

## Integração da Modelagem da Informação e SIG: limitações e perspectivas futuras para aplicações de mobilidade e transportes

## Integration of Information Modelling and GIS: limitations and future perspectives for mobility and transportation applications

*Tatiane Ferreira Olivatto(1), Tatiane Borchers(2), Bruno Joaquim Lima(3), Cristiane Bueno(4)*

1 Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos.

E-mail: [tatianeolivatto@yahoo.com.br](mailto:tatianeolivatto@yahoo.com.br) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5770-7088>

2 Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos.

E-mail: [tatiane@estudante.ufscar.br](mailto:tatiane@estudante.ufscar.br) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0186-6661>

3 Doutorando, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos.

E-mail: [bjoaquimlima@gmail.com](mailto:bjoaquimlima@gmail.com) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6362-9426>

4 Professora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

E-mail: [cbueno@ufscar.br](mailto:cbueno@ufscar.br) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3955-6589>

**Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 13, n. 1, p. 135-154, janeiro-junho, 2024 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2024.v13i1.5038>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

## Resumo

O estudo analisa a integração de Modelagem de Informação (BIM ou CIM) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em projetos de mobilidade e transporte através de análise bibliométrica e revisão sistemática. Foram identificados 10 artigos entre 2018 e 2021 que abordam temas como gestão do tráfego, logística e infraestrutura viária. Pouca colaboração entre autores foi observada, assim como ausência de acoplamento bibliográfico e citações, fator que contribuiu para originar linhas de pesquisas discrepantes. A metodologia predominante trata da proposta de criação de um modelo, com o uso dos softwares ArcEngine, Navisworks, Revit e Civil3D. A avaliação de palavras-chave frequentes revelou o termo CGB (CAD, GIS e BIM) e RIM (BIM em projetos de estradas). Algumas limitações incluem a necessidade de ajustes manuais nos processos de integração e restrição de aplicação a depender do escopo do trabalho. Futuras pesquisas devem focar na integração de bases e melhoria na obtenção e tratamento de dados para melhorar a estruturação dos modelos.

**Palavras-chave:** Modelagem de Informação da Construção; Modelagem de Informação da Cidade; Sistema de Informação Geográfica; Bibliometria; Revisão sistemática.

## Abstract

The study examines the integration of Information Modeling (BIM or CIM) and GIS in mobility and transportation projects through bibliometric analysis and systematic review. Ten articles between 2018 and 2021 were identified, that address topics such as traffic management, logistics, and road infrastructure. Little collaboration among authors was observed, as and there was a lack of bibliographic coupling and co-citations, a factor that contributed to the emergence of divergent research lines. The predominant methodology involves proposing model creation using ArcEngine, Navisworks, Revit, and Civil3D softwares. Evaluation of frequent keywords revealed terms like CGB (CAD, GIS, and BIM) and RIM (BIM in road projects). Some limitations include the need for manual adjustments in integration processes and application restrictions depending on the scope of work. Future research should focus on integrating databases and improving data acquisition and treatment to enhance model structuring.

**Keywords:** Building Information Modeling; City Information Modeling; Geographic Information System; Bibliometrics; Systematic review.

## 1 Introdução

Não é de hoje que os Sistemas de Informações Geográficas (GIS - Geographic Information System), a Modelagem de Informações da Construção (BIM - Building Information Modelling) e a Modelagem de Informações da Cidade (CIM - City Information Modelling) se destacam no âmbito de tecnologias de manipulação, processamento e visualização de elementos espaciais e seus atributos. Neste sentido, nos últimos anos, emergem iniciativas que propõe a integração destas tecnologias a fim de viabilizar a gestão eficaz de informações em várias fases do ciclo de vida de um projeto, o que fornece o apoio essencial para a tomada de decisões (Liu et al., 2017). Entretanto, tal integração, embora promissora, ainda é um tema desafiador tanto no campo do conhecimento, quanto no aspecto prático (Liu et al., 2017; Zhao, Liu e Mbachu, 2019), demandando atenção dos pesquisadores desta área.

De maneira geral, a tecnologia BIM pode ser definida como uma representação digital de uma instalação física e suas características funcionais (Liu et al., 2017). Contudo, este conceito é muito mais amplo e abrange a tarefa de coletar e gerenciar informações para promover a conexão de conjuntos de políticas, processos e tecnologias interativas (Bradley et al., 2016; Succar, 2009). Neste sentido, a BIM surgiu no mercado da construção civil com soluções para diferentes processos de trabalho e colaboração, além de apresentar-se como uma evolução em aspectos computacionais e de eficiência.

No que tange o GIS (ou SIG, sigla em português), este constitui-se de uma tecnologia desenvolvida para análise e gestão de dados espaciais, sendo este o principal diferencial deste sistema de informações para outros. Essencialmente, em um GIS, a realidade é representada através de um modelo abstrato que inclui objetos georreferenciados, aos quais são estabelecidas relações com atributos não-espaciais adicionais (Liu et al., 2017; Zhao, Liu e Mbachu, 2019).

Por outro lado, a CIM não possui um conceito estruturado e definido, o que a coloca no centro das investigações mais recentes no contexto dos sistemas de informações. Souza e Bueno (2022), em uma revisão sistemática da literatura sobre CIM, reforçam que alguns autores sugerem que CIM é, no urbanismo, análogo ao BIM em construções e edificações ou ainda, um sistema SIG com 3 dimensões. Em outros estudos, CIM é definido como a integração de BIM e SIG (Souza e Bueno, 2022).

Liu et al. (2017) apontam como principal vantagem da integração destes sistemas a possibilidade de disponibilizar informações em qualquer escala espacial e temporal para diferentes aplicações. Isso se deve, em parte, à abrangência do contexto geográfico compreendido por cada um deles e contemplam desde a escala de detalhe à escala local-regional, respectivamente de BIM, CIM a GIS, à medida que se associam as características pertinentes ao projeto (Peckiene e Ustinovicius, 2017; Ugglá e Horemuz,

2018). Apesar desta vantagem e embora existam na literatura estudos que analisam a integração de BIM ou CIM e GIS (Liu et al., 2017; Ma e Ren, 2017), há uma lacuna de pesquisa dessa integração nas pesquisas e aplicações que envolvem a área de mobilidade e transporte.

