

Explorando o papel do BIM na gestão do conhecimento em projetos da construção civil

Igor Alencar Rodrigues

Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Brasil
iar@poli.br

Vinícius Francis Braga de Azevedo

Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Brasil.
vfba@poli.br

Vicente Estevam da Silva Neto

Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Brasil.
vesn@poli.br

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Professora Doutora, UPE, Brasil.
Emilia.rabbani@poli.br

Bianca M. Vasconcelos

Professora Doutora, UPE, Brasil.
bianca.vasconcelos@upe.br

RESUMO

A característica não seriada da indústria da construção civil, o ambiente dinâmico dos canteiros de obras e a alta taxa de rotatividade dos trabalhadores são condições que prejudicam a aplicação da gestão do conhecimento no setor. Posto isso, várias pesquisas destacam o uso do BIM como uma plataforma capaz de otimizar a gestão do conhecimento (GC). O objetivo principal deste estudo foi investigar o potencial do BIM para a GC na construção civil. Para tal propósito, foi realizada uma revisão sistemática da literatura que evidenciou uma variedade de aplicações práticas do BIM na gestão do conhecimento, na área de segurança do trabalho, no gerenciamento de projetos e na sustentabilidade a partir da gestão de instalações. Porém, pode-se observar que os estudos ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento, com uma limitação numérica de atividades e de riscos inclusos nas análises. Ademais, nota-se que a ontologia é um método amplamente empregado para estruturar o conhecimento em conjunto com um modelo BIM, seguida pelo raciocínio baseado em casos (CBR). Ainda que o BIM permita otimizar a gestão do conhecimento, é essencial que sua utilização seja aplicada em maior escala. É recomendado para estudos futuros, que aprendizado de máquina seja utilizado para dar mais celeridade no processo de modelagem do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto para segurança. Gestão de projetos. Gerenciamento de Instalações.

1 INTRODUÇÃO

Desde a introdução das tecnologias de gestão do conhecimento (GC) no final da década de 80, esta área de estudo vem se tornando cada vez mais popular. No entanto, as iniciativas de GC ainda são ambíguas, pois existem várias perspectivas do que a GC realmente representa (Cheng *et al.*, 2014). Santiago (2002) faz uma diferenciação entre os conceitos de dado, de informação e de conhecimento, na qual os dados são considerados como uma sequência de números e palavras sob nenhum contexto específico. No entanto, se os dados forem organizados em um contexto, tornam-se informação, e o conhecimento é considerado a informação estruturada com o entendimento de seu significado. Já Quigley e Debons (1999) consideram que a informação é essencial para responder perguntas sobre quem, onde, quando e o que, enquanto o conhecimento responde aos motivos e aos meios, ou seja, o porquê e o como.

Apesar da construção civil ser considerada uma indústria, o ambiente construído apresenta características peculiares. Ao contrário das indústrias de manufatura, a estrutura para produção é realocada até o local do empreendimento, de caráter particular e não seriado, e desmontada no término da obra para entrega do produto ao usuário final (Fabrício, 2002). Em virtude dessa natureza migratória da construção civil e da complexidade dos canteiros de obras, obter e coordenar a informação se torna um desafio complexo (Yang *et al.*, 2022). Além disso, o setor da construção civil conta com uma alta taxa de rotatividade de funcionários, o que dificulta a transformação do conhecimento tácito, saber individual, que é baseado nas experiências particulares e guardado na cabeça dos funcionários para o conhecimento explícito, personificado em documentos e transferível em linguagem formal e sistemática (Medeiros, 2012).

Diante desse cenário, o *Building Information Modeling* (BIM) foi desenvolvido para auxiliar no processo da gestão da informação e, conseqüentemente, na gestão do

conhecimento. Succar (2009) define o BIM como um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem às partes interessadas de um empreendimento projetar, construir e operar uma construção no espaço virtual, de forma colaborativa. Para Lee, Yu e Jeong (2015), o BIM possibilita o gerenciamento de informações de forma coordenada, consistente e computável, por meio do ciclo de projeto, construção, manutenção e operação de um empreendimento. E segundo Alhusban (2021), apesar das várias definições do BIM na literatura, a característica principal entre as definições é o gerenciamento das informações da construção.

