

A IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NOS PROCESSOS DA GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Margarida Ferreira ⁽¹⁾, Olga Pereira ⁽²⁾, Mário Coelho ⁽³⁾

(1) Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Felgueiras

(2) Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Felgueiras, 0000-0002-1428-4927

(3) CCG/ZGDV Institute, Guimarães, 0000-0002-6356-6963

Resumo

A Modelação da Informação da Construção (BIM) tem-se revelado uma metodologia que surgiu para revolucionar o setor da construção no seu todo, tendo a sua implementação ganhado destaque ao longo dos últimos anos. São inúmeras as vantagens que lhe estão associadas, mas existem também algumas barreiras, nomeadamente ao nível dos custos iniciais avultados e da formação necessária.

O presente trabalho foca-se no estudo da implementação do BIM nos processos centrais de gestão de projetos (GP) na construção, na ótica do gestor de projetos. Partindo do mapeamento dos principais processos de GP na construção, através da metodologia proposta pelo Project Management Institute e da identificação de como estes são afetados pela aplicação da metodologia BIM, pretende-se identificar formas de quantificar os custos e os benefícios associados.

Almeja-se que, no futuro, esta informação seja a base para o desenvolvimento de uma *framework* operacional, que proporcione apoio na transição e adoção do BIM, reduzindo custos de mudança e acelerando resultados mensuráveis para as organizações.

Neste trabalho é desenvolvida uma análise bibliométrica, recorrendo a bases de dados científicas indexadas. Espera-se como contributo uma análise e identificação dos processos de GP na construção mencionados na literatura e como o BIM veio impactar.

1. Introdução

A indústria da construção caracteriza-se por elevados níveis de complexidade, incerteza e mudança, enfrentando desafios persistentes principalmente ao nível dos custos, prazos e coordenação de todos os intervenientes. A GP foi adotada por este setor com vista à resolução dos problemas descritos, mas apresenta limitações, necessitando de mecanismos eficientes que prestem maior auxílio ao longo de todo o ciclo de vida do projeto [1], [2], [3], [4], [5], [6].

O BIM é descrito como um conceito multifacetado que dá suporte à gestão e tomada de decisão nos projetos, centrando e estruturando a informação dos mesmos, promovendo a coordenação

entre equipas e a partilha de informação em tempo real, resultando numa intervenção mais precoce, na redução de retrabalho e melhor articulação entre as fases [1], [4], [7], [8]. No entanto, enfrenta limitações que condicionam a concretização plena dos seus benefícios, sendo também um fator de influência o custo associado aos fatores estruturais e a incerteza relativa ao seu valor e eficácia na prática, tendo levado à falta de aderência, que impulsionou um interesse em estudos sobre esta questão [3], [4].

O principal objetivo desta investigação é identificar os processos de GP na construção e perceber como o BIM veio mudar esta área. Para alcançar este objetivo, prevê-se o cumprimento dos seguintes objetivos específicos: O1. Realização de uma revisão da literatura, de forma a analisar o estado da arte relativamente aos BIM e sua integração na GP na construção, lacunas; O2. Mapeamento dos principais processos da GP na construção identificados na extensão do Project Management Body of Knowledge (PMBOK) para a construção; O3. Identificação de tendências de investigação, temas dominantes e lacunas da produção científica selecionada, através do desenvolvimento de um estudo bibliométrico.

O presente artigo está estruturado em 5 secções, consistindo a primeira na introdução, seguida da análise de literatura na segunda, na terceira secção é apresentada a metodologia utilizada, na quarta apresentados e discutidos resultados da análise bibliométrica e na quinta detalhadas as principais conclusões da pesquisa.

Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para uma melhor compreensão do estado da arte e constituam uma base para a investigação futura.

