

USO DE *BUILDING INFORMATION MODELING* PARA O APRIMORAMENTO E AUTOMATIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE OBRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA¹

BEZERRA, P., Universidade Federal do Paraná, email: bezerra.pedro92@gmail.com; SCHEER, S., Universidade Federal do Paraná, email: scheer@ufpr.br

ABSTRACT

Planning is a process that allows the management of time, costs and resources required to carry out a project. The use of Building Information Modeling offers an alternative for the improvement of the planning process, due to the information provided by the models. Thus, the present article conducts a Systematic Review of the Literature to investigate how BIM technology can be used to improve construction planning automation. It was possible to analyze 20 recent publications dealing with the integration of information extracted from BIM models with various technological resources, helping in the process of decision making and organization of activities. The technological resources used were analyzed in four groups: metaheuristic algorithms, simulation software, programming languages and other less specific tools. Thus, it was possible to observe that the integration of these resources with the BIM-based data is able to automate several aspects of the planning process, such as organization of activities, site layout, scaffolding and even reuse of forms, optimizing both the time spent planning and the use of temporary resources.

Keywords: *Planning. Building Information Modeling. Automation. Optimization.*

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, como forma de reduzir a possibilidade de erros no planejamento de obras, pesquisadores têm investigado possibilidades de automatizar esta tarefa (FAGHIHI et al., 2015). O uso de algoritmos é abordado por Huhnt e Enge (2006) na aplicação do método do caminho crítico (CPM) para calcular durações de atividades. Segundo os autores, existem também métodos de otimização disponíveis para equilibrar a utilização de recursos. Mais recentemente, novas abordagens de gerenciamento têm sido desenvolvidas com o auxílio de *Building Information Modeling* (BIM), por ser uma ferramenta que permite avaliar previamente detalhes de execução (AMIRI; SARDROUD; SOTO, 2017).

Para Faghihi et al. (2015), uma das maiores lacunas existentes é uma abordagem capaz de avaliar múltiplos objetivos, aprimorando a organização e os custos, mas ao mesmo garantindo a estabilidade estrutural do projeto. O uso de BIM é capaz de superar essas dificuldades, uma vez que fornece informações precisas para análises de viabilidade.

Desse modo, visto o atual desenvolvimento e difusão de BIM no mercado e seu potencial de auxiliar no planejamento de obras, o presente artigo busca

¹ BEZERRA, P. H. P., SCHEER, S. Uso de *Building Information Modeling* para o aprimoramento e automatização do planejamento de obras: revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

avaliar como os modelos podem ser usados para aprimorar tal processo, tornando-o mais dinâmico e automatizado.

2 MÉTODO

Para o presente estudo, escolheu-se o método de Revisão Sistemática da Literatura. O tema principal abordado é a aplicação da tecnologia BIM na automatização do planejamento de obras. O trabalho procurará responder, então, o seguinte questionamento: “Quais recursos computacionais estão sendo utilizados junto ao BIM para diminuir o esforço humano no planejamento de obras?”.

O processo de revisão sistemática requer a definição de termos de busca. Foram escolhidos termos que se relacionassem com BIM 4D, planejamento, aprimoramento de processos e automatização (KÖNIG et al., 2012; FAGHIHI et al., 2015; AMIRI; SARDROUD; SOTO, 2017).

Restringiu-se a busca apenas a artigos científicos cujos títulos apresentavam os termos escolhidos, publicados entre 2014 e 2018. Assim, encontrou-se 4747 publicações relacionadas, utilizando quatro bases de dados (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados na busca inicial

TERMOS DE BUSCA	GOOGLE ACADÊMICO	SCIENCE DIRECT	ASCE LIBRARY	SCOPUS
CONSTRUCTION PLANNING	1079	2046	92	243
BIM OPTIMIZATION	40	96	7	18
BIM SIMULATION	98	130	8	27
CONSTRUCTION SCHEDULING	223	504	56	80
TOTAL POR BASE DE DADOS	1440	2776	163	368
TOTAL GERAL	4747			

Fonte: Os autores.

