VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
A inovação e o desafio do projeto na sociedade: A qualidade como alvo
Londrina, 17 a 19 de Novembro de 2021

O USO DA METODOLOGIA 4D E 5D PARA O GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. [1]

THE USE OF 4D AND 5D METHODOLOGY FOR WORKS MANAGEMENT AND PLANNING: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

CARNEIRO, Nathalia (1); MACIEL, Ana Carolina (2); VAZ, Carolina (3); ARAUJO, André (4)

(1) Universidade Federal de Uberlândia-PPGAU, nathaliasrcarneiro@ufu.br
(2) Universidade Federal de Uberlândia-FECIV, ana@ufu.br
(3) Universidade Federal de Uberlândia- PPGAU, carolina.vaz@ufu.br
(4) Universidade Federal de Uberlândia - PPGAU, andre.araujo@ufu.br

RESUMO

Em busca de novos conceitos para ampliar estudos de soluções que melhorem a dinâmica do gerenciamento de obra, este artigo, através de uma revisão sistemática da literatura, visou proporcionar diversidade e complexidade de estudos produzidos sobre o tema de gerenciamento de obras utilizando Building Information Modeling (BIM). Este estudo busca apresentar um panorama dos acontecimentos relacionados ao uso do BIM 4D e 5D no gerenciamento de obras dentro da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Dentre os tópicos desafiadores mais abordados nos trabalhos realizados com o tema está a falta de expertise e formação de profissionais que entendam a metodologia dentro da área de gerenciamento de construções, fomentando a necessidade de ampliação das discussões sobre o tema e a necessidade de ensino sobre as ferramentas que compõem a metodologia. O desenvolvimento de protocolos interoperáveis entre os diferentes softwares BIM também é um dos desafios apresentados no artigo.

Palavras-chave: *BIM 4D. BIM 5D. Gerenciamento de obras. Planejamento de obras.*

ABSTRACT

The global production dynamics, after globalization, is rapidly changing. As a result, this came the need to discuss new demands for organization and planning within civil construction involving new techniques and Technologies that meet the need to produce sustainable and quality products. In search of new concepts to expand studies of solution that improve the dynamics of construction management, this article through a systematic review of the literature, aimed to provide diversity and complexity of studies produced on the

[1] CARNEIRO, Nathalia; MACIEL, Ana Carolina; VAZ, Carolina; ARAUJO, André. O uso da metodologia BIM 4D e 5D para o gerenciamento e planejamento de obras: revisão sistemática da literatura. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. **Anais**... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438152

theme of construction management using Building Information Modeling (BIM). This paper aims to explore an overview about construction management related to BIM 4D and BIM 5D in Architecture, Engineering and Construction (AEC). Among the challenging topics most addressed in the work carried out with the theme is the lack of expertise and training of professionals who understand the methodology within the area of construction management, fostering the need to expand discussions on the subject.

***Keywords**: BIM 4D. BIM 5D. Construction management. Construction planning.*

1 INTRODUÇÃO

A metodologia *Building Modeling Information* (BIM) possibilitou novas formas de gerir empreendimentos, cujos benefícios são avanços no planejamento e integração das diversas disciplinas de projetos, permitindo redução de incompatibilidades, aperfeiçoamento dos orçamentos, logísticas, gastos energéticos e redução dos resíduos gerados (EASTMAN, 2014). Apesar dos benefícios, a adesão da metodologia BIM nas universidades e na indústria da construção civil tem ocorrido de forma gradual e vagarosa.

Diante das mudanças na conjuntura econômica, as empresas construtoras vêm sendo pressionadas a alterar seus processos de produção, no sentido de reduzir custos e adequar a realidade dos produtos ofertados às condições do mercado. Existe uma lacuna entre o planejamento, obra e projeto, causada pela falta de expertise da mão de obra, falta de comunicação entre as equipes e transparência das informações documentadas. Essas dificuldades causam prejuízos na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e faz com que exista a preocupação em trazer novas tecnologias que aportem soluções para essas exigências (MELHADO et al., 2005).