2. Revisão da literatura

2.1 A Gestão de Projetos e a sua aplicação na construção

A GP é descrita por alguns autores na literatura como a atividade de gestão que integra o planeamento, organização e controlo de um projeto ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida, tendo em vista assegurar o cumprimento dos requisitos e objetivos do mesmo [2], [7], [9]. Face ao aumento progressivo da diversidade e complexidade dos projetos no setor da construção, bem como a frequência das alterações que caracterizam o seu desenvolvimento, a GP passou a ser amplamente adotada nesta indústria. Esta adoção surgiu como resposta à necessidade de obter metodologias capazes de lidar com contextos marcados pela incerteza, mudança e coordenação entre os vários intervenientes, exigindo flexibilidade e especialização ao nível da gestão [1], [2], [3].

Tradicionalmente, o desempenho de um projeto é medido tendo em conta o cumprimento dos objetivos de tempo, custo e qualidade, sendo o planeamento e controlo destes parâmetros considerados determinantes para o sucesso do mesmo [3], [6], [10], [11].

Alguns autores acreditam também que os desafios do setor são agravados pela falta de comunicação e passagem de informação entre os intervenientes, dificultando a colaboração entre eles [2].

2.2. Processos de Gestão de Projetos na construção

O planeamento tradicional na construção, baseado em métodos como o caminho crítico e gráfico de barras, apresenta limitações significativas ao nível da visualização e do suporte à gestão eficaz de projetos [13]. Esta limitação é agravada pela natureza fragmentada da indústria da construção, que dificulta a gestão da informação e a colaboração entre os diferentes intervenientes [1], [4],

[7], [14], [15]. Adicionalmente, a variabilidade dos ciclos de vida dos projetos, associada às exigências de financiamento, aquisição e mitigação de riscos, reforça a necessidade de mecanismos robustos de monitorização, controlo e gestão de alterações [3], [5], [6].

Grupos/Áreas de Processos	Processos identificados
Gestão da Integração do Projeto	- Realização do project charter - Desenvolvimento do plano de gestão do projeto: - Administração da construção (funções exercidas transversalmente pelas entidades envolvidas)
Gestão do Âmbito do Projeto	- Definição do âmbito - Criação da Work Breakdown Structure (WBS) - Monitorização e controlo do âmbito
Gestão do Cronograma do Projeto	- WBS - Plano de gestão do cronograma (atividades e sua duração, recursos alocados a cada atividade, cronograma, plano de gestão da curva de progresso) - Monitorização e controlo do cronograma
Gestão de Custos do Projeto	- Estimativa de custos - Orçamento de custos - Plano de gestão de custos - Monitorização e controlo de custos
Gestão da Qualidade do Projeto	- Definir requisitos - Plano de gestão da qualidade - Auditorias de qualidade - Controlo da qualidade
Gestão de Recursos do Projeto	- Plano da gestão de recursos (mão-de-obra, equipamentos, materiais) - Mobilização e contratação da equipa - Gestão de stocks
Gestão das Comunicações do Projeto	- Plano de gestão de comunicações - Avaliação da documentação do projeto - Relatórios diários - Gestão de conflitos - Gestão de reuniões - Relatórios de desempenho e progresso
Gestão de Riscos do Projeto	- Plano de gestão de riscos (planeamento, identificação, análise quantitativa e qualitativa, planeamento de resposta) - Controlo da gestão de riscos
Gestão de Aquisições do Projeto	- Planeamento da gestão das aquisições - Qualificação de fornecedores e solicitação de propostas - Avaliação e seleção de vendedores - Monitorização e controlo da gestão da aquisição - Lista de pendências - Encerramento administrativo
Gestão das Partes Interessadas do Projeto	- Identificar e monitorizar todas as partes interessadas - Gestão do envolvimento das partes interessadas - Monitorização e controlo do envolvimento das partes interessadas
Gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente do Projeto	- Plano de gestão de Gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (HSSE) - Divisão e sinalização das zonas - Plano de gestão de tráfego - Plano de resposta a emergências - Plano de gestão de autorizações de trabalho - Plano de gestão de resíduos - Plano de gestão de segurança e ambiente - Auditorias de segurança e ambiente - Investigação de acidentes
Gestão financeira do projeto	- Planeamento da gestão financeira (determina como o projeto será financiado) - Adquirir e gerir os recursos financeiros - Monitorização e controlo da gestão financeira