A modelagem da informação da construção (BIM) permite um aperfeiçoamento do projeto, da produtividade, do *design* sustentável, do desperdício de materiais e do impacto ambiental (Olawumi; Chan, 2019). Ademais, uma melhora na acessibilidade à informação, como o conhecimento é permutado e a transparência nesse processo, são as maiores contribuições que a digitalização trouxe para o ambiente construído, especialmente no campo de sustentabilidade (Santos *et. al*, 2019).

Entretanto, a Modelagem da Informação da Construção deve ser combinada com métodos como ontologia, raciocínio baseado em casos (CBR) ou raciocínio baseado em regras (RBR) para que a informação seja capturada e transformada em conhecimento e, posteriormente, compartilhada. Para Zhang, Boukamp e Teizer (2015), a ontologia pode ser entendida como a definição de conceitos e suas relações em um domínio particular, que caracterizam a semântica. Geralmente são expressas em linguagens formais como *Ontology Web Language* (OWL) ou *Resource Description Framework* (RDF), o que as tornam legíveis por máquinas e adequadas para processamento automatizado.

2 OBJETIVO

Em virtude do ambiente da construção civil necessitar de melhorias nos processos de gestão do conhecimento e o BIM ser destacado por pesquisas como uma metodologia sustentável e uma tecnologia capaz de transformar esse cenário, esse estudo tem o objetivo de realizar uma revisão sistemática da literatura (RSL) sobre a aplicação do BIM, no âmbito da construção civil, com foco na gestão do conhecimento, de modo a entender como a GC é aplicada na prática, além de discutir os benefícios e as dificuldades quando utilizada.

3 METODOLOGIA

A revisão sistemática da literatura foi feita por meio da metodologia “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*” (PRISMA). A revisão foi estruturada em quatro etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão. E, as bases de dados escolhidas para realizar a RSL foram a Engineering Village, a Scopus e a Web of Science, visto que são bases relevantes em nível internacional no âmbito da Engenharia Civil, com relevância, amplitude e especificidade sobre o tema em questão.

Na fase de identificação, com o objetivo de auxiliar na definição das palavras-chave utilizadas na pesquisa, utilizou-se a estratégia PICO (JIDONG *et al.*, 2021). A estratégia PICO definiu a população, construção civil, o interesse, a modelagem da informação da construção e o contexto, a gestão do conhecimento. Com isso, as palavras-chave combinadas com os operadores booleanos “AND” e “OR” constituíram a string de busca: *((Construction OR “Construction Management”) AND (BIM OR “Building Information Modeling” OR “Building Information Modelling” OR “Building Information Model”) AND (“Knowledge Management” OR Knowledge))*. É importante ressaltar que essa string foi aplicada para pesquisar os termos apenas nos títulos, resumos e palavras-chaves dos artigos.

