

TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES DE BIM NO ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trends and applications of BIM on the civil construction budget and planning

Clarissa Ferreira Gomes Garcia Gruska
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, CE| clarissagarcia.arq@gmail.com

Renan Caminha Marinho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, CE| renancmarinho@gmail.com

Yan Mota Veras
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, CE| yanveras00@gmail.com

José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, CE| barrosneto@gercon.ufc.br

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) tem sido largamente adotado na construção civil diante das inúmeras ferramentas e benefícios que apresenta. Novas formas de abordagem foram surgindo ao longo do tempo com a o objetivo de potencializar a ferramenta, buscando trabalhar acima da estrutura tridimensional. Com o conceito de multidimensionalidade no BIM, atrelou-se à modelagem 3D recursos de gerenciamento de tempo e custos. Diante dos diversos usos do BIM, o problema de pesquisa deste arquivo busca responder quais as tendências e aplicações estudadas no cenário científico mundial em relação ao uso do BIM e suas intercessões com planejamento de tempo e custos na construção. Através de uma revisão sistemática da literature, os resultados apontam que no BIM 4D os principais assuntos abordados são cronograma, simulação, GIS e programação automática. Em relação ao uso 5D, os tópicos mais recorrentes são orçamento semiautomático, curva S, análise de riscos e fluxo de caixa integrado. Como resultados desta revisão observa-se a expansão do uso do BIM em diversas áreas do orçamento e planejamento da construção civil e o mapeamento de como tem sido tratado o assunto nos últimos 10 anos.

Palavras-chave: BIM 4D; BIM 5D; Planejamento; Orçamento

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM), has been increasingly adopted in civil construction, mainly because of its numerous tools and benefits. New approaches have emerged over time with the aim of potentializing the platform, seeking to work above the three-dimensional structure. In the market, it is adding planning (4D) and budget (5D) into the model. Then, there are a lot of uses of BIM and the aim of this paper was to identify the main trends and applications of BIM and its intercessions with the planning and budget, through a Systematic Review of Literature. The findings showed that in 4D approach the main topics was real time schedule, simulations, GIS and automatic scheduling. Regard to 5D approach the main topics was semiautomatic budget, S curve automatic creation, risk analysis and integrated cash flow. The results pointed to an expansion of BIM use in the industry and how has it happened in the last 10 years .

Keywords: BIM 4D; BIM 5D; Planning; Budget.

1 INTRODUÇÃO

O *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é uma promissora ferramenta na indústria da construção civil, que, através de um modelo virtual preciso da edificação, dá suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários (EASTMAN et al., 2014). Entre os benefícios de sua utilização são citados: modelo 3D prévio da edificação, simulações, detecção de interferências, extração automática de quantitativos, estimativa de custos, visualização da sequência da construção, documentos mais consistentes, acompanhamento da edificação durante todo o seu ciclo de vida, entre outros (AZHAR, 2011; CBIC, 2016).

Novas formas de abordagem foram surgindo ao longo do tempo com a o objetivo de potencializar a ferramenta, buscando trabalhar acima da estrutura tridimensional. Lee et al. (2003) introduziu o conceito de multidimensionalidade no BIM, atrelando à modelagem 3D recursos de gerenciamento de tempo e custos.

De acordo com Eastman et al. (2014), a modelagem 4D é uma ferramenta de comunicação para identificar potenciais gargalos, e melhorar a colaboração. Segundo o autor, os principais benefícios dos modelos 4D

GRUSKA, C.F.G.G.; MARINHO, R. C.; VERAS, Y. M. BARROS NETO, J.de P. Tendências e aplicações de BIM no orçamento e planejamento da construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/189.

são a comunicação, contribuição de múltiplas partes interessadas, logística do canteiro, coordenação de disciplinas, comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção.