A publicações encontradas passaram, então, por uma filtragem feita em três etapas: análise do título, do *abstract* e avaliação do conteúdo. Foi realizado ainda um processo definido por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) como *backward*, onde as referências das publicações selecionadas são consultadas em busca de outros trabalhos relevantes (Tabela 2).

Tabela 2 – Filtragens das publicações

1ª FILTRAGEM (DUPLICADOS)	4098
2ª FILTRAGEM (TÍTULO)	478
3ª FILTRAGEM (ABSTRACT)	72
FILTRAGEM FINAL (CONTEÚDO)	16
BACKWARD	4
TOTAL DE PUBLICAÇÕES	20

Fonte: Os autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise das publicações, foi possível dividi-las em relação ao tipo de recurso utilizado na pesquisa, sendo eles: algoritmos metaheurísticos, *software* de simulação, linguagens de programação e outros recursos.

Cada um dos artigos foi analisado de acordo com esta divisão, onde buscou-se entender de que forma a tecnologia BIM foi utilizada e a função do recurso computacional adotado.

3.1 Algoritmos metaheurísticos

Sete das publicações selecionadas no processo de revisão sistemática utilizaram algum tipo de algoritmo metaheurístico para encontrar soluções. A grande maioria, no entanto, abordou o uso de *Genetic Algorithms* ou algoritmos genéticos (MOON et al., 2013; FAGHIHI; REINSCHMIDT; KANG, 2014; MOON et al., 2015; KUMAR; CHENG, 2015; WANG; SONG, 2015), enquanto Liu, Al-Hussein e Lu (2015) utilizaram *Particle Swarm Optimization* ou otimização por nuvem de partículas e De Soto et al. (2017) adotaram um *Tabu-search Algorithm* ou algoritmo de busca Tabu.

Kumar e Cheng (2015) usam um algoritmo genético para encontrar a melhor configuração para o *layout* de um canteiro de obras. Os dados extraídos do modelo BIM são usados, no estudo, para determinar as áreas requeridas das instalações do canteiro.

Moon et al. (2013) e Moon et al. (2015) utilizam um sistema de planejamento de obras baseado em BIM, capaz de detectar e reorganizar atividades sobrepostas na rede CPM. Nos dois estudos, os algoritmos genéticos são utilizados para reorganizar as atividades, diminuindo a sobreposição.

Faghihi, Reinschmidt e Kang (2014) e Wang e Song (2015), por sua vez, fizeram estudos semelhantes, onde propuseram um meio de gerar o planejamento da construção automaticamente a partir de informações extraídas de um modelo BIM, que são aprimoradas por um algoritmo genético.

Liu, Al-Hussein e Lu (2015) utilizam outro tipo de algoritmo metaheurístico, a *Particle Swarm Optimization* (PSO) ou otimização por nuvem de partículas. O algoritmo é utilizado no estudo para encontrar a melhor sequência de atividades.

Por fim, outro algoritmo meta-heurístico encontrado na revisão foi o *Tabu-search Algorithm* ou Busca Tabu, utilizado por De Soto et al. (2017) para avaliar as melhores opções de duração de atividades, fornecendo programações aprimoradas para a obra.

3.2. Simulação

Em Liu et al. (2015) e Liu, Al-Hussein e Lu (2015), os autores utilizam a ferramenta *Symphony.NET*. Os dois trabalhos tratam do planejamento de obras com painéis pré-fabricados de aço (*Light Steel Framing*), abordando,

respectivamente, o planejamento da fabricação e das obras com esses componentes, por meio de simulação de eventos discretos.

Chen et al. (2013) desenvolvem um sistema próprio, também baseado no conceito de simulação de eventos discretos, capaz de mensurar durações e calcular custos de atividades a partir das listas de quantitativos de um modelo BIM.

Nos outros trabalhos analisados, os autores utilizam os software *Simio* (LU; OLOFSSON, 2014), *Stroboscope* (WANG et al., 2013) e *Anylogic 7* (JEONG et al., 2016) para investigar os melhores cenários para a construção. Em todos estes estudos, os software utilizam dados extraídos de modelos BIM para a simulação.

