



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: USO DO 4D BIM NO PLANEJAMENTO DE CANTEIROS DE OBRA E NA OTIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA¹

NOBERTO, Camila (1); ALMEIDA, Laury (2); OLIVEIRA, Luis (3); BARROS NETO, José (4)

(1) Universidade Federal do Ceará, camilacn@alu.ufc.br

(2) Universidade Federal do Ceará, laury@alu.ufc.br

(3) Universidade Federal do Ceará, lmarcelo05@alu.ufc.br

(4) Universidade Federal do Ceará, jpbarros@ufc.br

RESUMO

O planejamento de canteiro de obras é uma etapa do processo de construção, que organiza e oferece condições de segurança e saúde aos trabalhadores, além de fornecer condições estruturais para reduzir perdas produtivas. O 4D Building Information Modeling (BIM) pode servir de auxílio no planejamento, programação e controle da produção, favorecendo a melhoria na gestão de segurança, no espaço de trabalho e resíduos. O estudo constitui uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) utilizando as bases de dados Scielo, Science Direct e Web of Science, com o objetivo de identificar as principais pesquisas que abordam o uso do BIM no planejamento do canteiro de obras e na otimização da segurança. *Foram selecionados 33 artigos, que foram analisados por ano de publicação, revista e relevância. Por ser um processo recente na construção civil, o BIM ainda não é amplamente usado com todo seu potencial de contribuição para o planejamento de canteiros de obras, mas que tem satisfeito as necessidades da área da construção, tanto pela redução de custos e tempo, quanto pela redução de riscos para os trabalhadores do local da construção.*

Palavras-chave: Revisão Sistemática da Literatura. BIM 4D. Canteiro de obra.

ABSTRACT

Construction site planning is an integral stage in the construction process, which organizes and offers safety and health conditions to workers, in addition to providing structural conditions to reduce productive losses. The 4D Building Information Modeling (BIM) can serve as an aid in the planning, scheduling and control of production, favoring the improvement of safety management, work space and waste. The study constitutes a Systematic Literature Review (RSL) using the Scielo, Science Direct and Web of Science databases, with aims identify main researches that address the use of BIM in construction site planning and safety optimization. 33 articles were selected, which were analyzed by year of publication, journal and relevance. As a recent process in construction, BIM is not yet widely used with all its potential to contribute to

¹ NOBERTO, Camila; ALMEIDA, Laury; OLIVEIRA, Luis; BARROS NETO, José. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: USO DO 4D BIM NO PLANEJAMENTO DE CANTEIRO DE OBRA E NA OTIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

the planning of construction sites, but has met the needs of the construction area, both by reducing costs and time, and by reducing risks for construction site workers.

Keywords: *Systematic Review of Literature. BIM 4D. Construction site.*

1 INTRODUÇÃO

O planejamento dos canteiros de obras é necessário para que se garanta um bom layout de forma a proporcionar um ambiente seguro. A ausência de planejamento é tratada como um problema de otimização que gera fatores de risco aos trabalhadores (NING; QI; WU, 2018).

Volkov et al. (2016) enfatizam que o processo da construção civil possui várias funções, dentre as quais, estão a de proporcionar segurança no canteiro de obras, segurança para o meio ambiente e à população. Ressaltam ainda que o gerenciamento do canteiro de obras visa garantir a segurança e proteção do local da construção; e deve implementar os requisitos da administração local, agindo dentro da jurisdição.

Em locais altamente congestionados, o espaço se torna um recurso muito escasso que precisa ser cuidadosamente planejado para ser usado com eficiência e segurança, por isso o planejamento do layout do canteiro de obras envolve a identificação, dimensionamento e localização das instalações (ABOTALEB; NASSAR, HOSNY, 2016). Magalhães, Danilevich e Saurin (2017) relacionam a geração de resíduos de materiais de construção ao planejamento inadequado do layout do canteiro. Além disso, um mau planejamento pode dificultar o fluxo de materiais na obra, gerando atrasos e acidentes (KLAUSNITZER; LASCH, 2019).

Assim, o planejamento de canteiro de obras é tido como o serviço integrante do processo de construção, responsável pela definição do tamanho, forma e localização das áreas de trabalho, fixas e temporárias, e das vias de circulação, e pode ser definido como o projeto do arranjo, e logística, dessas instalações, oferecendo condições de segurança e saúde aos trabalhadores e, logicamente, fornece condições estruturais para que todos os processos possam ser desenvolvidos sem perdas produtivas (Frankenfeld, 1990 apud Ferreira, 1998).