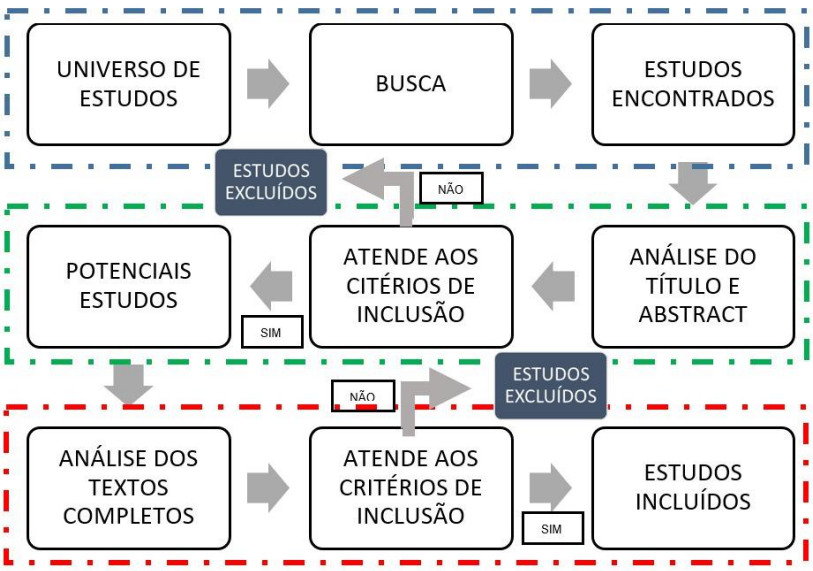
Na modelagem 5D, as análises quantitativas são pareadas diretamente com a descrição dos materiais utilizados durante a elaboração do projeto, sendo possível gerar estimativas de custos e quantitativos de materiais (SAKAMORI, 2015). Esta, aliada ao levantamento de quantitativos realizados de forma automática por ferramentas BIM, pode gerar valores mais precisos e trazer economia em orçamentos e cronogramas (GOUVÊA *et al*., 2013).

Diante do exposto, a questão de pesquisa deste artigo é: Quais as tendências e aplicações estudadas no cenário científico mundial em relação ao uso do BIM e suas intercessões com planejamento de tempo e custos na construção?

2 MÉTODO

Para a realização da pesquisa, foi realizada uma Revisão Sistemática da Lireratura, que consiste em identificar, avaliar e interpretar as pesquisas relevantes relacionadas a um específico problema, tópico, área ou fenômeno de interesse (SONEGO; ECHEVESTE; 2016). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra o modelo esquemático da metodologia utilizada, a qual possui três etapas bem definidas: Busca (azul), Seleção (verde) e Extração (vermelho). A revisão foi realizada com o auxílio do software stART desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos.

Figura 1: Esquematização do método



Fonte: Adaptado de Morandi e Camargo (2017).

A bases de dados utilizadas foram "*Scopus", "ScienceDirect" e "Engineering Village"* e os termos utilizados na pesquisa foram "*BIM and Management" and "Cost or Schedule"* nos campos do título, resumo e palavras chaves. Os resultados foram filtrados para selecionar apenas os artigos de periódicos a partir de 2010.

Na segunda etapa foi feita a seleção dos artigos. Estes foram analisados pelos títulos e resumos quanto a adequação aos critérios estabelecidos: equadramento ao tema de planejamento ou orçamento de obras em BIM, e se caracterizam-se como uma tendência ou aplicação.

Os artigos remanescentes passaram para a etapa de extração e tiveram seus textos integralmente avaliados, reexaminando a adequação aos critérios. Os estudos selecionados para esta revisão foram caracterizados e sintetizados, destacando os principais elementos de cada estudo. Com isso, foi possível inferir sobre as ferramentas, métodos e utilizações de BIM que afetam o gerenciamento de custo e prazo.