Figura 1 - Mapa Síntese dos Processos de GP na Construção com Base na Extensão da Construção do PMBOK. Fonte: Elaboração Própria, Adaptado da Extensão PMBOK

O Project Management Body of Knowledge (PMBOK) consiste num guia de boas práticas, fornecendo uma base geral para a GP [16]. A extensão de construção do PMBOK é um guia que estabelece princípios e práticas específicas aplicáveis e direcionadas para projetos de construção. Nesse sentido, os profissionais de GP que atuam no setor da construção são

encorajados a utilizar ambos os documentos de forma integrada no exercício das suas funções. Esta extensão introduz áreas de conhecimento adicionais e específicas como a Gestão de Saúde, Segurança, Proteção e Meio Ambiente (HSSE) e a Gestão Financeira do Projeto [17]. Apesar de o PMBOK apresentar versões mais recentes, as extensões deste não são atualizadas com a mesma frequência. Em particular, a extensão para a construção analisada é a mais recente específica do PMBOK.

Segundo o PMI, a GP divide-se nos seguintes domínios “gestão da integração, âmbito, cronograma, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições e *stakeholders*” [18]. A Figura 1 foi desenvolvida tendo por base a Extensão da Construção do PMBOK. Esta constitui uma síntese dos processos de GP aplicáveis ao contexto da construção, refletindo as especificidades introduzidas nesta extensão.

O BIM é mencionado apenas uma vez na extensão da construção do PMBOK, sendo enquadrado pelo PMI como um sistema de processos baseado em informações que contribui para a criação de valor a longo prazo, promovendo ainda a inovação e melhorando a forma como os projetos são planeados, executados e geridos [17].

2.3. O BIM e o seu impacto na Gestão de Projetos na construção

2.3.1. Enquadramento Conceptual

A GP baseada em BIM, surge da integração do BIM na GP [1], [18]. A literatura apresenta o BIM como um conceito multifacetado, entendido como tecnologia, processo e abordagem baseada em modelos digitais, que suporta a gestão cooperativa dos projetos e a tomada de decisão ao longo de todo o ciclo de vida da construção [3], [7], [9], [14].

Enquanto plataforma digital integrada, o BIM centraliza e estrutura a informação do projeto, promovendo a coordenação e colaboração entre equipas e a partilha de informação em tempo real, o que permite uma intervenção mais precoce, uma melhor articulação entre as fases de planeamento, construção, operação e manutenção, bem como melhorias na qualidade, eficiência e coordenação dos projetos, contribuindo para a redução dos custos, prazos, erros e retrabalho [3], [7], [8].

O BIM 3D é geralmente referido como a representação geométrica e visual dos elementos da construção. A dimensão 4D, é usualmente associada à componente temporal, ligando as atividades representadas em cronogramas com os modelos 3D, de forma a analisar progresso em tempo real e comparar com o estimado. O BIM 5D integra os dados relativos aos custos, como é o caso das quantidades, cronogramas e preço, permitindo a geração instantânea de orçamentos e representações financeiras do modelo no tempo [3], [19]. Na literatura são ainda mencionadas as dimensões 6D e 7D e, de forma menos frequente, também a 8D e 9D, não existindo no entanto consenso sobre cada uma, mas estando geralmente relacionadas com a sustentabilidade, gestão operacional e das instalações, segurança e energia.[3], [19], [20].

No contexto europeu, a adoção do BIM apresenta uma elevada heterogeneidade, sendo que países como a Finlândia, Dinamarca, Países Baixos e Reino Unido são considerados como os primeiros países europeus que implementaram a utilização desta ferramenta. Em comparação, Alemanha, Itália e Portugal integram o grupo de países que adotaram o BIM de forma tardia. Por fim, países como a Grécia e Malta estão na categoria dos adotantes muito tardios [8], [14], [21], [22]. Segundo [22], 35% dos países europeus já implementaram ou pretendem implementar o BIM, destacando a sua importância para o setor [22].

