XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

# O BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities: revisão cientométrica e sistemática

## BIM for management, operation and maintenance of facilities: scientometric and systematic review

**Gabriela Alves Tenório de Morais**
Universidade Federal de Pernambuco | Recife | Brasil | gabriela.alvesm@ufpe.br
**Adiel Teixeira de Almeida Filho**
Universidade Federal de Pernambuco | Recife | Brasil | adielfilho@cin.ufpe.br
**Rachel Perez Palha**
Universidade Federal de Pernambuco | Recife | Brasil | rachel.palha@ufpe.br

**Resumo**

*Esta pesquisa objetiva delinear as fronteiras do conhecimento, identificar lacunas e direções para o desenvolvimento de trabalhos futuros no que diz respeito aos usos do BIM para fins de gerenciamento, operação e manutenção de facilities. Foi empregado um método misto de revisão que associou a análise cientométrica e a revisão sistemática da literatura. Como resultado, foi possível identificar que o campo "BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities" está em crescimento. Além disso, as finalidades de aplicação do BIM para gerenciamento, operação e manutenção têm sido ampliadas e o uso de tecnologias emergentes, como a internet das coisas, os sensores e os sistema de informação geográfica, por exemplo; tem se mostrado promissor neste campo.*

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção – BIM. Gerenciamento de Facilities. Operação & Manutenção. Revisão sistemática da literatura.

**Abstract**

*This research aims to delineate the frontiers of knowledge and identify gaps and future research directions regarding the uses of BIM for the management, operation and maintenance of facilities. A mixed method of review was used that associated scientometric analysis and systematic literature review. As a result, it was possible to identify that the field "BIM for management, operation and maintenance of facilities" is growing. In addition, BIM application purposes for management, operation and maintenance have been expanded and the use of emerging technologies has shown promise in this field.*

Keywords: Building Information Modeling – BIM. Facilities management. Operation & Maintenance. Systematic literature review.

Como citar:
MORAIS, G. A. T.; ALMEIDA FILHO, A. T.; PALHA, R. P. O BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities: revisão cientométrica e sistemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-11.

## INTRODUÇÃO

Além de ser a fase mais cara do ciclo de vida dos empreendimentos [1], o gerenciamento de facilities (FM) é fundamental para garantir a correta funcionalidade do ambiente construído [2]. Dado que a Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite aos gerentes de facilities recuperar, analisar e processar informações em um ambiente digitalizado [3], a FM é a área que mais se beneficia da integração ao BIM [4].

Assim, o uso do BIM para fins de FM é um avanço importante conquistado nos últimos anos [5,6]. Porém, apesar do seu potencial e benefícios, o uso do BIM para FM permanece limitado e demanda progressos [4,7–9]. Há mais estudos abordando as aplicações do BIM nas fases iniciais dos empreendimentos do que para as instalações após construção [10].

É importante destacar que o gerenciamento de facilities envolve a produção e gestão de um grande número de informações. Neste cenário, o BIM é uma ferramenta capaz de auxiliar o acesso eficiente à informação e, consequentemente, permitir que os serviços de gerenciamento de facilities sejam executados de modo produtivo [11, 12]. Além dos benefícios supracitados, a integração BIM-FM favorece ainda o controle e a garantia da qualidade nas atividades de FM [13].

Diante da relevância do tema apresentado, a presente pesquisa, através da associação entre os métodos de revisão sistemática da literatura e análise cientométrica, apresenta uma análise da evolução e síntese das pesquisas que tratam do uso do BIM para fins de FM publicadas em todo o período de indexação da base de dados Scopus, levando à identificação de atuais tópicos de pesquisa bem como de lacunas do conhecimento, além de auxiliar na estruturação do conhecimento produzido dentro deste campo.

## METODOLOGIA

Para delinear as fronteiras do conhecimento em relação ao uso do BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities, a metodologia adotada neste trabalho de revisão consiste num método misto (*mixed review method*) [14], no caso do presente estudo, composto pela análise cientométrica e revisão sistemática.

A parte quantitativa desta pesquisa foi realizada através da análise cientométrica. Nesta pesquisa, o software VOSviewer [15] foi utilizado para desenvolvimento da análise cientométrica. Desta forma, foi possível determinar as redes de coocorrência de palavras-chave, coautoria, países, cocitação de autores e documentos e acoplamento bibliográfico. Para leitura de tais mapas, é importante destacar que o tamanho do rótulo e do círculo determinam o peso do item. A cor do item, por sua vez, determina o agrupamento ao qual o item está relacionado. A proximidade entre os itens indica a força da relação [16].