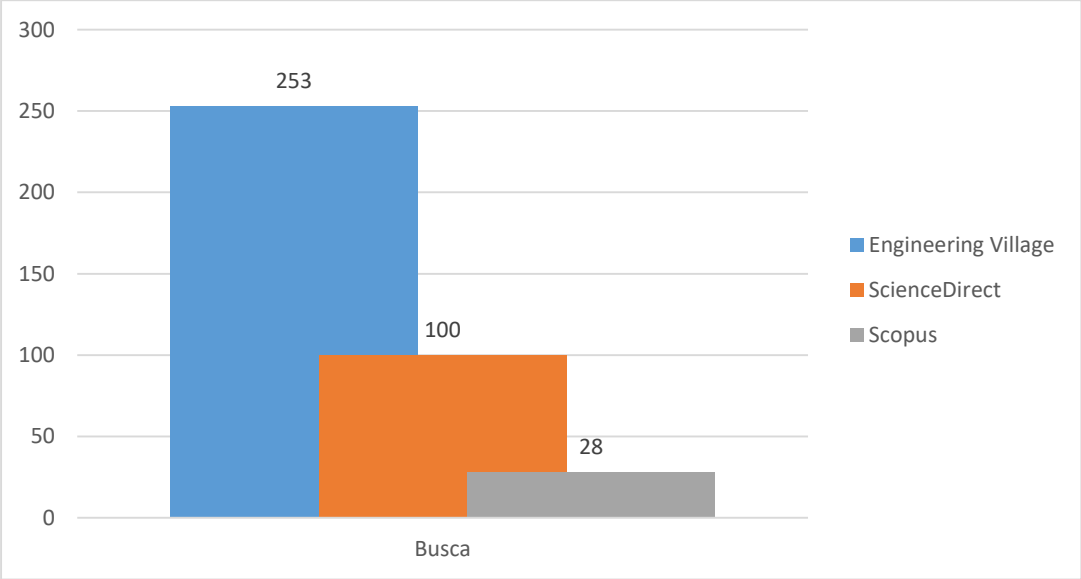
3 RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa são apresentados a fim de identificar as tendências sobre utilização de BIM no planejamento, orçamento e apresentar as aplicações no âmbito mundial da construção civil.

3.1 Seleção dos artigos

A primeira etapa, busca nas bases de dados, retornou um total de 381 artigos, a base dominante foi a *Engeneering Village* como mostra a **Figura 2**.

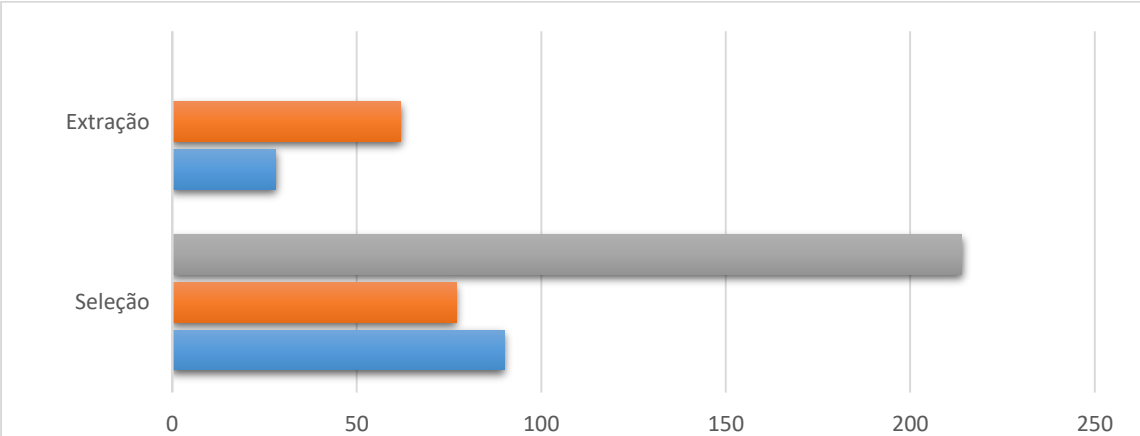
Figura 2: Resultado da busca



Fonte: Os autores.

Na etapa de seleção, 90 artigos se enquadraram nos critérios. Na extração, 28 artigos foram para a revisão final. Os resultados foram resumidos na **Figura 3**.