Visando as atuais mudanças no setor de Arquitetura, Construção e Engenharia, este artigo tem como objetivo discutir os principais desafios e benefícios encontrados por empresas e pesquisadores na implementação do BIM 4D e 5D no planejamento e gerenciamento de obras, obtido através da leitura de diversos artigos científicos e dissertações. Os benefícios encontrados também foram pontuados para avaliar o que a metodologia BIM já proporciona de benefícios e o que pode ser trabalhado e aprimorado nos projetos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O *Building Information Modeling* (BIM) é um sistema de informação, que foca na colaboração entre arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, que gere uma base de dados com informações topológicas com os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético, previsão de insumos e ações em todas as fases da construção (EASTMAN et al., 2014). Eastman (2014), define cinco dimensões para o BIM, as quais duas serão trabalhadas neste artigo, sendo: BIM 4D (gestão do tempo) e BIM 5D (gestão de custos) utilizadas no planejamento de obras.

O planejamento, segundo Mattos (2010), é um dos principais aspectos do gerenciamento de obras que envolvem outras atividades como orçamentação, controle de insumos e serviços. É uma ferramenta que organiza o andamento dos serviços e o estágio da obra, proporcionando linha de base referencial para tomada de decisão. O desafio trazido neste artigo é identificar não apenas falhas no planejamento de obras, mas também no gerenciamento como um todo,

através do uso do BIM, pois a ideia é a de que surjam discussões de como esse sistema da informação possa ir além dos escritórios e entrar no canteiro de obras.

3 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) visa possibilitar ao leitor o acesso à grande diversidade e complexidade de estudos relevantes em um espaço reduzido, elaborado mediante a leitura e análise de conhecimentos produzidos na área, descritos e interpretados de modo organizado e sintético. Neste artigo, a metodologia adotada foi a de Falbo (2018).

As buscas pelas bibliografias foram realizadas separadamente nos bancos de dados científicos Portal de Periódicos Capes e *ScienceDirec*t, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e *Google Scholar* escolhidas com base no mapeamento sistemático de De Paula (2017) e no retorno de trabalhos desenvolvidos no Brasil.

As strings de busca ou termos de buscas foram formados pelas diversas combinações com as palavras em português: Planejamento, Gerenciamento e BIM. E em inglês: *Planning*, *Management* e BIM. Para aumentar o número de trabalhos e ampliar o nível de conhecimento nesta RSL foi determinado que seriam aderidos a este artigo pesquisas escritas em inglês e português.

As bases de dados foram acessadas durante os meses de março a junho de 2021, e os anos das pesquisas selecionadas foram de 2016 a 2021, intervalo de tempo adotado de acordo com o levantamento de retorno de pesquisa em BIM feita por De Paula (2017) até os dias atuais. Para a seleção foi utilizado o critério de inclusão: estudos que tratam do tema de planejamento e gerenciamento de obras em BIM. E de exclusão: trabalhos repetidos; estudos sem resumo; estudos apenas com resumo; outro idioma fora do escopo (inglês e português); inacessibilidade do estudo; não abordar totalmente o planejamento e gerenciamento da obra, ou seja, abordar apenas o planejamento do canteiro de obras, ou de um serviço específico (revestimentos, alvenaria, estrutura, entre outros).

A leitura e análise dos dados dos documentos foi realizada através de uma ficha de leitura buscando identificar quais os conceitos teóricos utilizados, procedimentos metodológicos e os principais resultados encontrados. Ainda, foram separados em categorias determinadas em razão da similaridade dos conteúdos abordados pelos trabalhos científicos: Planejamento em BIM, Gerenciamento em BIM, Construção Enxuta e BIM, e *Last Planner System* (LPS) e BIM, de maneira que permitisse a abordagem das convergências e divergências encontradas em cada estudo.

O resultado totalizou 31 documentos, encontrados em 25 veículos de informações científicas, dentre os quais revistas, anais de eventos e repositórios de universidades. As pesquisas selecionadas contemplaram 23 artigos científicos e 8 dissertações de mestrado. Devido a escolha das plataformas de busca e palavras chaves, alguns artigos com relevância para o tema não foram aderidos, pois alguns títulos não retornaram nas buscas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das fichas de leitura, foram levantados pontos em comum entre as pesquisas que colocaram em prática o planejamento e gerenciamento de obras utilizando o BIM. No total, 31 trabalhos foram listados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente, os desafios e benefícios do uso do BIM 4D e 5D no gerenciamento

de obras, junto com os autores que os relataram em seus trabalhos. Os resultados e análises foram sintetizados de forma a demonstrar alguns pontos comuns das problemáticas listadas entre um ou mais autores e organizado de acordo com o levantamento realizado em cada pesquisa. Como resultado, foi apresentada a porcentagem em que a problemática aparece nos artigos e o nome dos autores dos trabalhos aderidos a esta RSL.