A parte qualitativa da pesquisa, aconteceu através da a revisão sistemática da literatura, que tem por objetivo identificar as lacunas do conhecimento e apontar

futuras direções de pesquisa. Conforme exposto por Booth [17], a revisão sistemática permite ao pesquisador identificar, selecionar e avaliar a literatura com clareza metodológica, ausência de vieses e “auditabilidade”.

A metodologia da pesquisa se inicia com a identificação dos estudos relevantes dentro da área de interesse supracitada. Para tal, foram recuperados trabalhos publicados na base de dados Scopus. Para a busca na Scopus, foi utilizada a combinação das seguintes palavras-chave e operadores booleanos: ("Building Information Modeling" OR "Building Information Model" OR "BIM") AND ("maintenance management" OR "facility management" OR "facilities management" OR "FM" OR "operation & maintenance" OR "O&M" OR "operations and maintenance" OR "operation" OR "maintenance" OR "BIM-enabled FM" OR "predictive maintenance" OR "post-occupancy" OR "refurbishment" OR "retrofit" OR "BIM 7D"). A busca foi realizada em 16 de maio de 2022 e recuperou 3774 artigos em uma busca por título-resumo-palavras-chave (TITLE-ABS-KEY) para todos os anos na Scopus. Neste primeiro momento, nenhum critério de exclusão fora aplicado aos artigos recuperados.

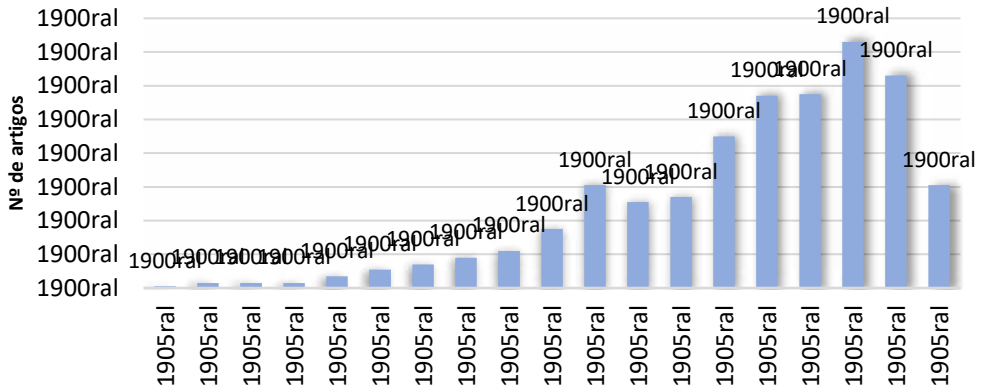
Em seguida, foi empregado o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* - PRISMA [18] para avaliação das 3774 pesquisas identificadas. Para tal, os artigos foram inicialmente escaneados pela leitura dos títulos e resumos. Através desse processo, 2839 artigos que não tratavam dos usos BIM para fins de gerenciamento, operação e manutenção de facilities foram excluídos. Os artigos restantes foram submetidos à verificação da elegibilidade por meio da análise integral de seus textos, onde foram investigadas a metodologia empregada, as conclusões e as contribuições propostas pelos autores. Após esta etapa, permaneceram incluídos 935 artigos para desenvolvimento da presente pesquisa.

## ANÁLISE CIENTOMÉTRICA

Tendo em vista o surgimento de pesquisas mais estruturadas envolvendo BIM, a relevância da área de gerenciamento, operação e manutenção de facilities pode ser observada na Figura 1, que apresenta a distribuição temporal dos 935 artigos que foram selecionados para o desenvolvimento da pesquisa, os quais foram publicados entre os anos de 2004 e 2022 em 368 fontes por 2138 autores diferentes. É possível identificar o crescimento gradual no número de publicações no campo “BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities” sobretudo a partir de 2017. O percentual de crescimento anual no número de publicações foi de 25,65%. Este aumento no número de publicações pode estar atrelado à diversos fatores como a consolidação do uso do BIM para fins de projeto e construção e ao impulsionamento dado pelos mandatos BIM impostos por vários países para incentivar a implementação BIM em todas as fases do ciclo de vida das construções.