Figura 3: Resultado da seleção e extração



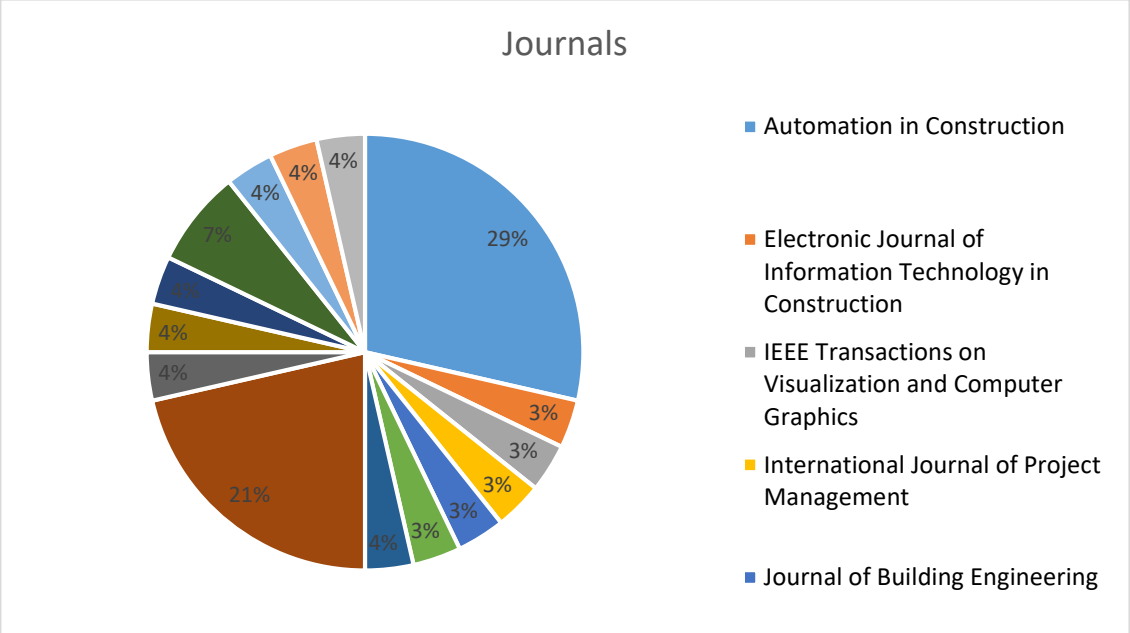
	Seleção	Extração
Duplicados	214	
Rejeitados	77	62
Aprovados	90	28

Fonte: Os autores.

3.2 Caracterização dos estudos

Na **Figura 4**, têm-se a distribuição dos 28 artigos selecionados quanto ao periódico de origem. Assim, pode-se observar que os dois nomes que se destacam são a *Automation in Construction*, com 29% dos artigos, e a *Eletronic Journal of Information Technology in Construction*, com 21%.

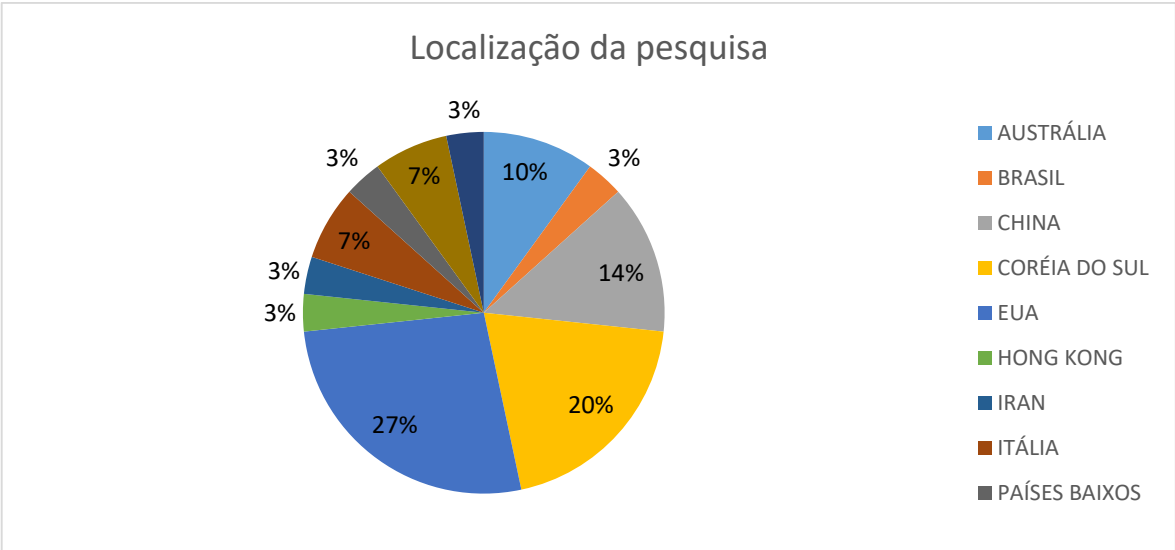
Figura 4: Distribuição dos artigos quanto ao Journal de publicação



Fonte: Os autores.