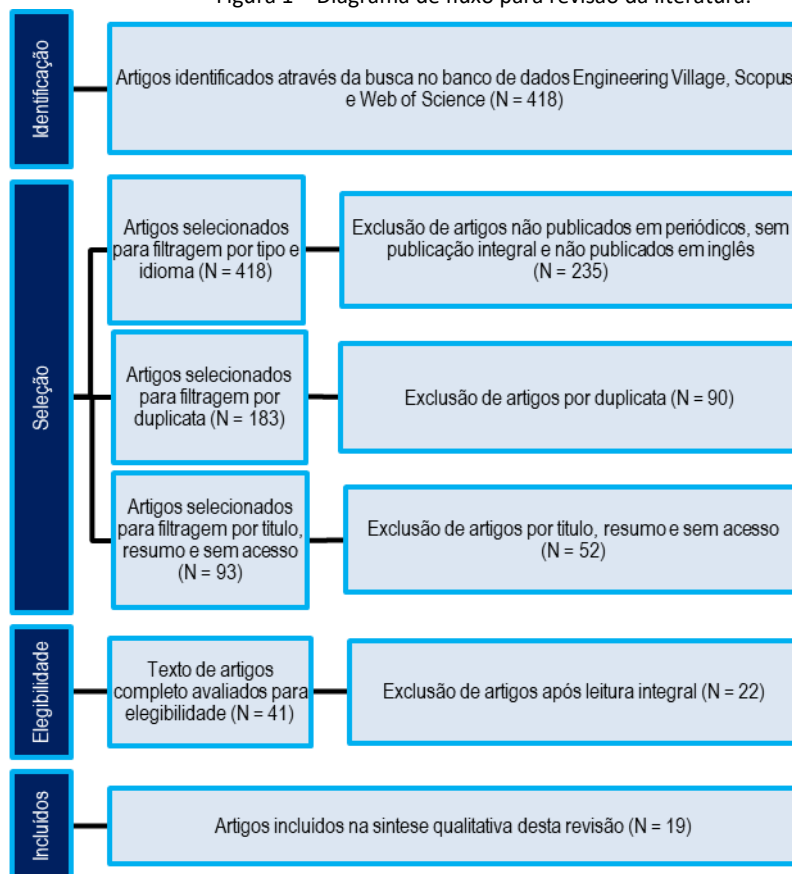
Na etapa de seleção, primeiramente foram selecionados apenas artigos de periódicos, pois são estudos que são revisados por pares, logo passam por um maior rigor científico para serem aceitos e publicados. Logo após, foram considerados apenas artigos publicados na língua inglesa e, por último, foram removidos os artigos duplicados detectados em mais de uma base de dados. Em seguida, por meio da leitura do título e do resumo, foram descartados os artigos de revisão da literatura e os artigos que não possuíam nenhuma aplicação prática da gestão do conhecimento em projetos da construção civil, como pesquisas de opiniões.

Na fase de elegibilidade, foi realizada a leitura integral dos artigos para assegurar que os critérios de inclusão e exclusão foram respeitados e para avaliar a qualidade da metodologia empregada nos estudos. Posteriormente, os artigos remanescentes foram incluídos para análise quantitativa e qualitativa desta revisão. Na análise quantitativa, foram coletados dados como o ano e o país de publicação dos artigos, enquanto na análise qualitativa foram identificadas as áreas de aplicação da GC, além dos benefícios e limitações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foram identificados 418 artigos conforme ilustrado na Figura 1. Em seguida, foi realizada uma filtragem, considerando apenas os artigos de periódicos publicados integralmente em inglês, restando 183 artigos. Porém, 90 artigos foram encontrados em mais de uma base de dados, com isso, sobraram 93 artigos para avaliação por meio dos títulos e resumos. Após esta etapa, 41 artigos foram lidos integralmente para avaliação da elegibilidade, e por fim, 19 artigos foram incluídos nessa revisão de literatura.

Figura 1 – Diagrama de fluxo para revisão da literatura.

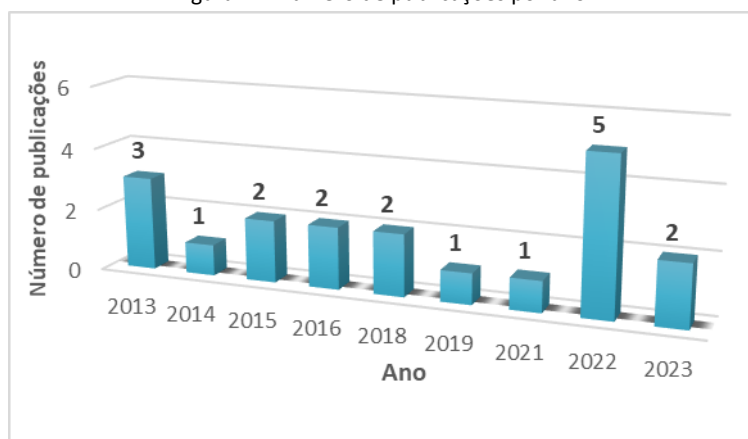


Fonte: Os autores.