2.3.2. Vantagens e Desafios

Com a evolução e desenvolvimento da indústria da construção, novos desafios vão surgindo na GP ao nível da qualidade, eficiência e sustentabilidade. O BIM demonstra um grande potencial para transformar a GP tradicional, através da introdução de soluções digitais que melhoram a colaboração ao longo do ciclo de vida do projeto [3].

A literatura aponta para um consenso entre os profissionais da construção, quanto à necessidade de tornar o BIM um requisito obrigatório, devido ao seu impacto positivo na colaboração e na redução de conflitos [3].

Soluções baseadas exclusivamente em modelos BIM, sem integração com sistemas de acompanhamento em tempo real ou ferramentas de gestão dinâmica, apresentam limitações na representação da variabilidade inerente aos processos construtivos, o que compromete a sua capacidade de refletir com precisão as condições reais de execução em obra [13].

Por outro lado, a implementação do BIM enfrenta limitações de natureza tecnológica, organizacional e cultural, que condicionam a plena concretização dos seus benefícios na GP de construção. A superação destes constrangimentos exige abordagens integradas que promovam a capacitação, inovação e alinhamento institucional, sendo igualmente determinante a cooperação entre os diferentes intervenientes do setor para potenciar a adoção e contributo do BIM para práticas mais eficientes e sustentáveis [3].

Apesar do seu reconhecido potencial, a adoção do BIM na indústria da construção teve uma adesão inferior ao esperado, devido à incerteza quanto ao seu valor e eficácia na prática, o que impulsionou um interesse em estudos sobre esta questão [4].

Em Portugal, destacam-se barreiras críticas à implementação do BIM, de natureza predominantemente cultural e setorial, organizacional e processual. As barreiras tecnológicas não foram consideradas críticas e os custos, embora relevantes, revelaram-se fortemente influenciados por outros fatores estruturais. A superação destas barreiras exige uma abordagem apoiada por políticas públicas que promovam o investimento no setor, nomeadamente ao nível da inovação, capacitação profissional e cooperação entre os intervenientes [8], [21].

3. Metodologia de Investigação

No presente artigo, foi realizado um estudo bibliométrico da literatura, que através de indicadores bibliométricos permite avaliar a evolução e estrutura da produção científica no presente domínio em estudo.

Até ao momento, o estudo recorre exclusivamente à utilização de dados secundários, provenientes de literatura científica previamente publicada, não contemplando a recolha de dados primários. Foi utilizada exclusivamente a base de dados da Web of Science, tendo esta sido selecionada devido ao seu rigor na indexação e qualidade científica das publicações. Inicialmente foi realizada uma pesquisa exploratória, que permitiu um contacto inicial com a temática e as diferentes abordagens da mesma, possibilitando a definição de um conjunto de pontos estruturantes para a investigação. Foram identificadas a partir dessa pesquisa, as seguintes palavras-chave: "*project management*"; "*construction*"; "*BIM*". A partir das palavras-chave identificadas foram apontadas áreas relevantes associadas ao tema e definidas as *queries* apresentadas na Figura 2.

Área	Query
1 - Gestão de Projetos na Construção	(TS=("Construction Project Management" OR "Management of construction projects" OR "Construction Project Coordination") AND TS=("evolution" OR "transformation"))
2 - Processos de Gestão na Construção	(TS= ("Construction Project Management" OR "Management of construction projects" OR "Construction Project Coordination") AND TS=("management processes" OR "management activities" OR "management practices"))
3 - O BIM e a Gestão de Projetos	(TS=("project management") AND TS=("Building Information Modeling" OR "Building Information Modelling" OR "BIM") AND TS=("construction project" OR "construction projects" OR "construction process") AND TS=("implementation" OR "adoption" OR "transition" OR "evolution" OR "maturity"))
4 - BIM em Portugal	(TS=("Building Information Modeling" OR "Building Information Modelling" OR "BIM") AND TS=("Portugal" OR "Portuguese")) AND TS=("Project Management" OR "management of projects" OR "Project Coordination" OR "management")
5 - Transição das metodologias tradicionais para o BIM	(TS= ("Project Management" OR "construction management" OR "project processes" OR "management processes") AND TS=("Building Information Modeling" OR "Building Information Modelling" OR "BIM") AND TS= ("Traditional method*" OR "conventional method*"))