Na **Figura 5**, têm-se a distribuição dos artigos quanto ao país que originou a publicação. Pode-se constatar que os Estados Unidos é o país que mais busca pesquisar as aplicações do BIM, no mundo, com 27% das publicações.

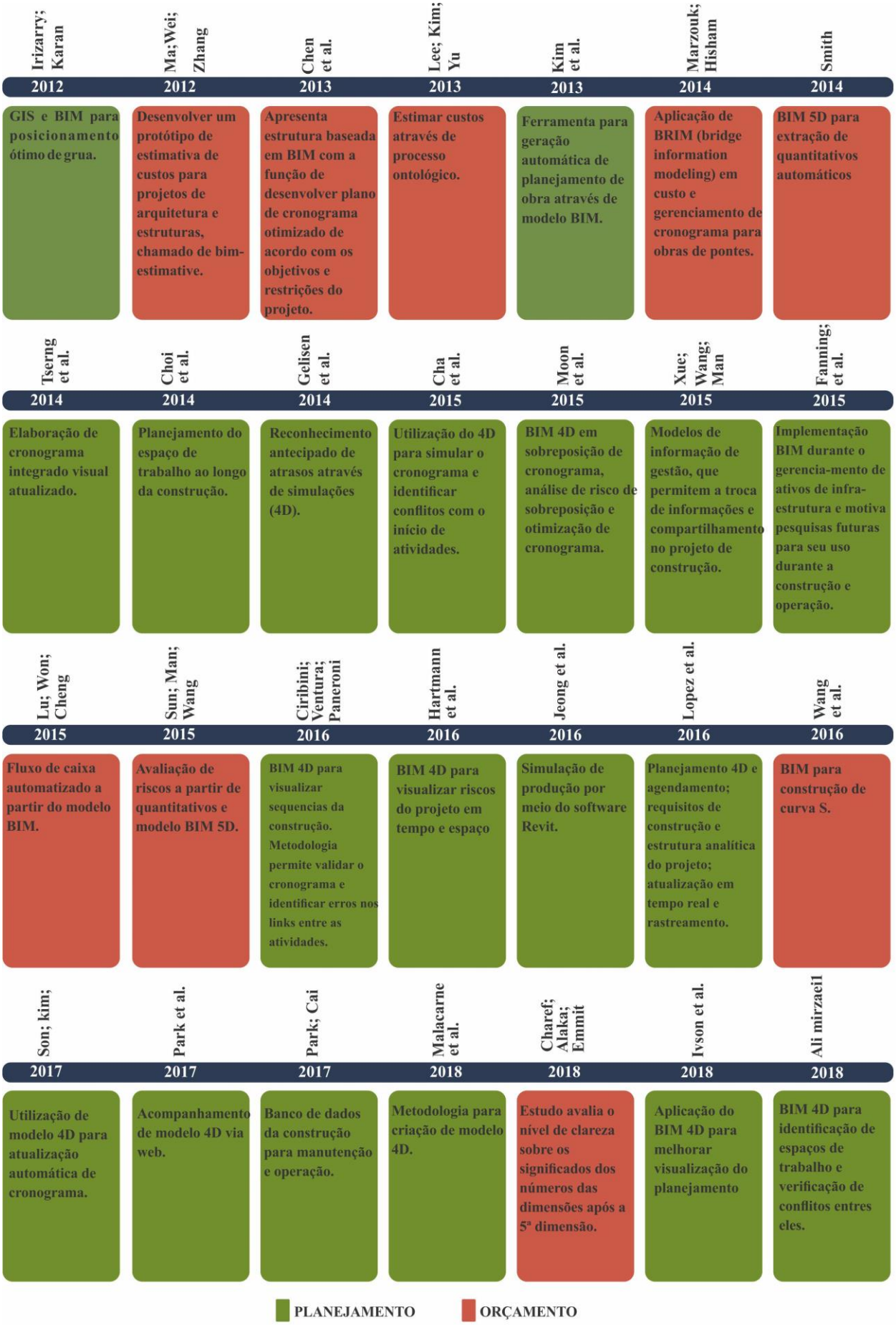
Figura 5: Distribuição dos artigos quanto a localização da pesquisa



Fonte: Os autores.

