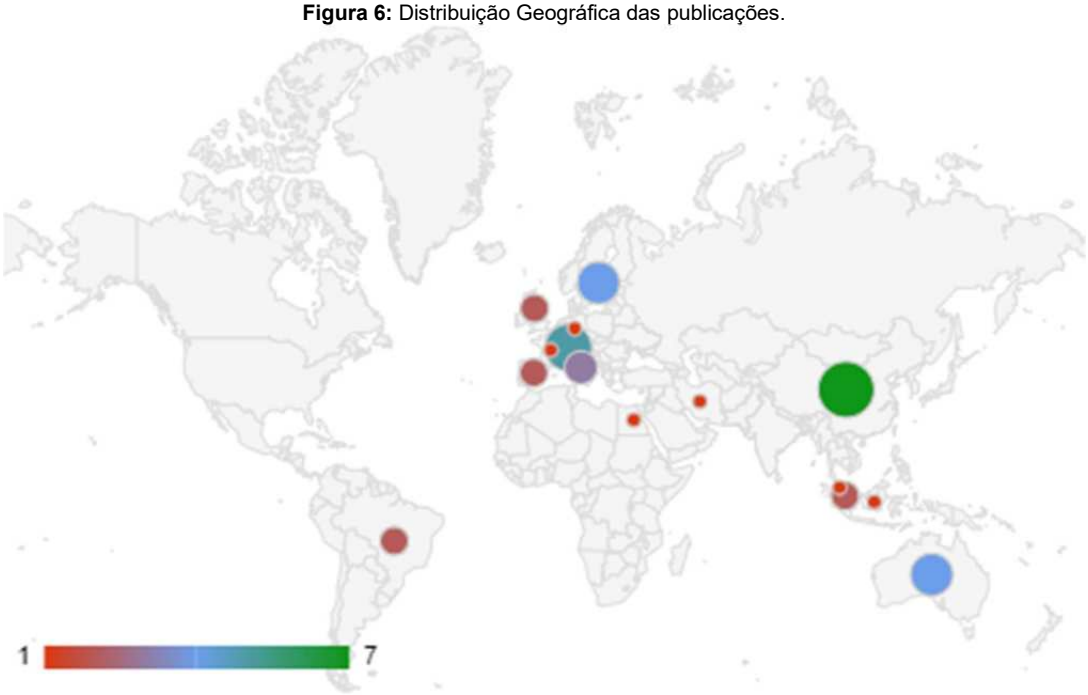
Figura 5: Número de publicações por ano.



Fonte: Autores (2023).

Em relação aos países das publicações, na Figura 6 é possível ver de forma quantitativa a distribuição geográfica das mesmas (representadas por círculos proporcionais ao número de publicações). Desta forma foi possível verificar a participação de países de continentes diferentes, o que permitiu verificar um cenário de investigação para avaliar se há produções científicas sobre o assunto nos continentes com baixo número de publicações, como por exemplo, na América do Norte.