Neste sentido, ao assumir a necessidade de entendimento da estrutura do conhecimento e, para tal, da delimitação de seus respectivos eixos de desenvolvimento e conexões, as bibliometrias e revisões sistemáticas de literatura viabilizam a identificação da produção científica e composição dos indicadores de determinada área de pesquisa.

Tavares e De Castro (2022) definem a análise bibliométrica como uma *“estatística de material bibliográfico, com o objetivo de desenvolver ferramentas que elucidem questões gerais de determinado ramo da ciência, operando sobre grandes bases de dados bibliográficos, conhecidas como plataformas bibliográficas, como Web of Science, Scopus, Periódicos CAPES/Scielo e outras”*. Já Ramalho e Petrica (2023) que a revisão sistemática consiste em *“procedimentos metodológicos para sintetizar um conjunto de evidências publicadas, permitindo conhecer os resultados divergentes e convergentes dos estudos primários de uma área de pesquisa”*.

A partir de estas análises é possível traçar cenários passados e presentes para compreender padrões e detectar tendências, bem como prever quais são as lacunas de pesquisa que precisarão ser preenchidas no futuro (Madanayake e Egbu, 2019). Desse modo, considerando os indicadores são construídos, os pesquisadores ativos podem embasar uma questão ou problema de pesquisa e direcionar com maior consistência suas hipóteses (Tranfield, Denyer e Smart, 2003). Adicionalmente, os processos metodológicos envolvidos nas bibliometrias e revisões sistemáticas diferem das revisões tradicionais por adotar um processo científico replicável, que visa minimizar o viés através de exaustivas buscas bibliográficas de publicações (Tranfield, Denyer e Smart, 2003).

Portanto, reconhecendo a potencialidade das técnicas supracitadas, o objetivo deste trabalho é utilizá-las para identificar as principais características das publicações acadêmicas que combinem ferramentas BIM ou CIM com GIS em estudos no campo de pesquisa de mobilidade e transportes.

## 2 Materiais e Métodos

A metodologia deste estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura sobre os temas de BIM ou CIM e SIG aplicados em pesquisas de mobilidade ou transporte. O método proposto por Tranfield, Denyer e Smart (2003) foi adotado na execução desta revisão e possui três etapas principais: i) planejamento da revisão; ii) condução da revisão; e iii) disseminação dos resultados. No planejamento da revisão, a necessidade de uma pesquisa de revisão é identificada, uma proposta para tal é

elaborada e o protocolo de execução da revisão é estabelecido. Na etapa de condução são realizadas buscas a partir das quais se extraem os estudos a serem incluídos na revisão. É neste estágio que são feitas análises quantitativas e qualitativas dos estudos encontrados, bem como a extração de dados estipulada no protocolo e a síntese de todos os dados obtidos. Por fim, a disseminação dos resultados consiste justamente no conteúdo deste artigo.

Na etapa de planejamento da revisão, após constatada a necessidade da realização de uma revisão sistemática, conforme apresentado na seção de introdução deste trabalho, foi elaborado um protocolo de execução. Este protocolo compreendeu, entre outras coisas, a definição dos termos de busca relacionados a BIM e CIM, como por exemplo, modelos de informação, e variações de grafia dos termos, com escrita por extenso, siglas e inclusão de singular e plural. Foram combinados termos de BIM e CIM, SIG e palavras-chave como mobilidade e transporte.

Após a realização das buscas, foram mantidas apenas publicações de tipologia artigo, cujas datas de publicação fossem entre 2018 e 2022 (5 anos), escritos em língua inglesa e fossem de áreas de pesquisa correlatas com o estudo aqui proposto. Foram excluídas publicações retornadas das áreas de ciências agrárias e biológicas, bioquímica, genética e biologia molecular, medicina, física e astronomia. A partir daí, foi realizada uma análise inicial baseada nos títulos e nos resumos dos artigos para filtrar artigos que não combinassem o uso de BIM ou CIM e SIG para estudos de mobilidade ou transporte.

Com base nos documentos selecionados para investigação e afim de identificar características gerais dos documentos e seus veículos de disseminação, relevância e atualidade das temáticas e cooperação entre autores e países, foi extraída a síntese dos resultados obtidos por meio de uma análise bibliométrica, por meio das seguintes estratégias de investigação:

- I. Documentos por ano;
- II. Síntese das Informações de indexação: título da publicação, fonte de disseminação, número de citações, valor de CiteScore (2020) do periódico e ano de publicação;
- III. Acoplamento bibliométrico e análise de cocitação;
- IV. Colaboração entre autores e países;
- V. Palavras-chave mais frequentes.

Por fim, com o objetivo de investigar as principais características destes documentos, foi realizada a etapa de extração de informações, através das seguintes indagações:

- ♦ Extração 1 - Finalidade de Uso: qual o objetivo da combinação de Modelagem da Informação e Sistema de Informação Geográfica no artigo?;
- ♦ Extração 2 - Limitações Atuais: quais as limitações atuais descritas no

artigo?;

- ◆ Extração 3 - Estudos Futuros: quais sugestões os autores apontam para estudos futuros no que tange à temática abordada no artigo?;
- ◆ Extração 4 - Software Utilizado: quais programas utilizados na metodologia do artigo?;
- ◆ Extração 5 - Tipo de Artigo: qual a classificação do artigo considerando as categorias: Criação de Modelo, Estudo de Caso e Revisão de Literatura?;
- ◆ Extração 6 - Área do Transporte: quais foram as subtemáticas abordadas considerando a área de transporte/mobilidade?.