Após a seleção dos artigos, foi possível analisar quantitativamente três parâmetros dos estudos: o número de artigos publicados por ano, os países responsáveis pelas publicações, baseado no vínculo institucional do primeiro autor, e a frequência das palavras-chaves utilizadas.

A princípio, havia sido considerado como critério de inclusão artigos publicados entre o período de 2018 e 2023, porém, devido à temática da gestão do conhecimento auxiliada por BIM ainda ser pouco explorada na literatura, esse critério foi desconsiderado. Analisando a figura 2, pode-se perceber que os primeiros estudos encontrados desse tema foram a partir do ano de 2013, o que corrobora com a ideia de ser tópico recente. Também é válido destacar que o ano de 2022 foi o de maior publicação sobre o tema, com 5 artigos encontrados.

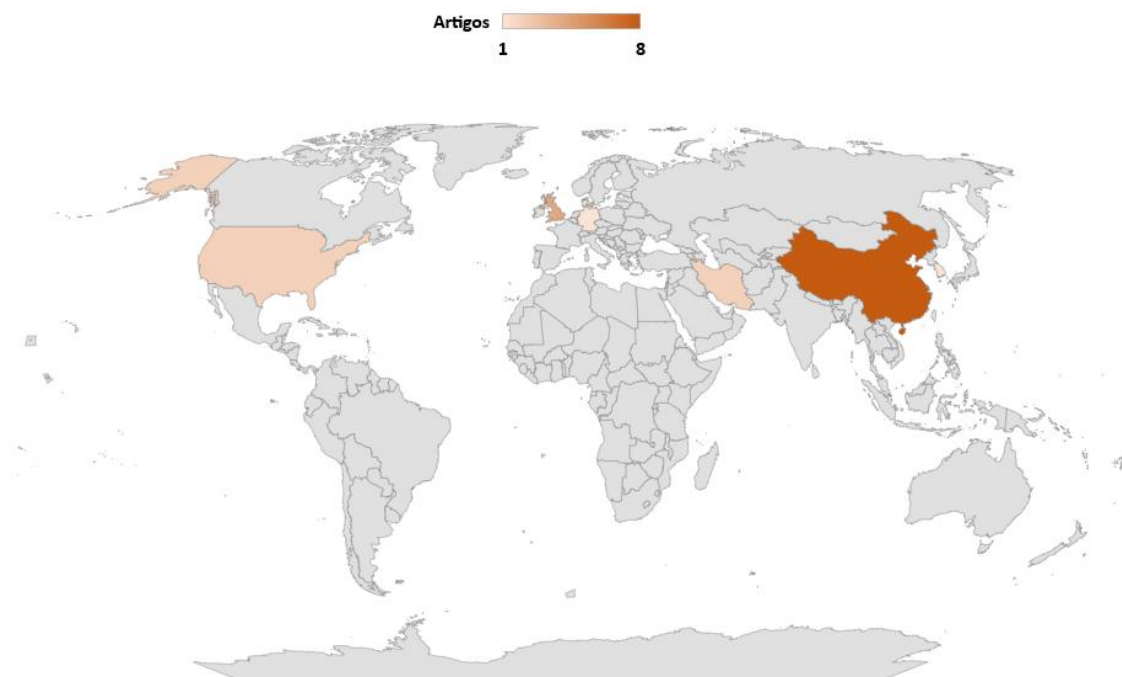
Figura 2 – Número de publicações por ano.



Fonte: Os autores.

A figura 3 indica o número de publicações por países, levando em consideração o país do primeiro autor. A China tem um destaque evidente, com um total de 8 artigos publicados, seguida pelo Reino Unido e Estados Unidos, com 4 e 2 publicações respectivamente.

Figura 3 – Número de publicações por países.



Fonte: Os autores.

Na figura 4 é apresentada uma nuvem das palavras-chave encontradas nos artigos desta revisão. Os termos observados com as maiores repetições são: BIM (11), *Building*

Information Modelling (6), Ontology (6), Building Information Modeling (5) e Knowledge Management (4). Esta nuvem de palavras pode auxiliar pesquisas futuras acerca da utilização de palavras-chaves mais precisas sobre o tópico estudado.