3.3 Linguagens de programação

Seis das publicações selecionadas utilizam linguagens de programação específicas para promover o intercâmbio de informações entre software BIM e outras aplicações.

Liu et al. (2014), Liu, Al-Hussein e Lu (2015) e Jeong et al. (2016) utilizam a linguagem C# para intercambiar dados dos modelos BIM para outras ferramentas. Liu et al. (2014) usam a linguagem para criar um sistema de geração automática do planejamento da obra, enquanto os demais a utilizam para importar dados do BIM para modelos de simulação. Wang et al. (2013), por sua vez, realiza um processo semelhante, utilizando, no entanto, a linguagem *Visual Basic*.

Kim et al. (2013) desenvolvem códigos com a linguagem *Ruby* para integrar os quantitativos extraídos do BIM com dados de produtividade, determinando a duração das atividades.

3.4. Outros recursos

As publicações apresentadas neste item empregam tipos de algoritmos e técnicas de gerenciamento, diferentes das anteriores, para aprimorar o processo de planejamento de obras.

Kim e Cho (2015) usam a API do software *Tekla Structures* para criar um sistema que identifica adjacências entre elementos construtivos, permitindo avaliar zonas de trabalho e produtividade.

Kumar e Cheng (2015), além do algoritmo genético, utilizam um algoritmo A* para planejamento de caminhos, ou seja, que é capaz de determinar os menores percursos dentro do canteiro.

Wang et al. (2016) utilizam um mecanismo de busca próprio do *Revit* para extrair quantitativos correspondentes a elementos específicos, integrando esses dados a um software de orçamento e ao *Excel*, de modo a criar uma curva S para a obra.

Em Kim e Teizer (2014) e Mansuri et al. (2017) foram identificadas abordagens de planejamento da utilização de recursos temporários. O primeiros utilizam

algoritmos de identificação geométrica para projetar os sistemas de andaimes. No segundo estudo, é realizado um plano de reutilização de formas com os *software Tekla Structures* e MATLAB.

Por fim, Peckienė e Ustinovičius (2017) criam um algoritmo para avaliar a conformidade da obra às normas governamentais e Isaac, Curreli e Stoliar (2017) utilizam os conceitos de Design Structure Matrix e Domain Mapping Matrix para sequenciar atividades e alocar recursos.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo adotou o método de Revisão Sistemática da Literatura, sendo possível dividir as publicações em quatro grupos principais: algoritmos metaheurísticos, *software* de simulação, linguagens de programação e outros recursos menos específicos.

O algoritmo metaheurístico mais usado nas pesquisas foi o algoritmo genético. Outros algoritmos encontrados foram a otimização por nuvem de partículas e a busca Tabu. A utilização destes algoritmos em conjunto com informações extraídas do modelo BIM confere ao planejamento de obras um alto grau de automatização, pois são ferramentas que definem soluções aprimoradas sem grande intervenção humana.

Software de simulação foram o segundo recurso mais utilizado pelas pesquisas, sendo utilizados para aprimorar a tomada de decisão. O uso da tecnologia BIM em conjunto com essas ferramentas, por sua vez, aprimora o processo pois diminui a entrada manual de dados nos modelos de simulação.

Foi observada a utilização linguagens de programação específicas para integrar aplicações e intercambiar dados, permitindo tanto a geração automática do planejamento como o aprimoramento da tomada de decisões. Percebeu-se que a utilização deste recurso também pode automatizar bastante o planejamento, mas, quando usado junto a algoritmos metaheurísticos, por exemplo, fornece resultados mais satisfatórios.

Por fim, as demais publicações analisadas apresentaram a utilização de recursos diferentes dos supracitados, mas que se mostram capazes de auxiliar no planejamento de obras, contribuindo na diminuição do desperdício e no controle de custos.

O sistema BIM se mostrou importante em todos os processos estudados pela sua capacidade de fornecer listas de quantitativos, como também pela possibilidade dos *softwares* poderem ser programados de acordo com a necessidade.