Figura 2 - Queries utilizadas para a pesquisa. Fonte: Elaboração Própria

Aos resultados obtidos foram aplicados os seguintes critérios:

C1 → Tipo de documento: article e review article;

C2 → Intervalo temporal: 2010 a 2025;

C3 → Categorias científicas relacionadas com a GP e a indústria de construção;

C4 → Avaliação de relevância do abstract pontuado numa escala de Likert de 5 pontos, ser igual ou superior a 3.

Após a aplicação de todos os critérios mencionados obteve-se uma amostra final de 120 artigos, que foram utilizados na realização do estudo bibliométrico. O estudo bibliométrico foi realizado com recurso ao pacote Bibliometrix do software R, com a interface gráfica Biblioshiny.

4. Resultados e Discussão

A análise das informações principais permite caracterizar de forma global o conjunto de documentos. Tendo em conta os critérios aplicados e anteriormente mencionados, foram obtidos um total de 120 documentos, publicados em 55 fontes distintas, o que revela uma dispersão considerável da produção científica por diferentes revistas, indicando que o tema é abordado em múltiplos domínios científicos.

No que respeita à autoria, observa-se que foram identificados 424 autores, sendo o valor médio de coautores por documento de 3,67 e a percentagem de coautoria internacional de 30,83%, o que evidencia um grau significativo de colaboração entre investigadores de diferentes países, indicando que o tema possui relevância global.

Apesar de o critério aplicado considerar publicações desde 2010, este conjunto de artigos apresenta um período temporal compreendido entre 2013 e 2025, com uma idade média dos documentos de 2,76 anos e taxa decréscimo anual de 23,29%, verificando-se um aumento significativo do volume de publicações após 2022. Estes dados sugerem que este é um tema que ganhou relevância nos últimos anos e está em expansão.

Ao nível mundial dos países que mais têm contribuído para a produção científica, destaca-se em particular a presença da China, que assume um papel central no desenvolvimento da pesquisa, seguida sequencialmente pelo Vietnam, Reino Unido, Estados Unidos da América, Austrália e Portugal, sendo que os países que revelam uma maior rede de cooperação científica internacional são a China e Reino Unido e China e Estados Unidos.