Figura 4 – Nuvem de palavras-chave.



Fonte: Os autores.

Após uma leitura integral de todos os artigos, notaram-se três usos do BIM na gestão do conhecimento. O primeiro uso foi na segurança do trabalho, por meio do projeto para segurança, o segundo uso foi no gerenciamento de projetos, com um grande enfoque na gestão do cronograma e, por último, a GC foi utilizada na gestão de instalações.

4.1 Projeto para segurança

Ao longo de todo o ciclo de um empreendimento, conhecimentos são adquiridos por meio de experiências e, quando estruturados e repassados para projetos futuros, podem contribuir consideravelmente para melhores resultados na segurança do trabalho. O projeto para segurança, também conhecido como *design for safety* (DFS), compartilha a filosofia com o BIM de eliminar ou mitigar os riscos ainda na fase de planejamento e projeto (Rodrigues; Vasconcelos, 2024).

Nesse contexto, Xiahou *et al.* (2022) identificaram os possíveis riscos nas fundações profundas da construção de metrô a partir do estudo de normas regulamentadoras, análise da literatura e casos de acidentes. Em seguida, utilizaram a teoria de cruzamento de trajetória e a teoria da causalidade de acidentes para compreender a relação entre os processos de projeto e os acidentes de trabalho, e posteriormente, quantificaram os riscos a partir do método FEC,

frequência, exposição e criticalidade para alertar os gestores por meio do modelo BIM caso os riscos ultrapassassem o limite de segurança pré-estabelecido.

Dadashi Haji e Behnam (2023) estruturaram um banco de conhecimento com base em indicadores líderes de segurança, como acidentes envolvendo equipamentos e quedas em altura, a partir da opinião de especialistas e da documentação de projetos similares já realizados em estações de transferência de água. Em seguida, uma interface com o software Navisworks foi criada para conectar o modelo BIM 4D com a base de conhecimento. Com isso, um mapa de calor permite ao gestor da obra visualizar diariamente quais são as atividades de maior impacto na segurança dos trabalhadores.

Em um estudo desenvolvido por Wang, Meng e Zhu (2022), o raciocínio baseado em casos (CBR) e o processamento de linguagem natural (NPL) foram utilizados para recuperar o conhecimento de um banco de dados de projetos de construção. O CBR recupera o conhecimento a partir da comparação de atributos entre casos semelhantes, porém não é apropriado para textos longos, sendo necessário utilizar o NPL para garantir o contexto do projeto (Wang, Meng e Zhu 2022). Esse sistema de armazenamento do conhecimento foi combinado com o BIM a partir de parâmetros compartilhados para armazenar no modelo o conhecimento em saúde e segurança do trabalho adquirido nas consultas feitas pelo usuário.

Os sistemas baseados em conhecimento permitem a avaliação e incorporação de riscos no modelo desde a fase de projeto. Isso permite que arquitetos e engenheiros projetistas escolham soluções de projeto que reduzam os riscos durante a construção do empreendimento (Lu *et al.*, 2021). O aprimoramento do projeto para segurança é notável quando se integra sistemas de conhecimento, pois arquitetos e engenheiros projetistas, que geralmente não são especialistas em segurança no trabalho, são orientados por meio dessas técnicas e ferramentas a escolheres soluções que gerem uma menor probabilidade de riscos.

4.2 Gerenciamento de projetos

De acordo com o PMI (2017), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único. A natureza temporária do projeto indica uma data de início e de término bem definidas, nesse sentido, um empreendimento imobiliário é considerado um projeto na indústria da construção civil.

Conforme o Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos, lições aprendidas referem-se aos conhecimentos adquiridos durante a execução de um projeto (PMI, 2017). Sejam provenientes de falhas ou sucessos, os aprendizados precisam ser validados adequadamente e registrados para beneficiar projetos futuros. Esses registros demandam atualização contínua e devem ser facilmente acessíveis por meio de métodos convencionais de busca de informações, os quais dependem, em grande medida, dos avanços em constante melhoria nas aplicações de tecnologia da informação.