A falta de segurança no canteiro constitui um problema grave, pois coloca a vida dos operários em risco. Os projetos de segurança dependem também do desempenho das equipes de projeto e seu nível de comunicação. A plataforma BIM faz parte de uma cadeia evolutiva dos sistemas CAD, por ser possível gerenciar informação em todo o ciclo de existência de uma construção, por meio de um banco de dados do próprio projeto, associado à modelagem em três dimensões, proposta pelo BIM.

Dessa forma, o trabalho teve o objetivo de realizar uma revisão de literatura dos trabalhos publicados sobre a otimização de canteiros com o auxílio do BIM, além da otimização da segurança no canteiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Planejamento e canteiro de obras

Para Fernandes (2013), o conceito de planejamento se dá da seguinte forma:

“[...] Elaborado com base em previsões, tem por finalidades básicas possibilitar a tomada de decisões e estabelecer

referenciais para as fases de programação e controle. Deverá ser seguro e realístico, de modo a motivar e desenvolver a confiança[...]. [...] Deverá, também, procurar atender aos anseios do cliente, sem assumir compromissos que depois não poderão ser cumpridos."

Ferreira (1998), propõe uma metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras, baseada no desenvolvimento simultâneo do projeto do produto e da produção. Já que, por vezes, as construtoras acabam enfrentando dificuldades em remediar problemas, não identificados previamente, por não realizarem um planejamento adequado do canteiro de obra (FERREIRA et al., 2012, apud FILHO e MENDES, 2016).

Para que as normas sejam atendidas e também para tornar o mercado mais competitivo, aumentando a produtividade e melhorando a qualidade das construções, torna-se necessário a elaboração do projeto do canteiro de obras. Esse projeto possibilitaria a otimização das condições de trabalho e segurança nas obras, contribuindo para o funcionamento mais eficiente do sistema de produção. Apesar das vantagens, com relação aos custos e operações, serem mais evidentes em processos construtivos de grande porte e complexidade (RAD, 1983), percebe-se a necessidade de realizar um planejamento cuidadoso, independente do tamanho da construção, de modo a empregar adequadamente os recursos humanos e materiais (SKOYLES, 1987; TOMMELEIN, 1992; MATHEUS, 1993; SOILBELMAN, 1993; SANTOS, 1995).

2.2 Segurança no canteiro de obras

Segundo Sulankiv et al. (2009), na Finlândia, um em cada quatro acidentes fatais ocorrem no canteiro de obras. Para os autores, o planejamento detalhado do layout do canteiro de obras constitui um exemplo prático de planejamento colaborativo adequado, onde as questões de segurança do local são estudadas, minimizando as chances de acidentes.

Alarcon et al. (2011) apud Wehbe et al., (2015) identificam práticas de segurança capazes de reduzir as taxas de acidentes, por meio de relatórios de acidentes e incidentes, comprometimento de gestão, e incentivos de segurança. Os autores ainda relatam que o sucesso dos projetos de segurança está associado não apenas às práticas otimizadas de gerenciamento de projetos, mas também, ao desempenho das equipes de projeto e seu nível de comunicação.

2.3 Building Information Modeling (BIM)

De acordo com Coelho e Novaes (2008), a plataforma BIM permite gerenciar informação em todas as etapas de uma construção, utilizando um banco de dados do próprio projeto, associado à modelagem em três dimensões. Esses sistemas também adotam modelos que utilizam os parâmetros dos elementos construtivos de uma edificação e possibilitam alterações dinâmicas no modelo gráfico, que são transmitidas para todas as pranchas do desenho, bem como nas tabelas de orçamento e especificações.

Softwares como o Tekla fornecem um modelo estrutural real do projeto, que pode ser utilizado para o planejamento de medidas de segurança (SULANKIV et al. 2009).

Segundo Jupp (2017), o 4D Building Information Modeling (BIM) pode servir de auxílio no planejamento, programação e controle da produção, favorecendo a melhoria

na gestão de segurança, no espaço de trabalho e resíduos. A crescente utilização dessa ferramenta 4D BIM na área da construção contribui para o uso em sistemas de gerenciamento digital, favorecendo melhores práticas e fluxos de trabalho, reorganização de funções, deixando de ser apenas uma ferramenta para realizar análises e monitoramentos locais. Suas aplicações envolvem desde o planejamento da construção, quanto o planejamento do local, incluindo planejamento do método de construção, do espaço de trabalho, da segurança, gerenciando recursos e identificação de riscos.