Conforme Liberati et al. (2009), a revisão sistemática deve identificar estudos que atendam a critérios pré-estabelecidos e ter uma metodologia explícita. Portanto, com base nos critérios de seleção dos documentos já descritos, as indagações estabelecidas pelos pesquisadores envolvidos neste trabalho se referem à metodologia explícita de extração de informações específicas. Estas indagações foram selecionadas com o objetivo de coletar informações de seções estratégicas dos artigos e foram elaboradas com base no conteúdo das Introduções (ou Objetivos, quando existente), no caso do item I; das Conclusões e/ou Considerações Finais, no caso dos itens II e III; e nas Metodologias (ou Materiais e Métodos ou Procedimentos Metodológicos), no caso dos itens IV e V. O item VI se refere à leitura do artigo geral.

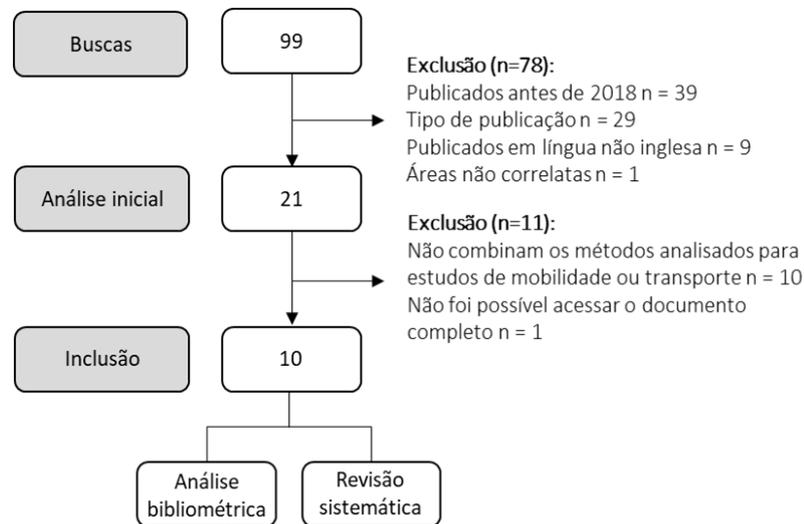
As buscas foram realizadas na plataforma Scopus que, de acordo com a Elsevier, é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura revisada por especialistas: revistas científicas, livros e anais de congressos, além de ser a base com maior uso para realização de revisões sistemáticas vinculadas à temática de BIM e assuntos correlatos (Edirisinghe et al., 2017; Goienetxea Uriarte, Ng e Urenda Moris, 2020). A pesquisa na base foi realizada no dia 12 de abril de 2022, em língua inglesa, com a seguinte configuração na ferramenta de busca disponibilizada:

(TITLE-ABS-KEY(("Building Information Model\*" OR BIM OR "Cit\* information model\*" OR CIM OR "information model\*") AND ("Geographic Information System\*" OR GIS) AND (mobility OR transport\*)))

Dos 99 artigos identificados, 39 foram excluídos por estarem fora do período de análise (2018–2022), 29 por serem de outros tipos de publicação (resumos ou relatórios técnicos), 9 por não estarem em inglês e 1 por tratar de áreas não relacionadas ao escopo de mobilidade e transportes. Ao todo foram excluídas 78 publicações, restando 21 artigos que passaram pela etapa de análise de título e resumo, na qual outros 11 artigos foram excluídos por não combinarem os métodos analisados (BIM ou CIM e SIG) em estudos de mobilidade ou transportes ou pela indisponibilidade de acesso ao documento completo para posterior leitura aprofundada. Essa estratégia inicial

de análise de exclusão foi essencial para garantir o enfoque particular na integração BIM-GIS em aplicações práticas e metodológicas em mobilidade e transportes, publicados em periódicos revisados por pares. Uma síntese da metodologia empregada é apresentada na Figura 1.

**Figura 1** – Metodologia utilizada para inclusão de publicações para análise bibliométrica e revisão sistemática



Fonte: Os autores.

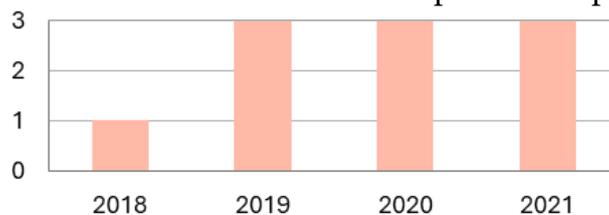
## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Análise Bibliométrica

As publicações recentes que combinam Modelagem da Informação e Sistema de Informação Geográfica em estudos de mobilidade e transporte não se mostraram volumosas, 10 artigos (vide Figura 2): 1 publicado em 2018 e 3 publicados anualmente em cada ano subsequente até 2021 (até a data da busca não havia sido publicado nenhum artigo em 2022). O Quadro 1 apresenta a síntese das informações de indexação das publicações investigadas.

Considerando as informações do Quadro 1, verifica-se que cada documento foi publicado em um periódico diferente, com destaque para o documento publicado no periódico “Automation in Construction”, que possui o maior CiteScore (12) entre as fontes de publicações e recebeu um número considerável de citações (18).

**Figura 2** – Número de documentos publicados por ano



Fonte: Os autores.

**Quadro 1** – Síntese das informações de indexação das publicações

ID	Artigos (do mais citado para o menos citado)	Periódico	Autores	N.º de citações	CiteScore (2020)	Data
1	Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management	Journal of Construction Engineering and Management	Deng Y., Gan V.J.L., Das M., Cheng J.C.P., Anumba C.	55	4.0	2019
2	Highway alignment optimization: An integrated BIM and GIS approach	ISPRS International Journal of GeoInformation	Zhao L., Liu Z., Mbachu J.	26	4.6	2019
3	Development of a bridge management system based on the building information modelling technology	Sustainability Switzerland	Wan C., Zhou Z., Li S., Ding Y., Xu Z., Yang Z., Xia Y., Yin F.	20	3.9	2019
4	Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS	Automation in Construction	Tan Y., Song Y., Zhu J., Long Q., Wang X., Cheng J.C.P.	18	12.0	2018
5	3D point cloud to BIM: Semi-automated framework to define IFC alignment entities from MLS-acquired LiDAR data of highway roads	Remote Sensing	Soilán M., Justo A., Sánchez-Rodríguez A., Riveiro B.	13	6.6	2020