Em um estudo desenvolvido por Oti, Tah e Abanda (2018), os dados de informações das lições aprendidas foram armazenados em um sistema de consulta não estruturada (NoSQL), como o MongoDB, conectado por meio da interface do .NET Framework a uma

ferramenta de gerenciamento de projetos BIM, o Navisworks Manage. O sistema realizou testes com um modelo federado de um projeto escolar, no qual aprimorou o produto por meio da reutilização do conhecimento. Isso foi executado indo além de uma consulta convencional baseada em texto, conectando lições aprendidas a itens do modelo associados às tarefas adequadas no cronograma do projeto. Dessa forma, as lições aprendidas tornaram-se mais benéficas para as partes responsáveis por suas respectivas atribuições no projeto.

Outro aspecto fundamental na gestão de projetos na construção civil é o planejamento do canteiro de obras. A seleção inapropriada dos equipamentos de construção ou das suas localizações pode afetar o cronograma da obra, aumentar os custos e até os riscos de segurança. E, atualmente, essa atividade é realizada principalmente de forma manual, devido à escassez de suporte computacional, resultando em um processo demorado e propenso a erros. Desta forma, Jahr e Borrmann (2022) criaram uma seleção semiautomática dos equipamentos de construção a partir de um sistema de conhecimento baseado em regras e inferência. No estudo de caso, as áreas de vivência, bombas de concreto e as gruas do canteiro foram calculadas e visualizadas no modelo BIM a partir dos inputs de entrada, como a área do terreno, a área total construída e os métodos construtivos.

Ainda no escopo do gerenciamento do cronograma, Tavakolan, Mohammadi e Zahraie (2021) desenvolveram um *framework* por meio da criação de uma ontologia e técnicas de raciocínio semântico para o planejamento de curto prazo da obra, englobando as atividades planejadas e os recursos necessários. Por meio de um modelo BIM era possível visualizar os planos criados pelo sistema e as restrições existentes, porém é importante ressaltar que o *framework* desenvolvido não considerava limitações espaciais e congestionamento no canteiro de obras.

4.3 Gestão de instalações e sustentabilidade

Considerando que o tempo gasto para a construção de um empreendimento é relativamente curto quando comparado ao ciclo de operação e manutenção das edificações, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para utilizar um modelo BIM na gestão de instalações, também conhecida como *Facilities Management*.

Nesse cenário, com o objetivo de evoluir do conceito BIM para o *Building Knowledge Modeling* (BKM), Motawa e Almarshad (2014) utilizaram o raciocínio baseado em casos (CBR) e um modelo BIM para capturar o conhecimento de atividades de manutenção. O conhecimento foi estruturado a partir do estudo de casos semelhantes e a partir de entrevistas com profissionais da área, identificando o conhecimento importante para a manutenção da edificação e quais são os elementos do modelo atingidos por esses casos.

Além de auxiliar na gestão de instalações de edificações modernas, o BIM é igualmente utilizado, de forma eficiente, no processo de conservação de patrimônios históricos, conhecido como Historic BIM ou HBIM. Sob essa perspectiva, para aumentar a eficácia da gestão sustentável em edifícios históricos, Lee *et al.* (2019) desenvolveram uma plataforma para manutenção baseada em BIM e ontologia que relaciona os componentes do

edifícios, as possíveis patologias e os métodos de manutenção. Com o apoio de especialistas na área, as manifestações patológicas foram identificadas em um estudo de caso, e, a partir da combinação da técnica de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) com um modelo baseado em nuvem, eram priorizadas de acordo com a frequência, a severidade e a possibilidade de detecção.

As rápidas mudanças no ambiente construído e nos requisitos das partes interessadas têm gerado uma crescente preocupação com a importância de alcançar a sustentabilidade ambiental. A gestão de instalações (FM) desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sustentável ao priorizar o gerenciamento de energia e de água, o gerenciamento de manutenção e o gerenciamento de resíduos (Jayasena; Mallawaarachchi; de Silva, 2019).