O estudos dos artigos revelou as aplicações de BIM no planejamento e orçamento. A figura 6 apresenta a síntese dos artigos selecionados.

Figura 6: Síntese dos artigos



Fonte: Os autores.

3.3 BIM no planejamento de atividades

Os projetos estão cada vez mais complexos em relação ao custo e porte físico. Para acompanhar essa complexidade crescente, o BIM se mostra como uma ferramenta revolucionária, porém ainda não preenche todos os requisitos para planejamento e gerenciamento de cronograma. As metas do gerenciamento de projetos consistem na construção a tempo, com segurança, dentro do orçamento e com os mais altos padrões de qualidade (CHEN et al., 2013).

Assim, buscando entender melhor o BIM 4D, Lopez et al. (2016) levantaram as principais aplicações deste no planejamento de obras para determinar o nível de desenvolvimento dessa ferramenta para a construção. O autor listou: planejamento e agendamento, elaboração da estrutura analítica do projeto, atualização do cronograma em tempo real e rastreamento e modelagem de eventos discretos com *softwares* BIM 4D. Kim et al. (2013) propôs um modelo de cálculo automático da programação da obra a partir do modelo BIM.

Avançando nas aplicações, Chen et al. (2013), Tserng, Ho e Jan (2014), Ciribini, Ventura e Paneroni (2016) e Son, Kim e Cho (2017), integraram um sistema de cronograma inteligente com o modelo BIM, prevendo erros e procurando melhorar o projeto de construção e processos de gerenciamento. Esses sistemas fornecem informações de todas as atualizações do conteúdo e status do cronograma durante a construção, proporcionando um gerenciamento mais eficaz.

A partir dessa integração, Moon et al. (2015), desenvolveram simulações para analisar os níveis de risco desencadeadas por atividades sobrepostas e reduzi-las, otimizando o cronograma. Gelisen e Griffis (2014) tentaram desenvolver uma ferramenta de simulação e tomada de decisões através de reconhecimento antecipado de atrasos por simulações 4D. Cha e Lee (2015), desenvolveram uma estrutura de trabalho que permite simular o cronograma no BIM 4D e identificar possíveis atividades que se iniciam e conflitam com outras, gerando atrasos. Li et al. (2014) também utilizaram simulações do progresso da edificação gerado pelo BIM 4D.

Outro tipo de aplicação ainda foi proposto por Choi et al. (2014), trabalhando com o planejamento de espaço de trabalho formalizado no ambiente BIM 4D, através da simulação da progressão da obra, para lidar a incidência de problemas de espaço de trabalho e para eliminar o desperdício. Irizarry e Karan (2012) estudaram a viabilidade e a praticidade do uso do Sistema de Informação Geográfica (GIS) e o BIM, para acesso a toda a gama de informações relevantes para locação e operação de guindastes.

Já Hartmamm et al. (2012) e Ivson et al. (2018) desenvolveram ferramentas para identificar os problemas relacionados ao detalhamento de tarefas, resultando em conflitos de espaço de trabalho. A importância do gerenciamento do cronograma junto ao fluxo de informações nos processos também é destacada por Xue, Wang e Man (2015). Mirzaei et al. (2018) usaram um modelo de informação 4D para detectar os conflitos das equipes no tempo-espaço considerando o movimento da equipe no canteiro, podendo quantificar o efeito dos conflitos tempo-espaço e o valor das perdas de produtividade.

Os modelos BIM 4D podem ser utilizados como dados histórico e para verificar informações de status de cada tarefa. Park et al. (2017) mostra como integrar o monitoramento através de um modelo central em um banco de dados na internet. Park e Cai (2017) propõe que um modelo de banco de dados global do projeto que auxiliaria a operação e manutenção da edificação. Malacarne et al. (2018) ainda mostra um framework para a programação de construção em BIM, concluindo é possível garantir um gerenciamento de tempo eficiente e, por fim, evitam a ocorrência de erros humanos.