ID	Artigos (do mais citado para o menos citado)	Periódico	Autores	N.º de citações	CiteScore (2020)	Data
6	Visualization of foundation evaluation for urban rail transit based on CGB technology integration	International Journal of Sustainable Development and Planning	Dong L., Wu J., Wang W., Zhou Y.	5	1.7	2020
7	Implementation of CIM-related technologies within transportation projects	International Journal of Construction Management	Guo F., Jähren C.T., Hao J., Zhang C.	1	6.4	2020
8	Infra-bim for business processes' management in road Construction and operation	Architecture and Engineering	Shamraeva V., Savinov E.	1	0.6	2021
9	Polygonization method for automatic generation of indoor and outdoor pedestrian navigation path for smart city	Journal of Transport Geography	Yeh A.G.-O., Zhong T.	0	6.8	2021
10	Integrating road information modelling (RIM) and geographic information system (GIS) for effective utility relocations in infrastructure projects	Engineering Construction and Architectural Management	Rajadurai R., Vilventhan A.	0	4.7	2021

**Fonte:** Os autores.

O CiteScore mensura a média de citações recebidas por documento publicado no periódico (Elsevier, 2022) e, dado que o CiteScore (2020) médio entre as publicações é de 5.13, constata-se que os artigos foram publicados em periódicos de boa visibilidade. Este fato, somado à elevada qualidade associada ao tipo de publicação artigo - por ser revisada por pares - infere relevância acadêmica à investigação proposta neste trabalho.

Os artigos investigados resultam de uma rede de colaboração de 39 autores, sendo que apenas um deles contribuiu em mais de um documento, Cheng, J.C.P., autor do artigo

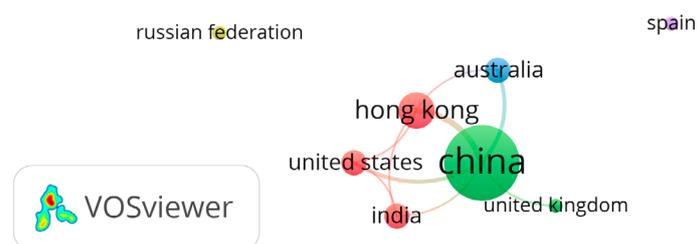
identificado pelos IDs 1 e 4 (Quadro 1). Este fato revela uma ausência de fortes interações entre autores, o que expõe certa fragilidade na continuidade das pesquisas no que tange ao amplo objetivo da ciência de atuar na fronteira do conhecimento (estado da arte). A síntese apresentada no Quadro 1 também mostra que o número de autores por artigo varia de 2 a 8.

Um fato interessante é que entre estes 10 artigos não há acoplamento bibliográfico, ou seja, não há referências comuns citadas pelos artigos e a análise de cocitação não encontrou publicações em que estes artigos apareçam citados concomitantemente. Estas evidências denotam que, apesar dos artigos incorporarem a combinação de BIM ou CIM e SIG em aplicações de transporte e mobilidade, existe pouca similaridade temática entre eles, o que indica padrões significativamente diferentes em relação à estrutura dos domínios científicos (Grácio, 2016).

A análise de coautoria entre países revelou que 8 países colaboraram no desenvolvimento dos 10 artigos analisados. A Figura 3 ilustra esta rede de colaboração, onde pode-se constatar forte cooperação da China - com 7 documentos - com Hong Kong - 3 documentos -; e Austrália, Índia e Estados Unidos - com 2 documentos cada - com Reino Unido - com apenas 1 documento. Rússia e Espanha, com um documento cada, não publicaram em coautoria com outros países.

A análise de palavras-chave mais frequentes resultou numa rede bibliométrica (Figura 4) com interações voltadas para as palavras-chave de entrada GIS e BIM, como esperado, com interações homogêneas com outros tópicos de pesquisa relacionados a transporte e mobilidade. A interação predominantemente homogênea entre as temáticas (representadas na rede bibliométrica pelas palavras-chave) indica que este campo de pesquisa é representativo em diferentes áreas de aplicação. Já no que se refere às ferramentas e metodologias representadas na rede, esta homogeneidade pode ser um indicativo de que a integração da Modelagem da Informação e SIG, no contexto investigado, ainda não se consolidou e que se encontra atualmente em fase de desenvolvimento e aprimoramento.

**Figura 3 – Coautoria entre países**



**Fonte:** Os autores.

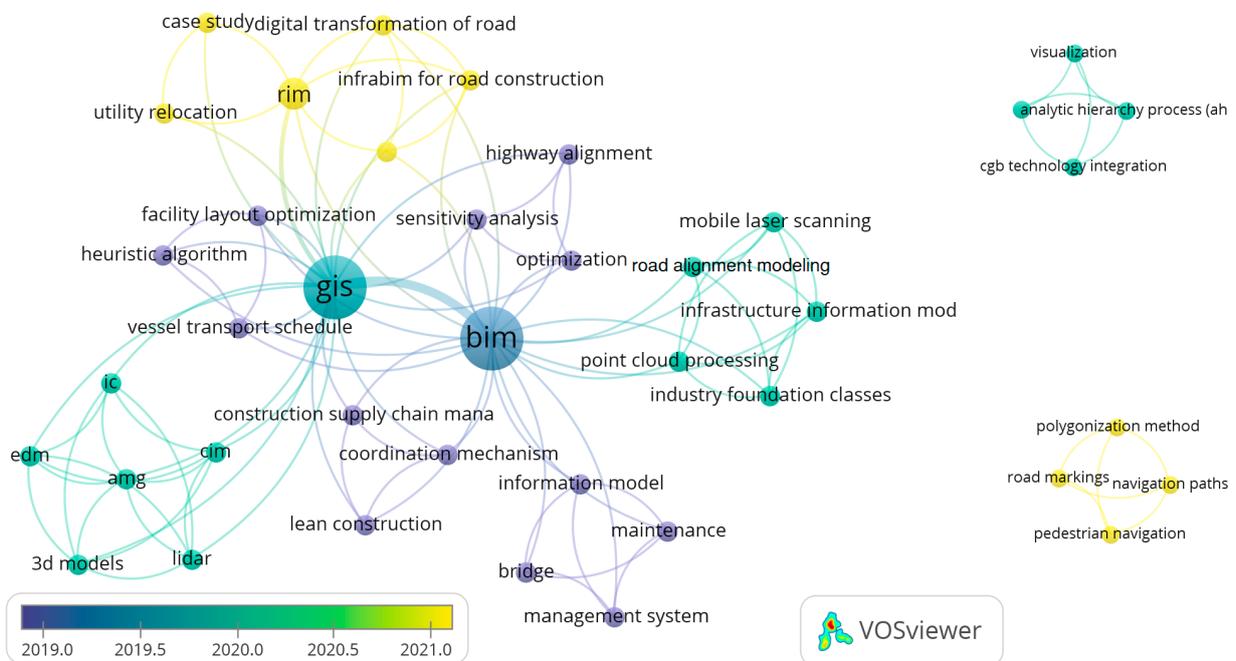
Com base na Figura 4 verifica-se que dois núcleos não apresentam interação com o conjunto principal de palavras-chave mais frequentes. Um deles contempla tópicos relacionados à navegação – e refere-se ao núcleo de temática mais atual, 2021 - e o outro à integração de tecnologia CGB, o qual abrange a “*aplicação integrada de desenho assistido por computador (CAD), sistema de informações geográficas (SIG) e modelagem de informações*