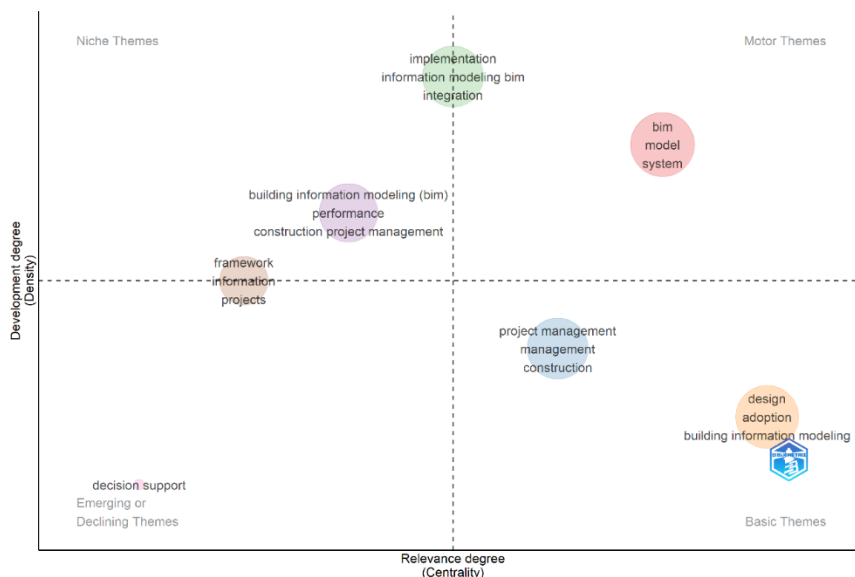


Figura 3 - Mapa Temático. Fonte: Bibliometrix

A análise do mapa (Figura 3) permite identificar que o termo "decision support" se posiciona entre os temas emergentes ou em declínio, indicando uma área ainda pouco consolidada ou com perda de relevância. O grupo "framework; informations; projects" encontra-se numa zona de transição entre os temas emergentes ou em declínio e os temas de nicho, sugerindo um domínio de centralidade reduzida, com nível de desenvolvimento intermédio. O cluster "BIM; performance; construction project management" surge classificado como tema de nicho, refletindo uma linha de investigação especializada, com um elevado potencial de desenvolvimento. Como temas básicos identificam-se "project management; management; construction" e "design; adoption; building information modeling", constituindo estes domínios pilares da investigação com necessidade de desenvolvimento. O único tema claramente considerado motor é "BIM; model; system", com elevado grau de centralidade e desenvolvimento, desempenhando um papel estruturante na literatura.

A Figura 4 reflete a rede de coocorrência, estando esta organizada em quatro grupos de clusters, que representam as principais áreas de investigação e as suas inter-relações.

O termo BIM destaca-se como conceito central e estruturante da literatura analisada, funcionando como principal eixo de articulação entre diferentes áreas da investigação, ligando-se de forma consistente a conceitos "construction", "project management" e "implementation". Esta ligação reforça a abordagem dominante do BIM enquanto ferramenta de suporte à GP na construção. O cluster central, representado a vermelho, assume um papel estruturante na rede, estando fortemente associado ao BIM enquanto conceito nuclear. O cluster azul encontra-se relacionado com a adoção do BIM no contexto construtivo e com a sua aplicação na gestão da construção, mantendo uma forte ligação e proximidade do cluster central. O cluster verde está orientado a parte da implementação e integração do BIM na GP e indústria da construção. Por fim, o cluster roxo relaciona o BIM com a GP, com foco nos aspetos associados a desafios e planeamento.