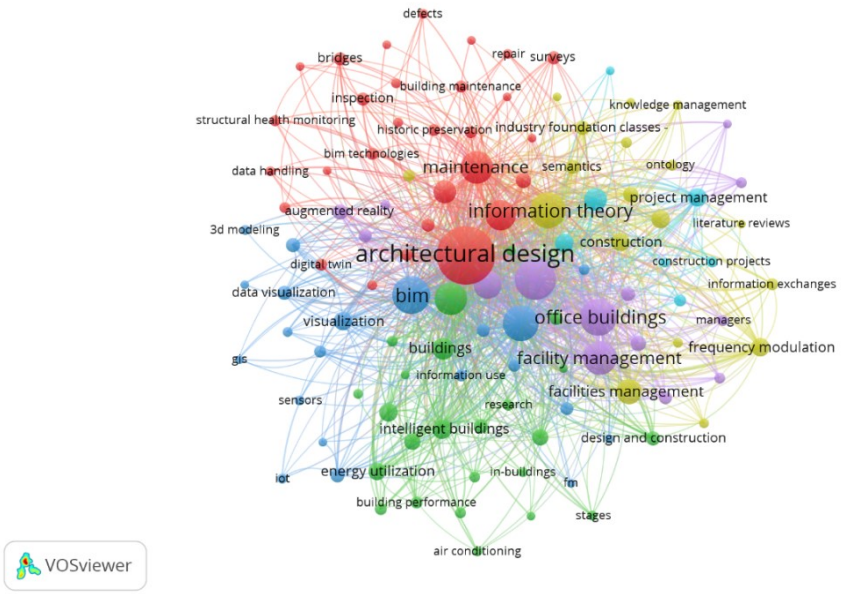
A fim de entender de forma mais assertiva as principais palavras-chaves empregadas pelos autores, e consequentemente os temas centrais das pesquisas, a Figura 2 apresenta a rede de coocorrência de palavras-chave criada por meio do VOSviewer. Para um mínimo de 15 ocorrências, 113 palavras-chave alcançaram o limite e formaram seis agrupamentos distintos (Figura 2).

**Figura 1: Distribuição temporal das publicações**




Fonte: os autores.

**Figura 2: Rede de coocorrência de palavras-chave**



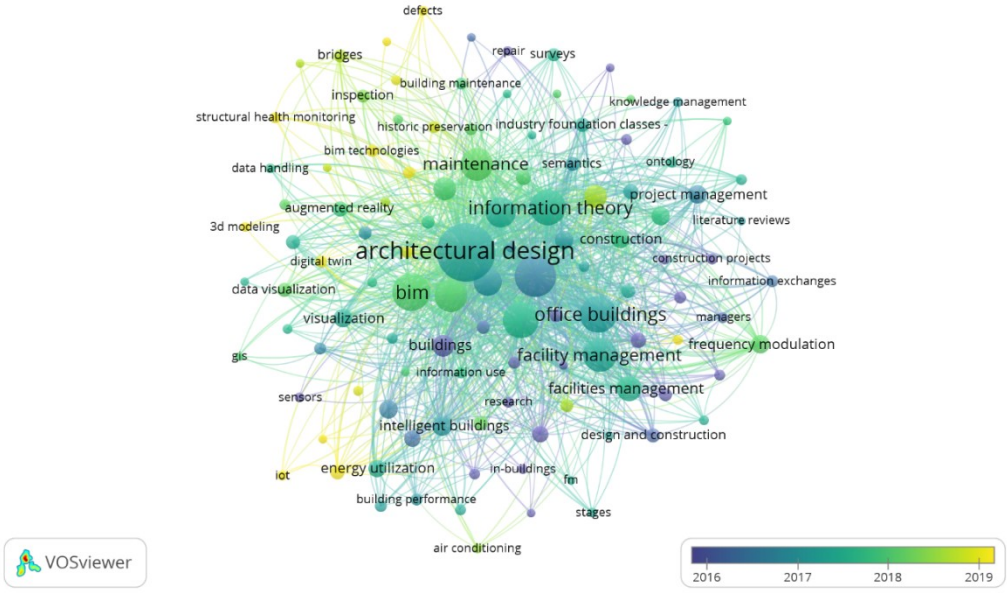

Fonte: os autores.