de construção (BIM)” (Dong et al., 2020) – a sigla CGB é formada a partir da inicial da sigla de cada tecnologia. Neste sentido, embora este grupo de palavras não esteja conectado ao conjunto principal que contém os termos GIS e BIM, por definição, se relaciona aos mesmos.

A extremidade superior do núcleo principal de palavras-chave também contempla publicações mais recentes, 2021, voltados aos tópicos road information modelling (RIM). Este termo, por sua vez, é comumente utilizado para referir-se a aplicações de BIM para projetos de infraestrutura de estradas (Rajadurai e Vilventhan, 2021).

O termo city information modelling (CIM) está inserido na porção referente às publicações datadas de 2020 e, apesar de incorporar um dos termos de entrada da busca, expressou menor destaque quantitativo se comparado aos termos GIS e BIM, que também compuseram a busca inicial. Por outro lado, aparece como uma tendência mais atual se comparado a estes mesmos termos.

**Figura 4** – Palavras-chave mais frequentes e ocorrência ao longo dos anos



**Fonte:** Os autores.

De forma geral, a análise bibliométrica já possibilita a identificação das principais características das publicações acadêmicas que combinam ferramentas BIM ou CIM com GIS em estudos no campo de pesquisa de mobilidade e transportes, principalmente a Figura 4, que inicia a transição das análises de caráter quantitativo e permite inferências de natureza qualitativa. Neste mesmo sentido, a revisão sistemática apresenta-se como estratégia viável para uma investigação mais aprofundada destas características qualitativas, estruturadas a partir de indagações específicas.

### 3.2 Revisão Sistemática de Literatura

Uma vez conduzida a análise bibliométrica exploratória dos resultados, foi conduzida a revisão sistemática a qual buscou aprofundar as análises e extrair informações relevantes contidas nas publicações. O Quadro de 2 apresenta as informações coletadas para cada artigo para as extrações Finalidade do Uso (Extração 1), Limitações Atuais (Extração 2) e Estudos Futuros (Extração 3). Já a Figura 5 sumariza as informações extraídas de cada documento quanto às extrações Software Utilizado (Extração 4), Tipo de Artigo (Extração 5) e Área do Transporte (Extração 6).

**Quadro 2** – Informações dos artigos para as Extrações 1, 2 e 3

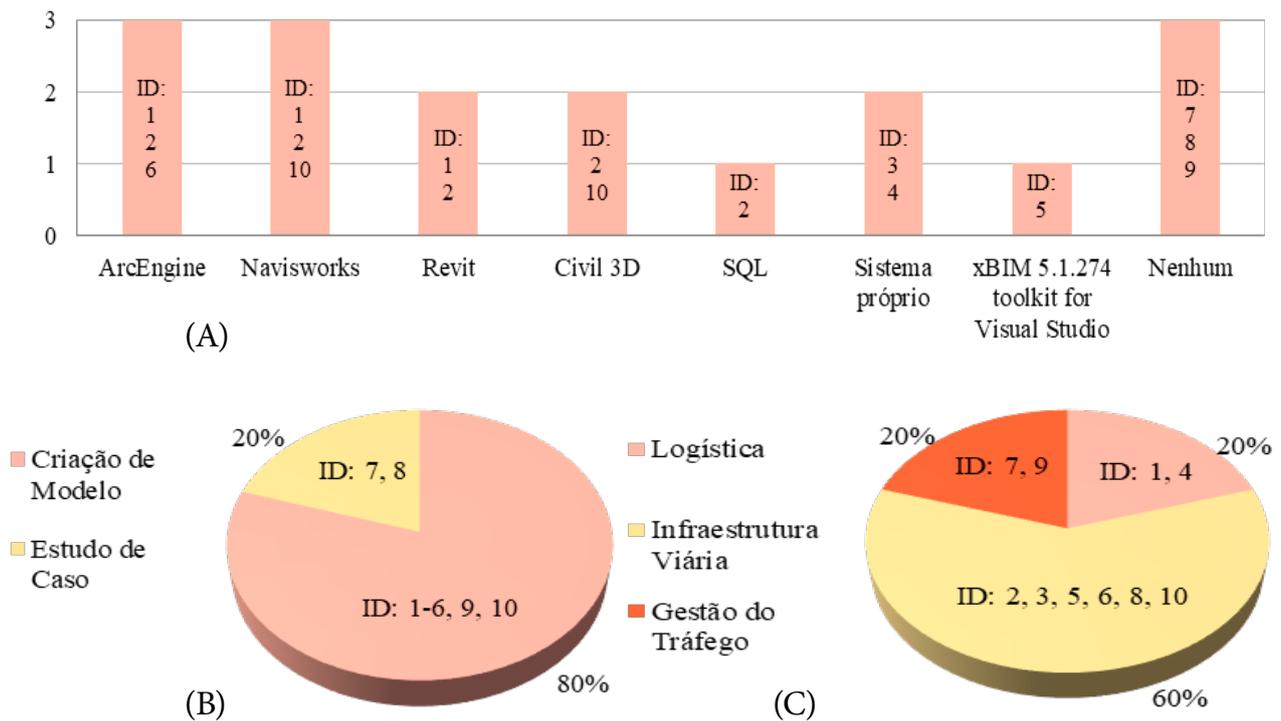
ID	Extração 1: Finalidade do Uso	Extração 2: Limitações Atuais	Extração 3: Estudos Futuros
1	Desenvolvimento de uma estrutura integrada com base em BIM quadridimensional (4D) e um sistema de informações geográficas (GIS) para coordenação de cadeias de suprimentos de construção entre os canteiros de obras e outros locais relacionados ao projeto	O modelo é válido apenas para centros de distribuição que atendem apenas um único projeto	Considerar a qualidade dos materiais e a confiança dos fornecedores, centros de distribuição que atendem a múltiplos projetos de construção e variações na taxa de consumo de material de construção para aprimoramento do modelo
2	Desenvolvimento de um modelo totalmente automatizado para alinhamento de rodovias que permite a interoperabilidade de dados entre os sistemas BIM e GIS e também permite a troca de dados entre o modelo de integração e o algoritmo de otimização	Aplicação somente em projetos de rodovias	Aplicação do modelo a outros projetos horizontais (por exemplo, tubulações), e também a integração com outras tecnologias avançadas a serem usadas no layout do canteiro de obras ou na evacuação de incêndio de edifícios