3.4 BIM no orçamento

Os principais responsáveis por problemas nos orçamentos são: a utilização de quantitativos automáticos, falta de padronização e incompatibilidade de softwares, o compartilhamento de informação de custos, as mudanças na negociação e problemas legais e contratuais (SMITH, 2014). Assim, Lee, Kim e Yu (2016) abordam a estimativa de custos permitindo que os itens de trabalho mais apropriados sejam inferidos automaticamente para resolver o problema da subjetividade dos orçamentistas.

Nos estudos de Marzouk e Hisham (2014), foi desenvolvido 2 módulos para realizar as estimativas de custos: um para a estimativa aproximada, o qual extrai os quantitativos dos elementos do modelo e outro para estimativa detalhada. Wang et al (2016) realizaram uma integração do custo ao cronograma para automatizar e aumentar a precisão da curva S através de um modelo BIM associado a parâmetros de informação.

Já Ma, Wei e Zhang (2012) propõem um modelo para orçamentos semiautomático e compatível com as especificações de projetos para licitações baseados no modelo BIM. Desta forma a utilização da tecnologia BIM permitiu a redução de trabalho e erros comparado ao método tradicional de orçamento, pois através do *software* o quantitativo de todos os itens de projeto foram automaticamente retirados, sumarizando as quantidades dos produtos da construção classificados previamente.

Um framework foi proposto por Lu, Won e Cheng (2016) para levar em consideração a quantidades de equipamentos, quantidades de mão de obra e materiais, cronograma do projeto, período de pagamento, adiantamento e lead time de ordens de materiais para calcular a saída de caixa real.

A aplicação de Sun, Man e Wang (2015) parte da entrada de dados de custo, cronograma e uso de maquinas e trabalhadores no modelo BIM para realizar o cálculos de valores de riscos no estágio atual da obra. Esta proposta fornecer informações detalhadas sobre o custo do projeto de construção e o alerta antecipado de risco do cronograma; outra é a demonstração visual dos riscos usando o modelo BIM.

Para Smith (2014) a adoção do BIM para orçamentos é inevitável. Quanto mais uma empresa demora para utilizar a ferramenta com a extração automática de quantitativos, outras vão progredir e usar isso como vantagem competitiva.

4 CONCLUSÃO

As aplicações de ferramentas BIM para planejamento e orçamento está em constante crescimento na construção civil e busca potencializá-las além da função tridimensional. Com o conceito de multidimensionalidade, foi atrelado à modelagem 3D recursos de gerenciamento de tempo e custos. Atualizações automáticas de cronogramas e quantitativos, visualização do planejamento em tempo e espaço e simulações são as aplicações mais recorrentes nesta revisão. Contudo, a investigação de aplicações no Brasil ainda é pouco abordada, sendo necessária sua compreensão para possibilitar desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership And Management In Engineering**, v. 11, n. 3, p.241-252, 2011.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Fundamentos BIM - Parte 1**: **Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**/Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília, 2016.

CIRIBINI, A.L.C.; VENTURA, S. M.; PANERONI, M. Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building. A BIM Pilot Project. **Automation in Construction**, v.71, p. 62-73, 2016.

CHA, H. S.; LEE, D. G. A case study of time/cost analysis for aged-housing renovation using a pre-made BIM database structure. **Ksce Journal Of Civil Engineering**, v. 19, n. 4, p.841-852, 2014.

CHAREF, R.; ALAKA, H.; EMMITT, S. Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Review of Literature and Assessment of Professional Views. **Journal of Building Engineering**. v. 19, p. 242-257, 2018.

CHEN, S. et al. A framework for an automated and integrated project scheduling and management system**. Automation in Construction**, v.35, p.89-110, 2013.

CHOI, B. et al. Framework for Work-Space Planning Using Four-Dimensional BIM in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 140, n. 9, p.1-13, 2014.

EASTMAN, C. et al. **Manual de Bim: Uma Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Construtores e Incorporadores.** 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FANNING, B. et al. Implementing BIM on Infrastructure: Comparison of Two Bridge Construction Projects. Practice **Periodical On Structural Design And Construction**, v. 20, n. 4, p.1-8, 2015.