Da análise dos agrupamentos apresentados pelo VOSviewer, identifica-se que o representado pela cor vermelha está relacionado a operação e manutenção, tomada de decisão e ciclo de vida. O agrupamento verde tem ligação ao desempenho e gerenciamento de facilities, bem como ao consumo de energia e sustentabilidade. O agrupamento em azul escuro tem ligação à gestão da informação, às diversas tecnologias emergentes como internet das coisas, sensores, sistema de informação geográfica e à manipulação de dados. O agrupamento amarelo trata da teoria da informação, abordando o IFC, a interoperabilidade, semântica e ontologia. O agrupamento lilás aborda o gerenciamento de facilities e os recursos relacionados (gestores, gestão dos recursos humanos, etc.). Por fim, o agrupamento representado pela cor azul claro tem relação a indústria e processos construtivos.

Através da análise temporal da rede de coocorrência de palavras-chave (Figura 3), é possível verificar que termos como “operação e manutenção”, “monitoramento

estrutural", "pontes", "internet das coisas", "sustentabilidade", "integração de dados", "digital twin", "falhas", "edificações" e "preservação histórica" têm sido abordados nos últimos anos, sendo representados pela cor amarela. Por outro lado, termos como "reparos", "projetos de construção", "projeto e construção", "gerentes", "troca de informações" e "in-buildings" foram mais trabalhados no período entre 2016 e 2017.

**Figura 3: Vista temporal da rede de coocorrência de palavras-chave**

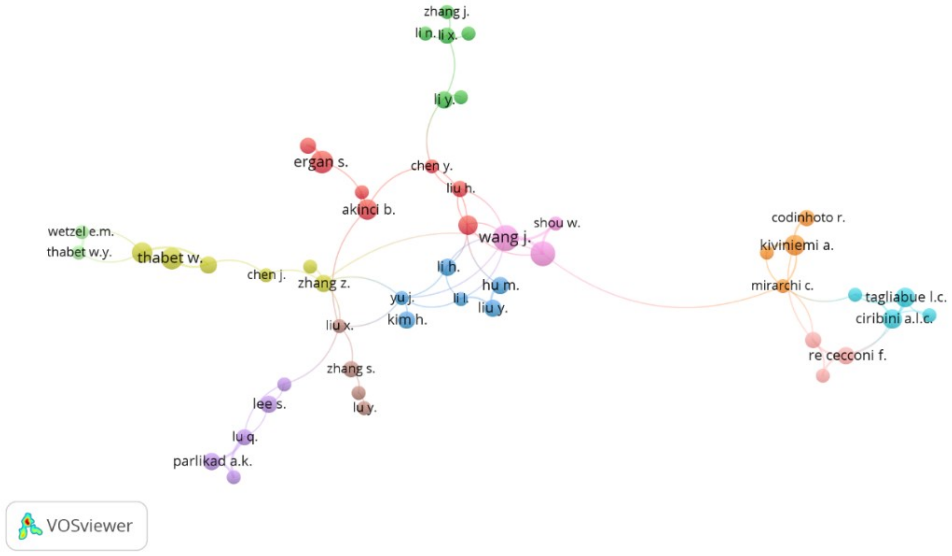



Fonte: os autores.

Além da rede de ocorrência de palavras-chave, é importante entender como os pesquisadores tem desenvolvido parcerias no desenvolvimento de pesquisas dentro do campo. Assim, a Figura 4 apresenta a rede de coautoria de autores também elaborada por meio do VOSviewer. O mapa mostra a formação de onze diferentes agrupamentos para um mínimo de 04 documentos por autor.