ID	Extração 1: Finalidade do Uso	Extração 2: Limitações Atuais	Extração 3: Estudos Futuros
3	Criação de um sistema de gerenciamento de pontes (BMS) operado na web, que integra BIM e GIS, para aumentar a eficiência da gestão, torná-la visualizável e fácil de usar, e fornecer uma plataforma de gestão colaborativa para todas as pessoas envolvidas nos projetos	O modelo BIM não pode ser conectado ao modelo de elementos finitos (FEM), o que limita a capacidade de análise estrutural. Além disso, os dados no sistema não são extraídos com tanta profundidade	A integração do modelo BIM e do modelo FEM, bem como a mineração profunda de dados a partir da tecnologia de big data, tornará o sistema muito mais poderoso e útil e poderá fornecer uma plataforma melhor para o gerenciamento eficiente de pontes
4	Desenvolver um sistema web que integre modelagem de informações de construção (BIM) e sistema de informações geográficas (GIS) para desmontar topsides de forma eficiente para várias plataformas offshore	Os ajustes manuais em modelos 3D durante a conversão do formato de arquivo são complicados e demorados, além de exigir que este processo de integração seja realizado a cada descomissionamento	O processo de integração de BIM e GIS deve ser automatizado e o sistema deve usar o arquivo IFC diretamente sem qualquer ajuste de posição e escala do modelo
5	Criação de um sistema semiautomatizado para transformação de uma nuvem de pontos bruta e geração de um arquivo IFC que representa a linha central de uma estrada e a linha central de cada faixa de estrada	Necessidade de correções manuais nas etapas de alinhamento, o que consome 65% do tempo total do processo	Automação total do processo e treinamento de algoritmos de aprendizado supervisionado para classificação de sinalização viária
6	Estabelecimento de um sistema de avaliação científica baseado na integração da tecnologia CGB (CAD-GIS-BIM) e Processo Analítico Hierárquico (AHP)	-	-

ID	Extração 1: Finalidade do Uso	Extração 2: Limitações Atuais	Extração 3: Estudos Futuros
7	Explorar tecnologias e ferramentas relacionadas ao CIM que possam auxiliar as agências de transporte na coleta, organização, gerenciamento e uso de dados e informações precisos dentro de suas organizações	Resultados limitados ao espectro das agências de transporte americanas	Garantir que os dados possam ser transferidos adequadamente entre várias tecnologias/ ferramentas e aprimorar as funcionalidades e os benefícios de uma tecnologia específica, além do desenvolvimento de uma plataforma que conecte e gereencie todos os dados produzidos por várias tecnologias e ferramentas com maior fluidez
8	Descrição do banco de dados SIG estruturado da empresa Avtodor, o qual conecta diversas ferramentas InfraBIM para fins de geração de dados e atualização de modelos viários	O modelo foi desenvolvido apenas para as etapas de projeto e desenvolvimento da documentação do projeto	O modelo deve ser atualizado para fins de operação e manutenção da estrada, uma vez que o modelo de informação destinado ao uso pela organização operadora reflete a instalação real construída
9	Proposta de um método genérico de poligonização que pode gerar e atualizar automaticamente linhas centrais de navegação de pedestres a partir de GIS e BIM	As limitações ocorrem na área dos dados: quanto às fontes, privacidade e métodos de obtenção e compartilhamento	-
10	Desenvolver modelos integrados de modelagem de informações rodoviárias (RIM) e sistemas de informações geográficas (GIS) para auxiliar na identificação precoce de serviços públicos e coordenação eficaz durante a realocação de serviços públicos em projetos de infraestrutura	Poucas aplicações do modelo (dois estudos de caso) e limitação à visualização 3D, detecção de conflitos e coordenação	Aplicação em um maior número de projetos; estender para a simulação 4D e incorporar características do cronograma do projeto

Fonte: Os autores.

**Figura 5** - Informações dos artigos para as Extrações 1, 2 e 3: (A) software utilizado, (B) tipo de artigo e (C) área do transporte



Fonte: Os autores.