GELISEN, G.; GRIFFIS, F. H. Automated Productivity-Based Schedule Animation: Simulation-Based Approach to Time-Cost Trade-Off Analysis**. Journal Of Construction Engineering And Management**, v. 140, n. 4, p.1-10, 2014.

GOUVÊA, L. B. de; PAULA, F. A. de; LORENZI, P. C. **Aplicação de CAD 4D/5D a partir do modelo integrado de informação para habitação unifamiliar**. 2013. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HARTMANN, T. et al. Aligning building information model tools and construction management methods. **Automation in Construction**, v.22, p. 605-613, 2012.

IRIZARRY, J.; KARAN, E. P. Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 17, n. March, p. 361–366, 2012.

IVSON, P. et al. CasCADe: A Novel 4D Visualization System for Virtual Construction Planning. **IEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v.24, p. 687-697, 2018.

JEONG, W. S et al. BIM-integrated construction operation simulation for just-in-time production management**. Sustainbility**, v.8, p.1-25, 2016.

KIM, H. et al. Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology. **Automation in Construction**, v. 35, p. 285–295, 2013.

LEE, S.; KIM, K.; YU, J. BIM and ontology-based approach for building cost estimation**. Automation in Construction**, v.41, p. 96-105, 2014.

LEE, A. et al. ***Developing a Vision of nD-Enabled Construction****. University of Salford, Salford, 2003.*

LI, J. et al. A Project-Based Quantification of BIM Benefits. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, v.11, n. 8, p.123-136, 2014.

LOPEZ, R. et al. Technical Review: Analysis and Appraisal of Four-Dimensional Building Information Modeling Usability in Construction and Engineering Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**. v.142, p 1-6, 2016.

LU, Q.; WON, J.; CHENG, J. C. P. A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). **JPMA**, v. 34, n. 1, p. 3–21, 2016.

MA, Z.; WEI, Z.; ZHANG, X. Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model. **Automation in Construction**, v.30, p. 126-135, 2013.

MALACARNE, G. et al. Investigating benefits and criticisms of bim for construction scheduling in SMEs: An Italian case study**. International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 13, n. 1, p. 139–150, 2018.

MARZOUK, M.; HISHAM, M. Implementing Earned Value Management using Bridge Information Modeling**. KSCE Journal of Civil Engineering**, v.18, n.5, p. 1302-1313, 2014.

MIRZAEI, A. et al. 4D-BIM Dynamic Time – Space Conflict Detection and Quantification System for Building Construction Projects**. Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 1995, 2018.

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.1-16, 2015.

MORANDI, M.; CAMARGO, L. Systematic literature review. In: DRESCH, P.L.; VALLE, A. J. (Org.) **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Londres: Springer, 2017. p. 129-158.

PARK, J. et al. Database-Supported and Web-Based Visualization for Daily 4D BIM. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 10, p. 1–12, 2017.

PARK, J.; CAI, H. WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation. **Automation in Construction**, v. 77, p. 15–23, 2017.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (Bim) - processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós graduação em engenharia de construção civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SONEGO, M.; ECHEVESTE, M.S. Seleção de métodos para modularização no desenvolvimento de produtos: revisão sistemática**. Production**, v. 26, n. 2, p.476-487, 2015.

SMITH, P. BIM e the 5D Project Cost Manager**. Procedia- Social and Behavioral Sciences**, v.119, p. 475-484, 2014.

SON, H.; KIM, C.; CHO, Y. K. Automated Schedule Updates Using As-Built Data and a 4D Building Information Model. **Journal of Management in Engineering**, v.33, n.4, p. 1-13, 2017.

SUN, C.; MAN, Q.; WANG, Y. Study on BIM-based construction project cost and schedule risk early warning. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**. v. 29, p. 469–477, 2015.

TSERNG, H.; HO, S.; JAN, S. Developing bim-assisted as-built schedule management system for general contractors. **Journal Of Civil Engineering And Management**, v. 20, n. 1, p.47-58, 2014.

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, 2016.

XUE, W.; WANG, Y.; MAN, Q. Research on Information Models for the Construction Schedule Management Based on the IFC Standard. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v.8, n.3, p. 615-635, 2015.