Os softwares que operam na plataforma BIM podem ser utilizados no gerenciamento do risco, com o objetivo de controlá-lo, melhorando a segurança. O que é possível devido à fase de planejamento, 4D do projeto. A utilização da dimensão 4 inicia quando a ordem e a duração dos serviços, previstos na obra, são definidos. Com um maior controle da obra, é possível reduzir custos, tempo, riscos à segurança, erros durante a fase de construção, aumentando, assim, a produtividade. A ferramenta ainda possibilita a visualização gráfica dos erros presentes e gera simulações, possibilitando avaliar os impactos negativos (COSTIN et al., 2018).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesse artigo é uma revisão sistemática da literatura com o foco em artigos pesquisados nas bases Scielo, Science Direct e Web of Science. Buscou-se artigos publicados em inglês a partir da pergunta-chave: "Como tem se dado a implementação do uso de BIM no planejamento do canteiro de obras e no gerenciamento de segurança do canteiro?".

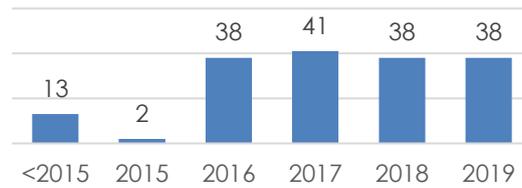
Na pesquisa inicial, foram descartados trabalhos que não estejam em formato de artigo, tais como dissertações, teses e capítulos de livros. Foram usados os termos "BIM 4D", "construction site", "construction planning" e "safety" como palavras-chave norteadoras de pesquisa, utilizadas em conjunto com os operadores booleanos na pesquisa dos artigos nas bases de dados selecionadas.

Para o gerenciamento dos artigos selecionados, utilizou-se a ferramenta "Start", que auxiliou nas análises iniciais. Excluiu-se aqueles que não correspondiam ao tema, através de critérios pré-estabelecidos. Os artigos aprovados foram organizados em função de sua relevância para análise posterior. Foram considerados apenas artigos publicados a partir do ano de 2016 e publicados em revistas científicas. A organização dos artigos se deu com base no ano de publicação, relevância do tema abordado e nos Jornais de publicação. Posteriormente, foi feita uma análise geral dos principais conceitos, relacionados à implementação do BIM no gerenciamento de canteiro de obras, tratados nos artigos selecionados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa inicial resultou em um total de 160 artigos, destes, 26 foram duplicados, logo, foram analisados 134 artigos. Os artigos foram avaliados de acordo com a relevância tema abordado, definida a partir da leitura do título, palavras-chave e resumo dos artigos, sendo ao final aceitos ou não. Após a avaliação, foram selecionados 29 artigos para serem lidos integralmente. Os 105 restantes não atenderam aos critérios, sendo descartados. Na figura 1 é apresentada a distribuição dos artigos por ano de publicação.

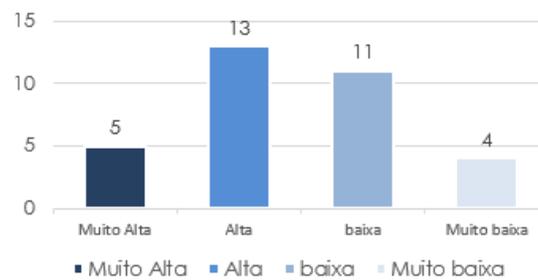
Figura 1 - Distribuição dos artigos por ano de publicação



Fonte: Os autores (2019)

Além dos artigos aceitos, outros 4 artigos foram selecionados e acrescentados à revisão, totalizando 33, que foram classificados, de acordo com a relevância, em: muito baixa, baixa, alta e muito alta (FIGURA 2).

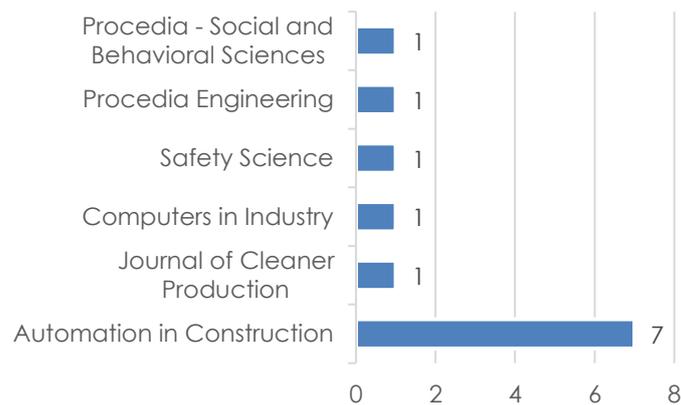
Figura 2 - Relevância dos artigos analisados



Fonte: Os autores (2019)