Nenhum dos artigos investigados tratava de uma revisão de literatura. No que tange às aplicações, infraestrutura urbana é predominante nos estudos, com estudos centralizados em gestão do tráfego e logística, com foco no desenvolvimento de modelos. Neste contexto, os problemas apresentados estavam relacionados a rodovias, especificamente, pesquisas concentradas na resolução de problemas referentes a projetos e gestão de rodovias e infraestruturas correlatas, relacionadas a projetos de maior porte e abrangência regional.

Paralelamente, apesar de ser uma área prioritária para a mobilidade urbana, somente um artigo trabalhava com a mobilidade ativa (pedestres) e outro com a coletiva (trem), o que evidencia outra lacuna de conhecimento uma vez que esta aplicação foi pouco explorada. Esta lacuna vai de encontro às principais tendências globais de transporte, as quais priorizam a mobilidade ativa de pedestres e ciclistas e a coletiva e vislumbra um esforço em direção à sustentabilidade no âmbito da mobilidade. Um outro aspecto relevante da mobilidade urbana, ausente nos estudos analisados, é a acessibilidade, que poderia valer-se das funcionalidades da Modelagem da Informação e SIG para incorporar as feições de infraestrutura urbana de acessibilidade e seus atributos construtivos e operacionais, como por exemplo, a localização de rampas de acessibilidade, semáforos sonoros e pisos táteis em passeios públicos.

Foram identificados estudos embasados em plataformas já existentes - como ArcEngine (ArcMaps, ArcGis etc), Navisworks, Revit, Civil 3D, SQL e xBIM 5.1.274 toolkit para Visual Studio -, dois estudos propondo um sistema próprio e outros três não mencionam nenhum sistema ou software. É possível inferir, com base nos softwares mencionados, certa

dependência em relação a ferramentas de código proprietário e pagas, o que pode, em alguns casos, inviabilizar a implementação prática das metodologias propostas. Outro aspecto relevante a ser mencionado é a não-disponibilidade de tecnologia livre (ou FOSS, Free Open Source Software), o que restringe a livre iniciativa de aperfeiçoamento (Hoffmann et al., 2018).

A maioria dos estudos abordados se concentra no desenvolvimento e na aplicação de modelos que integram BIM e GIS para diferentes tipos de projetos de infraestrutura. Os objetivos são amplos, abrangendo desde a coordenação de cadeias de suprimento e o alinhamento de rodovias até o gerenciamento de pontes e o descomissionamento de plataformas offshore. Essa diversidade de aplicações revela o grande potencial da integração BIM-GIS, não apenas em áreas de construção, mas também em contextos mais específicos, como a gestão de infraestruturas e a otimização de processos de construção em grande escala.

Contudo, uma análise aprofundada dos artigos revelou que a predominância de trabalhos que propõem métodos ou modelos para integração BIM-GIS que são particularizados restringe a abrangência dos estudos a situações específicas e não permite a integração total entre as duas tecnologias, o que ocasiona a necessidade de correções manuais as quais, em alguns casos, pode inviabilizar a sua execução visto o tempo despendido. Isso reflete a questão da interoperabilidade, que envolve mais do que estudos com aplicação em mobilidade e transporte e representa uma limitação em diversos estudos relacionados a BIM e GIS (Liu et al., 2017; Souza e Bueno, 2022).

As limitações descritas nos artigos analisados revelam que muitas soluções propostas ainda exigem ajustes manuais nos processos de integração, o que compromete a escalabilidade e a aplicabilidade em contextos maiores. Essas limitações são particularmente visíveis nos estudos que aplicam as tecnologias em infraestrutura viária e gestão de tráfego, onde a necessidade de ajustes manuais é um desafio constante. No entanto, essas limitações também apontam para áreas de desenvolvimento futuro, como a automação dos processos de integração e a melhoria da interoperabilidade entre as plataformas utilizadas.

O Quadro 2 mostra que, para cada artigo, há sugestões claras para o aprimoramento e ampliação de sua aplicação. Muitas dessas sugestões envolvem a automação de processos e a expansão de sua aplicabilidade a diferentes contextos. No caso do documento de ID 2, por exemplo, a sugestão de aplicar o modelo em outros tipos de projetos horizontais, como tubulações, e integrá-lo com outras tecnologias avançadas, como o layout do canteiro de obras, mostra um desejo de expandir os horizontes do uso de BIM e GIS para além das rodovias. O documento de ID 3 propõe a integração com o FEM e a mineração de dados usando big data, o que poderia aprimorar significativamente a análise estrutural de pontes e outras infraestruturas críticas. Essa abordagem também apontaria para a necessidade de uma plataforma mais robusta que oferecesse dados mais profundos e interconectados, essencial para a gestão de grandes infraestruturas.

Além disso, o artigo de ID 4 sugere a automação do processo de integração de BIM e GIS, eliminando a necessidade de ajustes manuais, o que tornaria a aplicação mais eficiente

e escalável. A integração direta com arquivos IFC seria um avanço importante para reduzir os erros humanos e aumentar a eficiência. Outros documentos, como os de ID 7 e ID 8, apontam para a necessidade de melhorar a transferência de dados entre tecnologias diferentes e atualizar os modelos para a manutenção e operação das infraestruturas, não apenas para a fase de projeto. Essa mudança de foco pode ampliar as aplicações dos modelos para o ciclo de vida completo das infraestruturas.

A literatura revisada sugere que a superação dessas limitações pode abrir novas possibilidades de aplicação das tecnologias em diferentes contextos de mobilidade, desde o transporte urbano até a gestão de sistemas complexos de infraestrutura. Logo, os estudos futuros convergem para estratégias de compensação ou resolução destas limitações, a começar pelas bases de dados. Por um lado, identifica-se a necessidade de compatibilização entre bases de dados e, por outro, propõe-se a melhoria nos processos de obtenção, classificação e correlação dos dados do mundo real para a construção do modelo.

## 4 Conclusão

A metodologia proposta, embasada em análise bibliométrica e revisão sistemática, se mostrou eficaz para acessar os principais aspectos da combinação de Modelagem da Informação e Sistema de Informação Geográfica em estudos de mobilidade e transporte. Apesar de ser apontada como uma temática emergente e promissora, a análise bibliométrica apontou certa estabilidade no número de publicações nos últimos 3 anos.