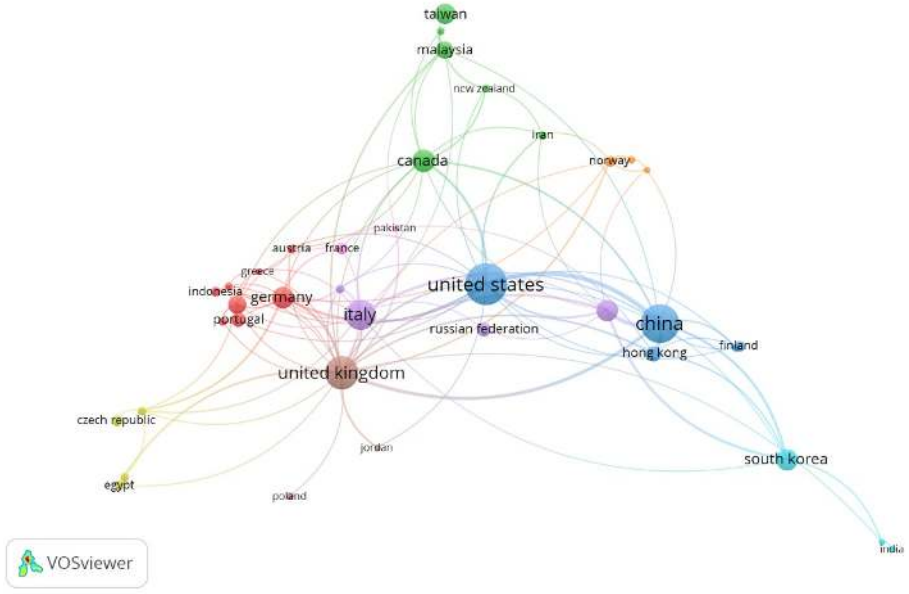
Entender a estruturação de parcerias entre países para desenvolvimento de trabalhos se configura uma outra análise importante. Para a rede de coautoria de países, elaborada com auxílio do VOSviewer e apresentada na Figura 5, é possível notar que para um mínimo de 05 documentos por país, um total de 38 países atingem este limite de documentos. Verifica-se predominância, em número de publicações, de países como Estados Unidos (172 publicações), China (147 publicações), Reino Unido (109 publicações) e Itália (93 publicações). Se somados, apenas estes quatro países representam aproximadamente 48% das publicações dentro do grupo dos 38 países com maior número de pesquisas. Além disso, cabe destacar a forte colaboração entre países como Estados Unidos, China, Japão, Hong Kong e Finlândia, representados pelo agrupamento na cor azul escuro.

**Figura 4: Rede de coautoria de autores**




Fonte: os autores.

**Figura 5: Rede de coautoria de países**



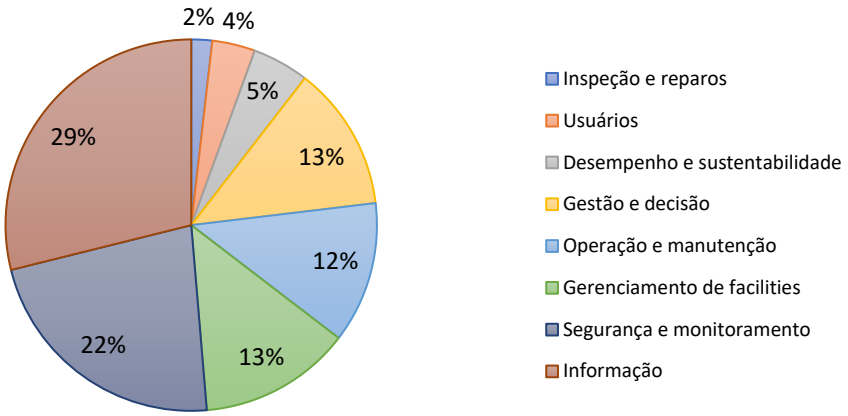

Fonte: os autores.

## ANÁLISE DA LITERATURA

Para a análise da literatura científica, as pesquisas foram agrupadas, de acordo com os temas dos quais tratavam, identificados através da leitura de seus títulos e resumos, em 08 diferentes categorias, a saber: (1) usuários; (2) gestão e decisão; (3) inspeção e reparos; (4) desempenho e sustentabilidade; (5) informação; (6) segurança e

monitoramento; (7) gerenciamento de facilities, e; (8) operação e manutenção. Assim, a Figura 6 apresenta a distribuição quantitativa dos 935 trabalhos objeto desta pesquisa entre as 08 categorias definidas. Cada uma das categorias descritas será discutida na sequência.

**Figura 6: Distribuição das pesquisas em categorias**




Fonte: os autores.

Na categoria Usuários, é observada uma tendência da análise do conforto do usuário, sobretudo no que diz respeito ao mapeamento e monitoramento em tempo real do conforto térmico [19]. Observa-se também que as investigações abrangem diferentes tipologias de estruturas, desde edificações até obras de infraestrutura [20-22]. Percebe-se que a avaliação do conforto é o ponto central dos trabalhos que se enquadram nesta categoria, onde o uso de sensores tem se mostrado promissor para que o monitoramento em tempo real das edificações seja realizado [23]. No entanto, avanços ainda são necessários e este é um campo que ainda demanda desenvolvimentos a fim de entender de forma mais ampla os fatores que afetam o conforto dos usuários.