A revisão descrita foi realizada no mês de Maio de 2019. Aplicando os demais critérios de seleção dos artigos, foram obtidos 12 artigos, publicados entre os anos de 2016 e 2019. A distribuição dos artigos por revista é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição dos artigos pesquisados por revista



Fonte: Os autores (2019)

No Quadro 1 são apresentados os artigos analisados após aplicação dos critérios de seleção definidos, ordenados de forma decrescente por ano de publicação:

Quadro 1: artigos selecionados

Título	Autores	Ano de publicação	Revista
BIM-based approach for the cost-optimization of seismic	U. Vitiello and V. Ciotta and A. Salzano and D. Asprone	2019	Automation in Construction

retrofit strategies on existing buildings	and G. Manfredi and E. Cosenza		
Embedded smart sensor device in construction site machinery	Andrea Rossi and Yanet Vila and Federico Lusiani and Ludovico Barsotti and Luca Sani and Pierfrancesco Ceccarelli and Michele Lanzetta	2019	Computers in Industry
Personalized safety instruction system for construction site based on internet technology	Ning Tang and Hao Hu and Feng Xu and Fengfeng Zhu	2019	Safety Science
Real-time resource tracking for analyzing value-adding time in construction	Jianyu Zhao and Olli Seppänen and Antti Peltokorpi and Behnam Badihi and Hylton Olivieri	2019	Automation in Construction
A framework of indicators for assessing construction automation and robotics in the sustainability context	Mi Pan and Thomas Linner and Wei Pan and Huimin Cheng and Thomas Bock	2018	Journal of Cleaner Production
A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety	Xiao Li and Wen Yi and Hung-Lin Chi and Xiangyu Wang and Albert P.C. Chan	2018	Automation in Construction
FPSWizard: A web-based CBR-RBR system for supporting the design of active fall protection systems	Yang Miang Goh and Brian H.W. Guo	2018	Automation in Construction
Potential of big visual data and building information modeling for construction performance analytics: An exploratory study	Kevin K. Han and Mani Golparvar-Fard	2017	Automation in Construction
BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief	Min-Yuan Cheng and Kuan-Chang Chiu and Yo-Ming Hsieh and I-Tung Yang and Jui-Sheng Chou and Yu-Wei Wu	2017	Automation in Construction
Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards	Bhargav Dave and Sylvain Kubler and Kary Frømling and Lauri Koskela	2016	Automation in Construction
Examination of Job-site Layout Approaches and their Impact on Construction Job-site Productivity	Edgar P. Small and Marwa Baqer	2016	Procedia Engineering
Integration of Automated Safety Rule Checking (ASRC) System for Safety Planning BIM-Based Projects in Malaysia	Roshana Takim and Muhammad Hanafi Zulkifli and Abdul Hadi Nawawi	2016	Procedia - Social and Behavioral Sciences

Fonte: Os autores (2019)

A partir dos dados obtidos, percebe-se que a revista *Automation in Construction* concentra a maior parte dos artigos relevantes sobre o assunto, revelando uma tendência de pesquisa na área, que busca a informatização e inserção de tecnologia na construção civil. A análise conjunta, desses artigos, evidenciou a importância do planejamento do canteiro de obras, que possibilita maior eficiência econômica, aproveitamento do espaço, além de aumentar a produtividade e a segurança dos trabalhadores.

Estudos voltados para essa temática permitiram enfatizar a relevância das práticas de segurança no canteiro de obras. A garantia da segurança é um meio, estatisticamente, mais eficaz para reduzir acidentes nestes locais, melhorar o desenvolvimento de um Sistema Ativo de Proteção contra Quedas (AFPS), e para implementar o desenvolvimento do *Personal System Instruction Management* (PSIM), que fornece instruções de segurança personalizadas para cada trabalhador.

Neste sentido, a plataforma BIM é essencial para o desenvolvimento e alimentação dos diversos sistemas desenvolvidos. Além disso, permite a garantia da segurança nos canteiros de obras, fornecendo uma análise, em tempo real, da estrutura da edificação e seus mais variados sistemas, promovendo a comunicação entre eles. Isso pode ser observado, por exemplo, no software Tekla (SULANKIV et al. 2009), que utiliza modelos estruturais reais do projeto para planejamento da segurança. Outro exemplo prático, da utilização dos conceitos BIM 4D na segurança do canteiro, foi aplicada por Takim et al. (2016), que desenvolveram um sistema de verificação automatizada das regras de segurança baseado em modelos 3D do BIM.

Portanto, percebe-se que o processo BIM auxilia no planejamento e tomada de decisão, estando, direta ou indiretamente, relacionado a ações de garantia de segurança nos canteiros de obras.