Tabela 1 – Desafios mais discutidos nos estudos aderidos

%	Descrição	Autores
15	**Falta de expertise da equipe e do gestor de obra quanto ao uso da tecnologia BIM**	Aladag et al. (2016); Silva (2018); Marques (2019); Uchoa (2017); Coelho (2016); Melzner e Hanff (2016); Georgiadou (2019)
15	**Problemas com softwares**	Marques (2019); Gouveia (2016); Rodrigues et al. (2018); Silva (2018); Velho (2016); Mazars e Francis (2020);Häußler e Borrmann (2020)
13	**Falta de interoperabilidade entre softwares**	Matté (2017); Rodrigues et al. (2018); Coelho (2016); Jeong et al. (2016); Velho (2016); LI et al (2021)
11	**Necessidade de mudança cultural na AEC quanto ao controle e planejamento de obras**	Bomfim e Lisboa (2016); Silva (2018); Coelho (2016); Marques (2019); Uchoa (2017); Rodrigues et al. (2018)
7	**Custo alto de implementação e treinamento**	Aladag et al. (2016); Marques (2019); Uchoa (2017); Georgiadou (2019)
7	**Falta de padronização de dados e documentos entre as equipes do projeto**	Smith (2016); Silva (2018); Coelho (2016); LI et al (2021)
5	**Grande consumo de trabalho intensivo para implementação efetiva da tecnologia no planejamento**	Silva (2018); Marques (2019); Matté (2017)
5	**Dificuldade na implementação da tecnologia**	Silva (2018); Marques (2019); Georgiadou (2019)
5	**Resistência da equipe em aderir ao modelo BIM**	Marques (2019); Rodrigues et al. (2018); Uchoa (2017)
5	**Limitação dos softwares BIM no campo do gerenciamento de construções**	Jeong et al. (2016); Gouveia (2016); Velho (2016)
4	**Falta de normas técnicas para padronizar os sistemas BIM**	Uchoa (2017); Lucarelli et al. (2019)
2	**Falta de investimento em tecnologia**	Marques (2019)
2	**Desconsidera tarefas como escavações, limpeza, alguns tipos de revestimentos e fatores de risco**	Gouveia (2016)
2	**Falta de amadurecimento do sistema**	Xu (2017)
2	**Falta se segurança cibernética**	Georgiadou (2019)

Fonte: Organizado pelos autores (2021)

Tabela 2 – Categorização dos benefícios identificados e referência dos autores que as mencionam

(continua)

%	Descrição	Autores
12	**Melhoria na interoperabilidade entre as equipes**	Marques (2019); Matté (2017); Rodrigues et al. (2018); Aladag et al.(2016); Balakina et al.(2018); Bulgakov et al. (2018); Uchoa (2017); Gledson et al. (2016); Álvares et al.(2019); Jeong et al. (2016); Achkar (2016); Melzner e Hanff (2016); Georgiadou (2019); Matos e Miranda (2017); Häußler e Borrmann (2020)
12	**Otimização do cronograma**	Marques (2019); Matté (2017);Rodrigues et al. (2018); Xu (2017); Alrashed et al. (2018); Uchoa (2017); Silva (2018); Carvalho et al. (2017); Gouveia (2016); Melzner e Hanff (2016); Velho (2016); Araújo et al. (2016); Matos e Miranda (2017); Lucarelli et al. (2019); Kazaryan et al. (2020); Häußler e Borrmann (2020)
12	**Redução das incompatibilidades e choques de projetos**	Smith (2016); Xu (2017); Balakina et al. (2018); Gilson (2018); Alrashed et al. (2018); Silva (2018); Coelho (2016); Toledo et al. (2016); Gouveia (2016); Araújo et al. (2016); Georgiadou (2019)
11	**Eleva nível de confiabilidade no projeto**	Marques (2019); Rodrigues et al. (2018); Aladag et al. (2016); Balakina (2018); Bulgakov et al. (2018); Alrashed et al. (2018); Coelho (2016); Toledo et al. (2016); Jeong et al. (2016); Achkar (2016); Bomfim e Lisboa (2016); Matos e Miranda (2017); Kazaryan et al (2020)
11	**Controle visual de obras**	Matté (2017); Rodrigues et al. (2018); Xu (2017); Uchoa (2017); Carvalho et al. (2017); Alvares et al. (2019); Jeong et al. (2016); Bomfim e Lisboa (2016); Velho (2016); Araújo et al. (2016); Matos e Miranda (2017); Kazaryan et al (2020); Konyushkov et al (2020)
10	**Análise de recursos e produtividade mais eficiente**	Marques (2019); Matté (2017); Gilson (2018); Uchoa (2017); Silva (2018); Jeong et al. (2016); Achkar (2016); Gouveia (2016); Melzner e Hanff (2016); Velho (2016); Georgiadou (2019); Matos e Miranda (2017)
5	**Extração de quantitativos automático**	Smith (2016); Marques (2019); Xu (2017); Alrashed et al. (2018); Coelho (2016); Gouveia (2016)
5	**Melhoria nas tomadas de decisão**	Matté (2017); Rodrigues et al. (2018); Uchoa (2017); Achkar (2016); Georgiadou (2019); Lucarelli et al. (2019); Kazaryan et al (2020)
4	**Redução de custos**	Marques (2019); Gilson (2018); Alrashed et al. (2018); Jeong et al. (2016); Georgiadou (2019)