Em relação à Gestão e Decisão, nas pesquisas que apresentam ferramentas para atividades de gestão e tomada de decisão para auxiliar o gerenciamento de facilities, o uso de processos e tecnologias como o Lean, Agile e GIS são campos com potencial para o desenvolvimento de pesquisas [24]. Além disso, cabe destacar a importância da coleta e uso de dados para auxiliar as manutenções. A análise da manutenibilidade é um outro campo que ainda carece de maior aprofundamento dado o reduzido número de pesquisas que tratam deste tema [25].

Quanto à Inspeção e Reparos, é possível identificar significativos avanços neste campo, ainda que lacunas do conhecimento permaneçam existentes, dado que o uso de modernas tecnologias é recorrentemente identificado nas pesquisas. Cabe destacar a importância do desenvolvimento de pesquisas que façam o emprego de robôs, sensores, aprendizagem de máquina e RPAS para ultrapassar as fronteiras do conhecimento neste domínio [26-28].

Em relação ao Desempenho e Sustentabilidade, identifica-se que o estudo da otimização do consumo energético das edificações durante a operação é um campo

de pesquisa em evolução e que ainda demanda a criação de pesquisas [29] no âmbito das diferentes tipologias de edificação e através do uso de tecnologias emergentes, tal como a internet das coisas e os sensores, por exemplo.

No que tange à Informação, pode-se concluir que a coleta de dados para fins de uso e operação das instalações é um campo de pesquisa que requer atenção [30, 31], sobretudo no que diz respeito à sua associação com as tecnologias emergentes supracitadas e a possibilidade de uma constante atualização dos dados coletados, levando em consideração não só fatores construtivos, mas também a percepção dos usuários.

Sobre a Segurança e Monitoramento, é possível apontar que, no âmbito da operação e manutenção das instalações, um grande número de pesquisas aborda a segurança e monitoramento das instalações, trazendo aplicações para diferentes áreas da indústria da construção (infraestruturas, edificações, etc.). No entanto, a análise de informações e criação de regras ainda apresenta lacunas [32]. Nos trabalhos voltados à localização de componentes e usuários, observa-se que a precisão dos resultados ainda demanda atenção bem como a coleta e uso de dados em tempo real [33]. O uso do BIM para garantia da segurança dos usuários, sobretudo em relação à ocorrência de incêndios também é uma área em foco e que requer a integração com diferentes tecnologias para otimizar os resultados obtidos [34].

No âmbito do Gerenciamento de facilities, é possível perceber que o uso do BIM para gerenciamento de facilities é um campo que tem recebido atenção nos últimos. Porém, ainda demanda desenvolvimento no sentido do estabelecimento de abordagens para integração que sejam válidas para aplicações reais, tanto do ponto de vista técnico como financeiro, e que estejam associadas às tecnologias emergentes mencionadas anteriormente neste artigo [35]. Além disso, carece de maiores aprofundamentos na garantia da troca de informações entre os sistemas de gerenciamento de facilities e o BIM. Por fim, cabe destacar ainda a necessidade da ampliação do uso do BIM para gerenciamento de facilities no campo das infraestruturas.

Por fim, em relação à Operação e Manutenção, é indiscutível a necessidade de avanços em relação ao desenvolvimento dos usos BIM para operação e manutenção de estruturas [36]. É importante destacar os avanços, ainda que estes precisem de aprofundamento, acerca dos usos BIM nos mais diversos tipos de infraestruturas [37]. A extração de dados, comunicação e compatibilização entre os modelos BIM e os sistemas de gestão da operação e manutenção é um ponto que ainda atravanca maiores desenvolvimentos. Porém, a associação com tecnologias como sensores, realidade aumentada, internet das coisas, radiofrequência, entre outras, têm contribuído para mitigação das lacunas do conhecimento neste campo.

## CONCLUSÕES

Foi possível identificar que o campo “BIM para gerenciamento, operação e manutenção de facilities” está em crescimento não só devido ao aumento no número

de publicações acerca do tema, mas também pela ampliação das finalidades de aplicação do BIM para gerenciamento, operação e manutenção sobretudo com o auxílio do uso de diferentes tecnologias.