Desse modo, pode-se afirmar que o questionamento principal da revisão pôde ser respondido com êxito, uma vez que foi possível verificar vários recursos computacionais que podem ser integrados aos modelos BIM, de modo a automatizar o planejamento de obras, seja na organização de atividades ou da utilização de recursos temporários.

REFERÊNCIAS

- AMIRI, R.; SARDROUD, J. M.; SOTO, B. G. DE. BIM-based Applications of Metaheuristic Algorithms to Support the Decision-making Process: Uses in the Planning of Construction Site Layout. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 558–564, 2017.
- CHEN, S.-M. et al. A framework for an automated and integrated project scheduling and management system. **Automation in Construction**, v. 35, p. 89–110, 2013.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- FAGHIHI, V. et al. Automation in construction scheduling: a review of the literature. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 81, n. 9–12, p. 1845–1856, 30 dez. 2015.
- FAGHIHI, V.; REINSCHMIDT, K. F.; KANG, J. H. Construction scheduling using Genetic Algorithm based on Building Information Model. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 16, p. 7565–7578, nov. 2014.
- HUHNT, W.; ENGE, F. Can algorithms support the specification of construction schedules? **Journal of Information Technology in Construction**, 2006.
- ISAAC, S.; CURRELI, M.; STOLIAR, Y. Work packaging with BIM. **Automation in Construction**, v. 83, p. 121–133, nov. 2017.
- JEONG, W. et al. BIM-Integrated Construction Operation Simulation for Just-In-Time Production Management. **Sustainability**, v. 8, n. 12, p. 1106, 29 out. 2016.
- KIM, H. et al. Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology. **Elsevier**, 2013.
- KIM, K.; CHO, Y. Construction-specific spatial information reasoning in Building Information Models. **Elsevier**, 2015.
- KIM, K.; TEIZER, J. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, n. 1, p. 66–80, jan. 2014.
- KÖNIG, M. et al. Intelligent BIM-based construction scheduling using discrete event simulation. **dl.acm.org**, 2012.
- KUMAR, S. S.; CHENG, J. C. P. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 59, p. 24–37, nov. 2015.
- LIU, H. et al. **An Automatic Scheduling Approach: Building Information Modeling-based Onsite Scheduling for Panelized Construction**. Construction Research Congress 2014. **Anais...** Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 13 maio 2014. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784413517.170>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

LIU, H. et al. Automated production planning in panelized construction enabled by integrating discrete-event simulation and BIM. 2015.

LIU, H.; AL-HUSSEIN, M.; LU, M. BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints. **Automation in Construction**, v. 53, p. 29–43, maio 2015.

LU, W.; OLOFSSON, T. Building information modeling and discrete event simulation: Towards an integrated framework. **Automation in Construction**, v. 44, p. 73–83, ago. 2014.

MANSURI, D. et al. Building Information Modeling enabled Cascading Formwork Management Tool. **Automation in Construction**, v. 83, p. 259–272, nov. 2017.

MOON, H. et al. Development of a schedule-workspace interference management system simultaneously considering the overlap level of parallel schedules and workspaces. **Automation in Construction**, v. 39, p. 93–105, abr. 2013.

MOON, H. et al. BIM-Based Construction Scheduling Method Using Optimization Theory for Reducing Activity Overlaps. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 29, n. 3, p. 4014048, maio 2015.

PECKIENĖ, A.; USTINOVIČIUS, L. Possibilities for Building Spatial Planning using BIM Methodology. **Procedia Engineering**, v. 172, p. 851–858, 2017.

SOTO, B. G. de et al. Using a Tabu-search Algorithm and 4D Models to Improve Construction Project Schedules. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 698–705, 2017.

WANG, H.; SONG, X. Research on BIM Construction Schedule Generating Algorithm. **ijssst.info**, 2015.

WANG, K.-C. et al. Applying building information modeling to integrate schedule and cost for establishing construction progress curves. **Automation in Construction**, v. 72, p. 397–410, dez. 2016.

WANG, W. et al. Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. **Elsevier**, 2013.