5. Conclusão

É notável que o planejamento do canteiro de obras é essencial para um melhor aproveitamento do espaço, gerando economia, aumentando a eficiência e a segurança. A utilização do BIM tem contribuído para essa otimização de recursos, reduzindo custos e tempo e diminuindo os riscos para os trabalhadores do local da construção. O BIM permite analisar futuros imprevistos que poderiam ocorrer no local da construção, estimar o tempo da obra e, no caso do 4D BIM, com a inserção da dimensão “cronograma”, simular os impactos e riscos ambientais.

Percebe-se, a partir da análise realizada, uma tendência de automatização dos processos, relacionados à garantia de segurança dos canteiros de obras, com a implementação de softwares da plataforma BIM. O que foi evidenciado pelo número de periódicos publicados em revistas, de alto impacto, nos últimos anos. A principal contribuição desta revisão é fornecer uma base para pesquisa sobre o tema descrito, tanto para a comunidade acadêmica, quanto para os envolvidos em uma construção, seja cliente ou responsável pela obra.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro aos autores durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABOTALEB, Ibrahim; NASSAR, Khaled; HOSNY, Ossama. Layout optimization of construction site facilities with dynamic freeform geometric representations. **Automation In Construction**, v. 66, p.15-28, jun. 2016.

CHENG, M. Y. et al. BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief. In: **Automation in Construction**, v. 84, p.14-30, 2017. Elsevier BV.

COELHO, S.S.; NOVAES, C.C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: VIII **Workshop Brasileiro de Gestão de Projetos na Construção de Edifícios**, São Paulo, USP, 2008.

- COSTIN, Aaron et al. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 94, p.257-281, out. 2018. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>
- FERNANDES, Paulo S.T. Montagens industriais: planejamento, execução e controle. 4.e.d. São Paulo: Artliber Editora. 2013.
- FERREIRA, E. A. M.; MATOS, F. D.; GARCIA, M. S. Avaliação do Processo de Modelagem da Edificação e do Canteiro de Obras no Desenvolvimento de Projetos 4D. In: XIV **ENTAC - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2012, Juiz de Fora. p. 3558 - 3563.
- FERREIRA, Emerson de Andrade Marques; Metodologia para Elaboração do Projeto do Canteiro de Obras de Edifícios. - 1998. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil)**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- FILHO, C. P., MENDES, L. A. Planejamento do Canteiro de Obras. Faculdade Estácio de João Pessoa, **Anais da II Jornada Acadêmica Estácio**, João Pessoa, 2016.
- FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura. In: **SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: TIC 2007, 2007. CD-ROM.
- FRANKENFELD, N. Produtividade. Rio de Janeiro: CNI, 1990.
- GOH, Y. M.; GUO, B. H. W. FPSWizard: A web-based CBR-RBR system for supporting the design of active fall protection systems. In: **Automation in Construction**, v. 85, p.40-50, 2018.
- JUPP, Julie. 4D BIM for Environmental Planning and Management. **International High-Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16)**, iHBE 2016.
- KLAUSNITZER, Armin; LASCH, Rainer. Optimal facility layout and material handling network design. **Computers and Operations Research**, v. 103, p. 237-251, nov. 2018.
- MAGALHÃES, Ruane Fernandes de; DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira; SAURIN, Tarcisio Abreu. Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. **Waste Management**, v. 67, p.265-277, set. 2017.
- MATHEUS, M. F. L. The knowledge-use level: an approach to construction site layout. M.Sc. **Dissertation (M.Sc.)** - University of Salford, Salford, 1993.
- NING, Xin; QI, Jingyan; WU, Chunlin. A quantitative safety risk assessment model for construction site layout planning. **Safety Science**, v. 104, p.246-259, abr. 2018.
- RAD, P.F. The layout of temporary construction facilities. **Cost Engineering**, v.25, n.2, p. 19-26, 1983.
- SKOYLES, E.R.; SKOYLES, J. Waste prevention on site. London: Mitchell, 1987.
- TOMMELEIN, I.D. Construction site layout using blackboard reasoning with layered knowledge. In: ALLEN, Robert H. (Ed.). **Expert systems for civil engineers: knowledge representation**. New York: ASCE, 1992.
- VOLKOV, A.; CHELYSHKOV, P; LYSENKO, D. Information management in the application of BIM in construction. The roles and functions of the participants of the construction process. In: **Procedia Engineering**, v. 153, p.828-832, 2016. Elsevier BV.
- WEHBE, F.; HATTAB, M. A.; HAMZEH, F. Exploring associations between resilience and construction safety performance in safety networks. In: **Safety Science** v. 82, nov.2015. Elsevier BV.