Através da análise cientométrica, foi possível identificar que os temas “operação e manutenção”, “monitoramento estrutural”, “pontes”, “internet das coisas”, “sustentabilidade”, “integração de dados”, “digital twin”, “falhas”, “edificações” e “preservação histórica” estão atualmente em destaque. Além disso, foi possível identificar que as aplicações relacionadas à “reparos”, “projetos de construção”, “projeto e construção”, “gerentes”, “troca de informações” e “in-buildings” estão consolidadas, dado que foram mais trabalhadas no período entre 2016 e 2017.

Com base nos resultados da sistemática da literatura, o presente artigo sugere que pesquisas futuras examinem os seguintes temas: uso de sensores para o monitoramento em tempo real de estruturas; uso do Lean, Agile e GIS associado ao BIM para fins de gerenciamento, operação e manutenção; análise da manutenibilidade de estruturas associada ao BIM ainda na fase de projeto; uso de sensores, robôs e veículos remotamente pilotados para fins de inspeção e reparo; ampliação do entendimento e previsão do consumo energético; coleta e transferência contínua de dados produzido durante a operação e manutenção; uso do BIM para gerenciamento da segurança durante a operação e manutenção, especialmente nos casos de situação de incêndio; estabelecimento de padrões de integração entre o BIM e os sistemas de gerenciamento de facilities, e; uso do BIM para O&M de infraestruturas.

## REFERÊNCIAS


[1] COUPRY, C.; NOBLECOURT, S.; RICHARD, P.; BAUDRY, D.; BIGAUD, D. BIM-Based digital twin and XR devices to improve maintenance procedures in smart buildings: A literature review. **Applied Sciences (Switzerland)**, v.11(15), 2021.

[2] EDIRISINGHE, R.; LONDON, K.A.; KALUTARA, P.; ARANDA-MENA, G. Building information modelling for facility management: Are we there yet? **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 6, p. 1119–1154, 2017.

[3] GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 39, 2019.

[4] PINTI, L.; CODINHOTO, R.; BONELLI, S. A Review of Building Information Modelling (BIM) for Facility Management (FM): Implementation in Public Organizations. **Applied Sciences (Switzerland)**, v.12(3), 2022.

[5] WU, J.; LEPECH, M. D. Incorporating multi-physics deterioration analysis in building information modeling for life-cycle management of durability performance. **Automation in Construction**, v. 110, 2020.

[6] KONG, L.; YANG, Q.; ZHOU, Q.; XING, J.; SUN, X.; ZOU, R. Embedding knowledge into BIM: A case study of extending BIM with firefighting plans. **Journal of Building Engineering**, v. 49, 2022.

[7] VALINEJADSHOUBI, M.; MOSELHI, O.; BAGCHI, A.; SALEM, A. Development of an IoT and BIM-based automated alert system for thermal comfort monitoring in buildings. **Sustainable Cities and Society**, v. 66, 2021.

[8] DIXIT, M. K.; VENKATRAJ, V.; OSTADALIMAKHMALBAF, M.; PARIAFSAI, F.; LAVY, S. Integration of facility management and building information modeling (BIM): A review of key issues and challenges. **Facilities**, v. 37, n. 7–8, p. 455–483, 2019.

[9] LUO, N.; PRITONI, M.; HONG, T. An overview of data tools for representing and managing building information and performance data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 147, 2021.

[10] ZIA-UL-HAQ MUHAMMAD, M.; MUSTAPA, M. Prospects of building information modelling-facility management implementation in Malaysia. **Journal of Critical Reviews**, v. 7, n. 16, p. 849–853, 2020.

[11] ISMAIL, Z. Implementation of BIM technology for knowledge transfer in IBS building maintenance projects. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, p.1-20, 2018.

[12] FARGNOLI, M.; LIESHAJ, A.; LOMBARDI, M.; SCIARRETTA, N.; DI GRAVIO, G. A BIM-based PSS Approach for the Management of Maintenance Operations of Building Equipment. **Buildings**, v. 9, n. 139, 2019.

[13] BECERIK-GERBER, B.; JAZIZADEH, F.; LI, N.; CALIS, G. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Construction Engineering and Managment**, v. 138, n.3, p. 431-442, 2012.

[14] HUSSEIN, M.; ZAYED, T. Crane operations and planning in modular integrated construction: Mixed review of literature. **Automation in Construction**, v. 122, 2021.

[15] VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

[16] JAN VAN ECK, N.; WALTMAN, L. **VOSviewer Manual Manual for VOSviewer version 1.6.17**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2022.