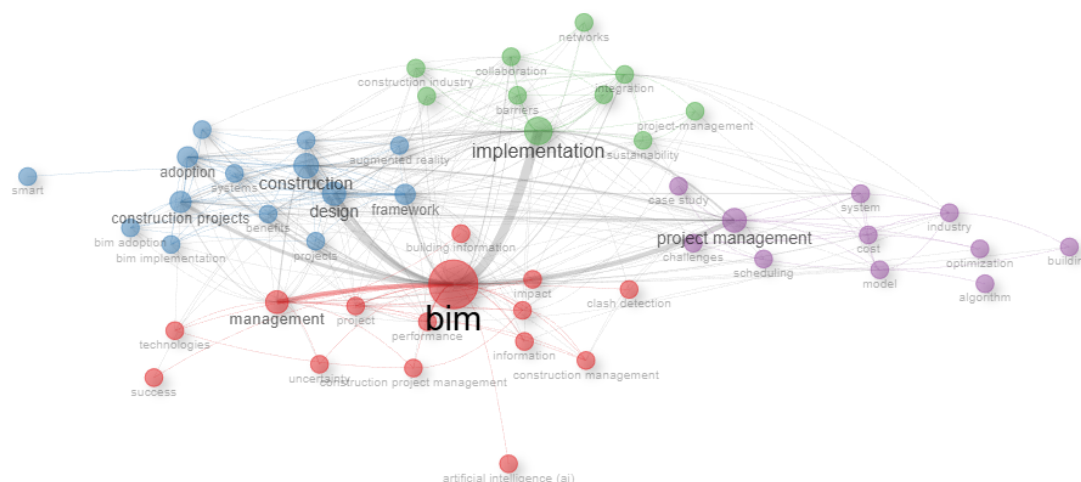


Figura 4 - Rede de Coocorrência. Fonte: Bibliometrix

A elevada densidade entre os nós, aliada à ausência de clusters periféricos claramente desconectados revela um campo de investigação fortemente interligado, no qual os conceitos raramente aparecem de forma isolada, observando-se ainda que a literatura analisada privilegia análises integradas a segmentadas.

5. Conclusões

A revisão de literatura permitiu identificar o BIM como uma metodologia com elevado potencial para apoiar a GP ao longo do ciclo de vida da construção, promovendo maior eficiência na coordenação, desempenho e tomada de decisão, melhorando a qualidade e reduzindo custos, prazos, erros e retrabalho. Contudo, foram também identificadas barreiras e desafios à sua adoção. No contexto português, verifica-se que, apesar de Portugal se enquadrar entre os países europeus que adotou o BIM de forma tardia, é ao nível mundial, o sexto país que mais contribuiu para a publicação científica da temática analisada.

Através da análise da extensão da construção do PMBOK, foi possível detetar que o BIM é mencionado apenas uma vez, não sendo muito abordado.

A análise bibliométrica confirmou o papel central do BIM na literatura, fortemente associado à GP, revelando um campo de investigação coeso e interligado, no qual predominam análises integradas. Foi também possível confirmar que a integração do BIM na GP constitui um domínio de investigação recente e em expansão, existindo ainda uma dispersão considerável da produção científica por diferentes revistas e sem liderança autoral fortemente consolidada.

A literatura analisada não apresenta uma definição clara dos processos específicos da GP na construção, abordando este domínio por norma de forma mais geral, através de grupos ou áreas de processos. Apesar da proximidade conceptual entre o BIM e a GP, os resultados da análise bibliométrica indicam que esta relação é frequentemente abordada de forma genérica, observando-se que "processos" é um termo que não tem destaque ao longo da mesma. Esta limitação e lacuna evidencia oportunidades relevantes para aprofundar o conhecimento científico neste domínio.

Em síntese, os objetivos definidos foram alcançados, tendo sido identificados os principais processos através da análise da extensão do PMBOK e que a literatura aborda e analisada a forma como o BIM é abordado pela literatura no contexto da GP.

Como principais limitações destaca-se o recurso exclusivo a uma única base de dados científica, reconhecendo que a inclusão de outras bases poderá enriquecer análises futuras, a falta de especificidade e detalhe da literatura analisada face aos processos identificados. Sendo de 2016, identificou-se que a extensão da construção do PMBOK se encontra já desatualizada e um pouco confusa.

Neste contexto, a análise bibliométrica é uma fase inicial do processo de pesquisa que funciona como alicerce para direcionar e guiar as próximas etapas desta investigação, ambicionando que esta informação seja futuramente a base para o desenvolvimento de uma *framework* operacional, que apoie a transição e adoção do BIM.