4.4 Limitações do uso do BIM na gestão do conhecimento

Apesar dos benefícios que o BIM pode trazer para a gestão do conhecimento, é necessário ressaltar as limitações existentes encontrada nos estudos, pois, inserir o conhecimento no modelo BIM ainda é uma tarefa complexa e demorada.

A aplicação da gestão do conhecimento por meio do BIM na segurança do trabalho ainda está em um estágio inicial. Grande parte dos estudos focaram em um cenário particular dentro de uma tipologia específica de construção, ou seja, havia apenas uma pequena quantidade de atividades e riscos incluídos nas análises. Dessa forma, o maior desafio é expandir a gestão da segurança para diferentes riscos envolvidos (Shen *et al.*, 2022). Similarmente, no gerenciamento de projetos, os estudos demonstraram dificuldades em comum. Além das restrições espaciais já citadas no trabalho de Tavakolan, Mohammadi e Zahraie (2021), o *framework* desenvolvido para o planejamento de curto prazo apenas considerou a estrutura de concreto da obra, ficando todas as outras atividades de fora da análise.

Outro limitante identificado em todos os campos de aplicação foi a influência do fator humano no processo da gestão do conhecimento. Em resumo, a automação completa do conhecimento para um modelo BIM não é viável, pois muitas decisões envolvendo engenharia de segurança e o layout do canteiro demandam um entendimento amplo do contexto, fundamentado na experiência humana, o qual o conhecimento não pode ser totalmente formalizado (Jahr e Borrmann, 2022).

5 CONCLUSÕES

A característica dinâmica da construção civil, a complexidade dos canteiros de obras e a alta rotatividade de funcionários são fatores que dificultam a aplicação da gestão do conhecimento na indústria da construção. Desse modo, foi possível perceber um avanço das aplicações práticas do BIM, no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), com o intuito de aprimorar a gestão do conhecimento.

A partir da revisão da literatura, foi possível identificar a ontologia como um método bastante utilizado para estruturar o conhecimento, em conjunto com um modelo BIM, seguida pelo raciocínio baseado em casos (CBR). Além disso, nota-se que o BIM permite que o conhecimento seja estruturado e visualizado de uma maneira mais clara e centralizada, facilitando a disseminação para todas as partes interessadas do projeto, em aplicações de diversas áreas da construção civil, como na gestão da segurança do trabalho, na gestão do cronograma e na gestão de instalações.

Fica evidenciado que o uso do BIM na gestão do conhecimento possibilita uma redução de riscos de segurança ainda na etapa de planejamento e projeto, uma otimização do cronograma e do layout de canteiro de obras durante a etapa de construção e, por fim, na etapa de operação da edificação, auxilia as partes interessadas em desenvolver um ambiente sustentável, englobando todo o ciclo de vida de um empreendimento. Mas, apesar do crescente uso do BIM na gestão do conhecimento, esta RSL permitiu evidenciar que ainda existem diversas restrições nos estudos realizados.

Quanto às limitações desta análise, é importante notar que não foi considerado o fator de impacto das revistas responsáveis pelos estudos analisados. Isso se deve ao fato de que tal critério poderia ter reduzido o tamanho da amostra e prejudicado a inclusão de revistas mais recentes. No entanto, vale ressaltar que a pesquisa optou por incluir apenas artigos publicados em periódicos, visando assegurar uma maior qualidade nas publicações selecionadas.

A utilização do BIM na gestão do conhecimento ainda é um processo que necessita de muito esforço para ser elaborado, visto que profissionais devem ser capacitados e ainda vários fluxos de trabalhos necessitam ser automatizados e aprimorados. Diante desse cenário, recomenda-se a utilização de tecnologias habilitadoras em estudos futuros, tais quais scanner a laser ou aprendizado de máquina, para obter mais celeridade no processo de modelagem do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALHUSBAN, M. Understanding BIM information management processes through international BIM standards. **BIM Teaching and Learning Handbook: Implementation for Students and Educators**, p. 118, 2021.