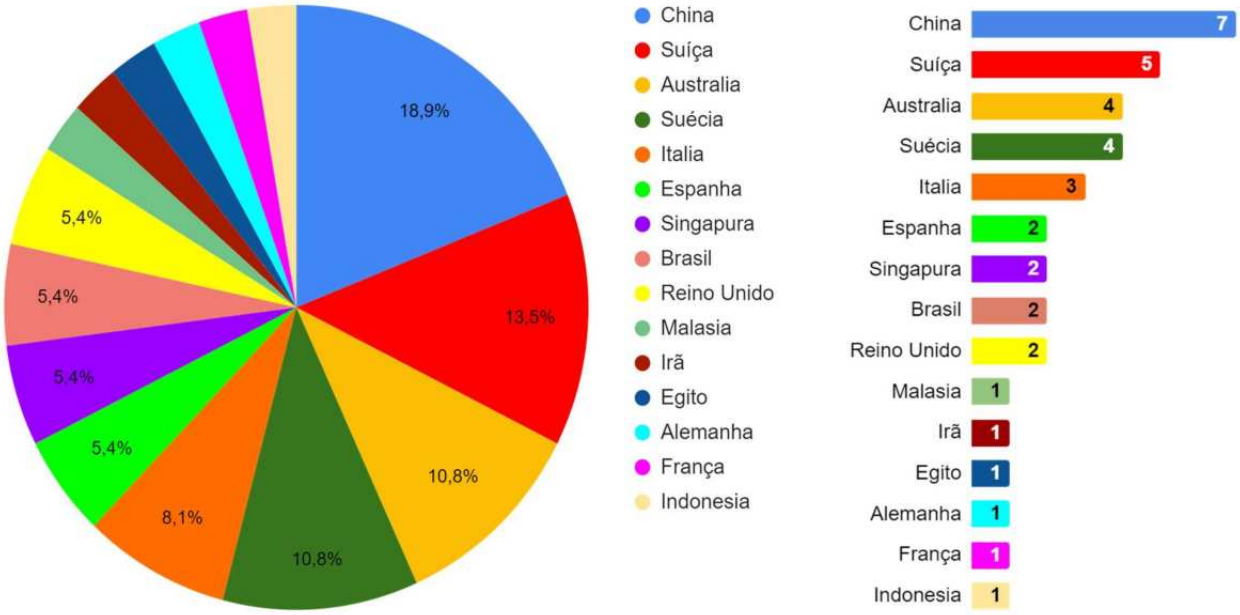
Figura 6: Distribuição Geográfica das publicações.



Fonte: Autores (2023).

Por meio das informações contidas na Figura 7 é possível verificar que a produção científica no âmbito da pesquisa é liderada pela China, com sete publicações, Suíça com cinco, Austrália e Suécia com quatro cada, Itália com três, Brasil, Espanha, Singapura e Reino Unido com dois cada e, por último, Malásia, Irã, Egito, Alemanha, França e Indonésia, que possuem apenas um trabalho na área cada.

Figura 7: Distribuição quantitativa por país de publicação.



Fonte: Autores (2023).

Em relação as sete produções científicas publicadas por instituições Chinesas, consegue-se destacar os estudos de soluções avançadas combinada com o desenvolvimento de informações de novas tecnologias, além da busca por aquisição de dados 3D urbanos de alta precisão e pré-processamento, integração e armazenamento, inovação de fusão de dados de percepção da cidade e realidade 3D baseada em inteligência artificial de nova geração e método de simulação de modelo híbrido para aplicação e gestão, (XU *et al.*, 2021; SAEED *et al.*, 2022; PAN; ZHENG; ZHU, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão e o planejamento urbano devem ser considerados como parte central no desenvolvimento de uma cidade, pois ao serem negligenciados, podem trazer problemas diversos, tanto ao meio ambiente, como em questões sociais. É necessário elaborar formas de monitoramento de alterações e tendências que estão surgindo em meio à urbanização. Por isso é necessário realizar o planejamento urbano com o auxílio das tecnologias integrativas, pois somente através das perspectivas levantadas por elas, será possível realizar e verificar as melhores condições de infraestrutura urbana que, consequentemente, influenciará nas condições de vida da população e da sociedade como um todo.

Segundo o que foi elucidado, a maior parte das publicações teve por finalidade abordar o tema “cidades inteligentes” e, que este por sua vez corrobora com a integração GIS X BIM, pois a partir da integração é possível ter a percepção de problemas urbanos, sociais e ambientais atuais e/ou futuros, podendo estes serem sanados ou evitados através da integração de ferramentas, pois ambas são auxiliadoras no processo de tomada de decisão e melhores alternativas, elevando o nível de eficiência e governança nas cidades.

Ademais ainda pode-se observar que, em relação ao tema do trabalho existe uma tendência de direcionamento à gestão pública, em sua grande maioria relacionada à área de planejamento urbano e tecnologia da informação, sendo estas, em sua maioria, direcionadas em pesquisas para metodologias de implementação e adaptação de programas que suportem o desenvolvimento da integração BIM e GIS e suas características.

Por fim, o tema é de suma importância para a sociedade, apresentando um crescente na produção científica, principalmente, em 2022, onde as temáticas mais citadas nas publicações foram as que envolveram, sustentabilidade, monitoramento, levantamento e planejamento urbano. Contudo, a pesquisa apresentou uma visão geral do estado da arte da integração GIS X BIM no contexto de cidades inteligentes, sendo possível concluir que poucos trabalhos vêm sendo publicados com novas formas práticas, ou com menor custo para a aplicação dessa integração, sendo estes uma oportunidade de pesquisa para novos estudos.