Referências

- [1] X. Ma, F. Xiong, T. O. Olawumi, D. Na, and A. P. C. Chan, “A conceptual framework and roadmap approach for integrating BIM into life-cycle project management,” *Journal of Management in Engineering*, 2018.
- [2] A. Marinho, J. Couto, and J. Teixeira, “Relational contracting and its combination with the bim methodology in mitigating asymmetric information problems in construction projects,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 27, no. 4, pp. 217–229, Apr. 2021, doi: 10.3846/jcem.2021.14742.
- [3] T. Van Tran, H. Van Vu Tran, and T. A. Nguyen, “A Review of Challenges and Opportunities in BIM Adoption for Construction Project Management,” Aug. 31, 2024, Chulalongkorn University, Faculty of Fine and Applied Arts. doi: 10.4186/ej.2024.28.8.79.
- [4] Q. He, G. Wang, L. Luo, Q. Shi, J. Xie, and X. Meng, “Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis,” *International Journal of Project Management*, vol. 35, no. 4, pp. 670–685, May 2017, doi: 10.1016/j.ijproman.2016.08.001.
- [5] K. M. Alfawaz and F. M. Aljedani, “Construction of Project Management Using Information System,” *Communications in Mathematics and Applications*, vol. 13, no. 2, pp. 823–833, Aug. 2022, doi: 10.26713/cma.v13i2.2036.
- [6] H. Sun, T. J. Khoo, M. Esa, A. Mahdiyar, and J. Li, “Critical Factors Driving Construction Project Performance in Integrated 5D Building Information Modeling,” Sep. 01, 2024, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: 10.3390/buildings14092807.
- [7] Y. Jiao and P. Cao, “Research on Optimization of Project Design Management Process Based on BIM,” *Buildings*, vol. 13, no. 9, Sep. 2023, doi: 10.3390/buildings13092139.
- [8] M. P. Lourenço, A. Arantes, and A. A. Costa, “Barriers to Building Information Modeling (BIM) Implementation in Late-Adopting EU Countries: The Case of Portugal,” *Buildings*, vol. 15, no. 10, May 2025, doi: 10.3390/buildings15101651.
- [9] J. Larsson and L. Larsson, “Integration, application and importance of collaboration in sustainable project management,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 2, Jan. 2020, doi: 10.3390/su12020585.
- [10] H. Aladag, I. Güven, and O. Balli, “Contribution of artificial intelligence (AI) to construction project management processes: State of the art with scoping review method,”

- Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, vol. 42, no. 5, pp. 1654–1669, Oct. 2024, doi: 10.14744/sigma.2024.00125.
- [11] D. Kutá and M. Faltejsek, “The Role of Artificial Intelligence in the Transformation of the BIM Environment: Current State and Future Trends,” Sep. 01, 2025, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: 10.3390/app15189956.
- [12] J. Kivilä, M. Martinsuo, and L. Vuorinen, “Sustainable project management through project control in infrastructure projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 35, no. 6, pp. 1167–1183, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.ijproman.2017.02.009.
- [13] M. Tavakolan and S. Nikoukar, “A BIM and simulation-based finance scheduling method for the steel structure construction project,” *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 29, no. 5, May 2025, doi: 10.1016/j.kscej.2024.100124.
- [14] A. Rezahoseini, E. Ahmadi, P. Saremi, and M. BagherPour, “Implementation of Building Information Modeling (BIM) Using Hybrid Z-DEMATEL-ISM Approach,” *Advances in Civil Engineering*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/6686761.
- [15] T. O. Olawumi and D. W. M. Chan, “Building information modelling and project information management framework for construction projects,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 25, no. 1, pp. 53–75, 2018, doi: 10.3846/jcem.2019.7841.
- [16] A. Simonaitis, M. Daukšys, and J. Mockienė, “A Comparison of the Project Management Methodologies PRINCE2 and PMBOK in Managing Repetitive Construction Projects,” *Buildings*, vol. 13, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.3390/buildings13071796.
- [17] PMI, “Construction extension to the PMBOK guide,” in *PMBOK guide*, Project Management Institute, Inc., 2016.
- [18] PMI, “A Guide to the Project management body of knowledge,” in *PMBOK guide*, Sixth Edition., Project Management Institute, 2017.
- [19] P. Smith, “BIM & the 5D Project Cost Manager,” *Procedia Soc. Behav. Sci.*, vol. 119, pp. 475–484, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053.
- [20] Z. Wang and J. Liu, “A Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency,” *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8842475.
- [21] R. Charef, S. Emmitt, H. Alaka, and F. Fouchal, “Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview,” *Journal of Building Engineering*, vol. 25, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.100777.
- [22] E. Mitera-Kielbasa and K. Zima, “BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 11, Jun. 2024, doi: 10.3390/app14114363.