[17] BOOTH, A.; SUTTON, A.; PAPAIOANNOU, D. **Systematic approaches to a successful literature review**. SAGE Publications, 2016.

[18] MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **International Journal of Surgery**, v. 8, n. 5, p. 336–341, 2010.

[19] VALINEJADSHOUBI, M.; MOSELHI, O.; BAGCHI, A.; SALEM, A. Development of an IoT and BIM-based automated alert system for thermal comfort monitoring in buildings. **Sustainable Cities and Society,** v. 66, 2021.

[20] GALLARDO, A.; VILLACRESES, G.; ALMAGUER, M.; LOBATO-CORDERO, A.; CORDOVEZ, M. Estimating the indoor thermal comfort deficit in the social housing built in Ecuador by integrating Building Information Modelling and Geographical Information Systems Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Quito, Ecuador. 2013.

[21] TAGLIABUE, L. C.; ACCARDO, D.; KONTOLEON, K.; CIRIBINI, A. Indoor comfort conditions assessment in educational buildings with respect to adaptive comfort standards in European climate zones. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 410, n. 1, 2020.

[22] MARZOUK, M.; ABDELATY, A. Monitoring thermal comfort in subways using building information modeling. **Energy and Buildings**, v. 84, p. 252–257, 2014.

[23] ALAVI, H.; FORCADA, N.; BORTOLINI, R.; EDWARDS, D. Enhancing occupants' comfort through BIM-based probabilistic approach. **Automation in Construction**, v. 123, n. December 2020, p. 103528, 2021.

[24] MCARTHUR, J. J.; BORTOLUZZI, B. Lean-Agile FM-BIM: a demonstrated approach. **Facilities**, v. 36, n. 13–14, p. 676–695, 2018.

[25] AKANMU, A. A.; OLAYIWOLA, J.; OLATUNJI, O. A. Automated checking of building component accessibility for maintenance. **Automation in Construction**, v. 114, n. December 2018, p. 103196, 2020.

[26] ZHAN, J.; GE, X. J.; HUANG, S.; ZHAO, L.; WONG, J. K. W.; HE, S.X. Improvement of the inspection-repair process with building information modelling and image classification. **Facilities**, v. 37, n. 7–8, p. 395–414, 2019.

[27] PAN, N. H.; CHEN, K. Y. Facility Maintenance Traceability Information Coding in BIM-Based Facility Repair Platform. **Advances in Civil Engineering**, v. 2020, 2020.

[28] NETTIS, A.; SAPONARO, M.; NANNA, M. RPAS-based framework for simplified seismic risk assessment of Italian RC-bridges. **Buildings**, v. 10, n. 9, 2020.

[29] PETRI, I. et al. Optimizing energy efficiency in operating built environment assets through building information modeling: A case study. **Energies**, v. 10, n. 8, p. 1–17, 2017.

[30] CHEN, W.; CHEN, K.; CHENG, J. C. P. Towards an ontology-based approach for information interoperability between BIM and facility management. [s.l.] Springer International Publishing, 2018. v. 10864 LNCS

[31] BRAILA, N.; PANCHENKO, N.; KANKHVA, V. Building Information Modeling for existing sustainable buildings. E3S Web of Conferences, v. 244, p. 05024, 19 mar. 2021.

[32] HU, M.; LIU, Y.; SUGUMARAN, V.; LIU, B.; DU, J. Automated structural defects diagnosis in underground transportation tunnels using semantic technologies. **Automation in Construction,** v. 107, n. July 2018, p. 102929, 2019.

[33] WEI, Y.; AKINCI, B. A vision and learning-based indoor localization and semantic mapping framework for facility operations and management. **Automation in Construction**, v. 107, n. July, p. 102915, 2019.

[34] JUNG, S.; CHA, H. S.; JIANG, S. Developing a building fire information management system based on 3D object visualization. **Applied Sciences (Switzerland),** v. 10, n. 3, 2020.

[35] KULA, B.; ERGEN, E. Implementation of a BIM-FM Platform at an International Airport Project: Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 4, p. 05021002, 2021.

[36] HEATON, J.; PARLIKAD, A. K.; SCHOOLING, J. Design and development of BIM models to support operations and maintenance. **Computers in Industry**, v. 111, p. 172–186, 2019.

[37] SINGH, P.; SADHU, A. System Identification-Enhanced Visualization Tool for Infrastructure Monitoring and Maintenance. **Frontiers in Built Environment**, v. 6, n. May, 2020.