CHENG, C-Y. *et al.* Transferring cognitive apprenticeship to manufacturing process knowledge management system: A case study of small-and medium-sized coating industry. **Vine**, v. 44, n. 3, p. 420-444, 2014.

DADASHI H., M.; BEHNAM, B. BIM-based safety leading indicators measurement tool for construction sites. **International Journal of Civil Engineering**, v. 21, n. 2, p. 265-282, 2023.

FABRÍCIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios São Paulo, 2002. 350 f.** 2002. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

JAHN, K.; BORRMANN, A. Semi-automated site equipment selection and configuration through formal knowledge representation and inference. **Advanced Engineering Informatics**, v. 38, p. 488-500, 2018.

JAYASENA, N. S.; MALLAWAARACHCHI, H.; DE SILVA, L. Environmental sustainability of facilities management: analytical hierarchy process (AHP) based model for evaluation. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 10, n. 2, p. 261-276, 2019.

JIDONG, D. El. *et al.* Psychological interventions for maternal depression among women of African and Caribbean origin: a systematic review. **BMC women's health**, v. 21, n. 1, p. 1-14, 2021.

LEE, P-C. *et al.* A cloud model-based knowledge mapping method for historic building maintenance based on building information modelling and ontology. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 23, p. 3285-3296, 2019.

LEE, S.; YU, J.; JEONG, D. BIM acceptance model in construction organizations. **Journal of management in engineering**, v. 31, n. 3, p. 04014048, 2015.

LU, Y. *et al.* BIM-integrated construction safety risk assessment at the design stage of building projects. **Automation in Construction**, v. 124, p. 103553, 2021.

MEDEIROS, M. C. I. **Gestão do conhecimento aplicada ao processo de projeto na construção civil: estudos de caso em construtoras**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. Case-based reasoning and BIM systems for asset management. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 233-247, 2015.

OLAWUMI, T. O.; CHAN, D.W. An empirical survey of the perceived benefits of executing BIM and sustainability practices in the built environment. **Construction Innovation**, v. 19, n. 3, p. 321-342, 2019.

OTI, A. H.; TAH, J. H. M.; ABANDA, F. H. Integration of lessons learned knowledge in building information modeling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 9, p. 04018081, 2018.

PMI – Project Management Institute. **Um Guia Do Conhecimento Em Gerenciamento De Projetos – Guia PMBok**. 6ª edição, 2017

QUIGLEY, E. J.; DEBONS, A. Interrogative theory of information and knowledge. *In: Proceedings of the 1999 ACM SIGCPR conference on Computer personnel research*. 1999. p. 4-10.

RODRIGUES, I. A.; VASCONCELOS, B. M. Análise crítica do papel do BIM na gestão da segurança do trabalho na indústria da construção. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 15, p. e024004, 2024.

SANTIAGO JUNIOR, J. R. S. **O desenvolvimento de uma metodologia para gestão do conhecimento em uma empresa de construção civil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SANTOS, R. *et al.* Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction. **Automation in Construction**, v. 103, p. 221-234, 2019.

SHEN, Y. *et al.* Safety risk management of prefabricated building construction based on ontology technology in the BIM environment. **Buildings**, v. 12, n. 6, p. 765, 2022.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TAVAKOLAN, M.; MOHAMMADI, S.; ZAHRAIE, B. Construction and resource short-term planning using a BIM-based ontological decision support system. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 48, n. 1, p. 75-88, 2021.

YANG, B. *et al.* Automatic detection of falling hazard from surveillance videos based on computer vision and building information modeling. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 18, n. 7, p. 1049-1063, 2022.

XIAHOU, X. *et al.* Automatic identification and quantification of safety risks embedded in design stage: a BIM-enhanced approach. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 28, n. 4, p. 278–291, 2022.

WANG, H.; MENG, X. Transformation from IT-based knowledge management into BIM-supported knowledge management: A literature review. **Expert Systems with Applications**, v. 121, p. 170-187, 2019.

ZHANG, S.; BOUKAMP, F.; TEIZER, J. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). **Automation in Construction**, v. 52, p. 29-41, 2015.