6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa, com origem em Mestrado Acadêmico.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.P.M. de; MARCHIORI, F.F. Definição do conceito e dos componentes de avaliação de uma *smart city*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018, p. 1450-1458. Disponível em: https://www.engjpma.com.br/2015/07/definicao-do-conceito-e-dos-componentes.html. Acesso em: 20 abr. 2023.

ANTUNES, R.; POSHDAR, M. Envision of an Integrated Information System for Project-Driven Production in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26, 2018, Chennai, India. **Anais [...]** Canadá: IGLC, 2018, p. 134–143. Disponível em: https://iglc.net/Papers/Details/1530/pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

BARROS, M. de L.; OLIVEIRA, B.R. de; SILVA JÚNIOR, E.E. de A.; CAVALCANTI, A.L.B. Proposta de padrão de dados geoespaciais geotécnicos para integração BIM e GIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, 3, 2022, on-line. **Anais [...]** São Paulo: USP/IBGE/UFPR, 2022, Disponível em: https://www.inde.gov.br/simposio-14-anos/pdf/ANAIS_3SBIDE.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

BENTO, S.C.; CONTI, D. de M.; BAPTISTA, R.M.; GHOBRIL, C.N. As novas diretrizes e a importância do planejamento urbano para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 469-488, 2018. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/4716/471659747007/471659747007.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, [2001]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 19 abr. 2023.

FABRÍCIO, E.P.; BRUM, N.D.; PINTO, R.B.; KOHLER, F.A.K. Planejamento urbano sustentável**. Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 2, p. 1326-1338, fev. 2019. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/1107/957. Acesso em: 19 abr. 2023.

FERRARO, N. **Processo de Modelagem Digital BIM**. Apostila da Aula 1. Editora: Centro Universitário Internacional: 2023. 16 p.

FERENHOF, H.A.; FERNANDES, R.F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: Método SSF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, p. 550-563, 2016.

JENSEN, R.J. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres.** 2ª edição. São José dos Campos/SP: Parêntese. 2011. 598 p.

LANG, S.; BLASCHKE T. **Análise da Paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRRE, D.J.; RHIND, D.W. **Geographic information systems and science.** 2. ed, Chichester: Wiley, 2001.

MACHADO, A.A.; CAMBOIM, S.P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, n. 11, E-20180142, 2019. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/1931/193157941042/html/. Acesso em: 15 abr. 2023.

PAN, T.; ZHENG, L.; ZHU, R. Research on Key Technologies of Real Scene 3D Cloud Service Platform for Digital Twin Cities. In: ICEMC '22: Proceedings of the 2022 International Conference on E-business and Mobile Commerce, 22, 2022, online. **Anais [...]** New York: ACM, 2022. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3543106.3543116. Acesso em: 19 abr. 2023.

SAEED, Z.; MANCINI, F.; GLUSAC, T.; IZADPANAHI, P. Future City, Digital Twinning and the Urban Realm: A Systematic Literature Review**. Buildings**, v. 12, n. 5., 685, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/5/685. Acesso em: 19 abr. 2023

SOUZA, M.L.; RODRIGUES, G.B. **Planejamento urbano e ativismo sociais.** São Paulo: ed. UNESP, 2004. cap. 1, p. 56.

WANG, H.; PAN, Y.; LUO, X. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. **Automation in Construction**, v. 103, p. 41-52. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518309828. Acesso em: 18 abr. 2023.

XIA, H.; LIU, Z.; EFREMOCHKINA, M.; LIU, X..; LIN, C. Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. **Sustainable Cities and Society**, v. 84. 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670722003298. Acesso em: 18 abr. 2023.

XU, Z.; QI, M.; WU, Y.; HAO, X.; YANG, Y. City Information Modeling: State of the Art. **Applied Sciences**, v. 11, n. 19, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/9333. Acesso em: 19 abr. 2023.

ZHU, J.; WU, P. BIM/GIS data integration from the perspective of information flow. **Automation in Construction**, v. 136, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580522000395. Acesso em: 18 abr. 2023.