Notou-se pouca colaboração entre autores, diferentemente da colaboração entre países que se mostrou um pouco mais intensa. A análise de acoplamento bibliográfico e cocitação revelou que os artigos não apresentaram temáticas comuns predominantes, o que indica que os grupos de pesquisa atuam em linhas diferenciadas. Para reforçar este aspecto, a análise de palavras-chave mais frequentes orbitou em torno dos termos de entrada BIM e SIG e do termo CGB, que por definição também inclui os termos mencionados. Foram identificadas como linhas de pesquisa mais atuais a modelagem de estradas e os estudos de navegação.

Os artigos se concentram na área de infraestrutura viária, com foco na criação de modelos para solução de problemas e utilizam, principalmente, o Autodesk Navisworks e o ArcEngine. As principais limitações encontradas abrangem os ajustes manuais nos processos de integração (as quais consomem a maior parte do tempo de processo) e a particularidade das soluções apresentadas pelos modelos (visto que necessitaria de muitas alterações caso o escopo de trabalho fosse expandido). Quanto aos estudos futuros, os mais citados estão relacionados às bases de dados: integração entre as bases e melhoria na obtenção, classificação e correlação dos dados com as estruturas dos modelos.

O foco deste estudo foi investigar a integração de BIM e GIS com ênfase em mobilidade e transportes, o que resultou em uma quantidade reduzida de artigos. Em estudos futuros, seria relevante expandir essa análise para investigar a integração de BIM e GIS de maneira mais geral, sem se restringir a um campo específico como o de mobilidade e transportes. Tal abordagem poderia incluir diversas áreas de aplicação, como planejamento urbano, gestão de recursos naturais e infraestrutura, permitindo uma compreensão mais abrangente das potencialidades e desafios dessa integração em diferentes contextos.

### *Agradecimentos*

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

### **Referências**

- BRADLEY, A. et al. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*, v. 71, n. 2, p. 139-152, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.019>.
- DENG, Y. et al. Integrating 4D BIM and GIS for construction supply chain management. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 145, n. 4, p. 04019016, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001633](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001633).
- DONG, L.L. et al. Visualization of foundation evaluation for urban rail transit based on CGB technology integration. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 15, n. 4, p. 477-486, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18280/ijdsdp.150408>.
- EDIRISINGHE, R. et al. Building information modelling for facility management: are we there yet?. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 24, n. 6, p. 1119-1154, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2016-0139>.
- GRÁCIO, M.C.C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 21, n. 47, p. 82-99, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2016v21n47p82>.
- GOIENETXEA URIARTE, A.; NG, A.H.C.; URIENDA MORIS, M. Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review. *International Journal of Production Research*, v. 58, n. 1, p. 87-117, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1643512>.
- GUO, F. et al. Implementation of CIM-related technologies within transportation projects. *International Journal of Construction Management*, v. 20, n. 5, p. 510-519, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1489712>.
- HOFFMANN, et al. Adequação do software livre de Sistema de Informações Geográficas QGIS ao público brasileiro. *Revista Eletrônica de Extensão – Extensio*, v. 15, n. 31, p. 144-153,

2018. DOI: <https://doi.org/10.5007/1807-0221.2018v15n31p144>.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, p. e1000100, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.

LIU, X. et al. A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modelling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 6, n. 2, p. 53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>.

MA, Z.; REN, Y. Integrated application of BIM and GIS: an overview. *Procedia Engineering*, v. 196, p. 1072-1079, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.064>.

MADANAYAKE, U.H.; EGBU, C. Critical analysis for big data studies in construction: Significant gaps in knowledge. *Built Environment Project and Asset Management*, v. 9, n. 4, p. 530-547, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/BEPAM-04-2018-0074>.

PECKIENE, A.; USTINOVICIUS, L. Possibilities for Building Spatial Planning Using BIM Methodology. *Procedia Engineering*, v. 172, p. 851-858, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.085>.

RAJADURAI, R.; VILVENTHAN, A. Integrating road information modelling (RIM) and geographic information system (GIS) for effective utility relocations in infrastructure projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0295>.

SOILÁN, M. et al. 3D point cloud to BIM: semi-automated framework to define IFC alignment entities from MLS-acquired LiDAR data of highway roads. *Remote Sensing*, v. 12, n. 14, p. 2301, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12142301>.

SOUZA, L.; BUENO, C. City Information Modelling as a support decision tool for planning and management of cities: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Building and Environment*, v. 207, p. 108403, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108403>.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 8, n. 3, p. 357-375, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

TAN, Y. et al. Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS. *Automation in Construction*, v. 94, p. 328-339, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.012>.

TAVARES, K. S. R.; DE CASTRO, S. S. Análise Bibliométrica das modelagens de erosão do solo: panorama geral. *XIII Sinageo: geomorfologia: complexidade e interesclaridade da paisagem [livro eletrônico]*. São José dos Campos, SP: Comum Design, p. 1184-1198, 2022.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.

VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. VOSviewer. Universiteit Leiden [online], 2021. Disponível em:

<https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 22 julho 2021.

VICTORIA, S.; EVGENIY, S. Infra-BIM for business processes' management in road construction and operation. *Architecture and Engineering*, v. 6, n. 3, p. 19-28, 2021. DOI: <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2021-6-3-19-28>.

UGGLA, G.; HOREMUZ, M. Geographic capabilities and limitations of Industry Foundation Classes. *Automation in Construction*, v. 96, p. 554-566, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.014>.

WAN, C. et al. Development of a bridge management system based on the building information modelling technology. *Sustainability*, v. 11, n. 17, p. 4583, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11174583>.

YEH, A.G.O.; ZHONG, T. Polygonization method for automatic generation of indoor and outdoor pedestrian navigation path for smart city. *Journal of Transport Geography*, v. 96, p. 103209, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103209>.

ZHAO, L.; LIU, Z.; MBACHU, J. Highway alignment optimization: an integrated BIM and GIS approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 4, p. 172, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8040172>.