Tabela 2 – Categorização dos benefícios identificados e referência dos autores que as mencionam

(continuação)

3	**Integração e automação do sistema de monitoramento**	Uchoa (2017); Jeong et al. (2016); Achkar (2016); Velho (2016)
3	**Melhoria do arranjo físico e logístico do canteiro**	Xu (2017); Balakina et al. (2018); Carvalho et al. (2017)
3	**Criação de base de dados**	Matté (2017); Rodrigues et al. (2018); Gouveia (2016)
2,5	**Redução de impactos ambientais**	Aladag et al. (2016); Balakina (2018); Georgiadou (2019)
2,5	**Simulação do processo construtivo**	Xu (2017); Araújo et al. (2016); Lucarelli et al. (2019); Mazars e Francis (2020); Häußler e Borrmann (2020)
2	**Redução de retrabalhos**	Rodrigues et al. (2018); Coelho (2016)
2	**Redução de mão de obra ociosa**	Marques (2019); Rodrigues et al. (2018)

Fonte: Organizado pelos autores (2021)

Dentre as 31 pesquisas, 3 artigos científicos abordaram o tema em forma de pesquisas e discussões teóricas. Bulgakov et al. (2018) e Brioso (2019), levantaram o possível benefício do uso das vantagens geométricas do modelo BIM 3D e do controle visual do BIM 4D, fazendo um referenciamento teórico e apontando possibilidades de uso. Gledson et al. (2016) fez uma pesquisa quantitativa com 335 trabalhadores da construção do Reino Unido, onde 63,2% das empresas onde trabalhavam estavam implementando o BIM.

A organização de dois estudos de caso por Silva (2018), foram divididos em: modelagem, fluxo de informação; padronização de parâmetros no modelo BIM e classificação desses; padronização de documentos para orçamento e cronograma; BIM 4D e 5D. A dificuldade na padronização da documentação foi um dos problemas levantados pelo autor, consumindo tempo elevado para iniciar a implementação do sistema de planejamento em BIM. Este desafio foi encontrado por 6% das pesquisas analisadas ao tentar implementar o BIM 4D e 5D.

Cerca de 15% das respostas dos autores na Tabela 1 apresentaram dificuldade com os *softwares* BIM, seja com a modelagem ou com a interoperabilidade entre os diferentes programas. Marques (2019) e Gouveia (2016), no planejamento de obra utilizaram o BIM 4D e 5D, ambos os cronogramas foram executados primeiramente no *MS Excel* e *MS Project* e os autores tiveram dificuldades ao relacionar as atividades no *software Navisworks*. Além disso, Marques (2019) apresentou dificuldades na inserção de fôrmas, escoramentos e andaimes no projeto, durante as simulações utilizando o BIM 4D.

Foi proposto por Uchoa (2017) um método de planejamento e gerenciamento utilizando BIM 5D em uma empresa, e a cada evolução da obra eram ativadas apenas as camadas que estavam concluídas e o que deveria ser planejado, tendo sido útil este controle visual também para 10% das pesquisas analisadas. Dentre os problemas apontados pelo autor e por outros, 8% foram os custos para implementação do BIM e 6% resistência da equipe em utilizar o sistema. Entre outras, o sistema fluiu bem e apresentou resultados satisfatórios no controle de custos com o BIM 5D e progresso da construção com o BIM 4D.

Jeong et al. (2016) apresentou uma proposta de utilizar a simulação da operação da construção com os dados fornecidos pelo modelo BIM para obter a dinâmica de produtividade e planejar a programação e alocação de recursos no BIM 4D E 5D. O BIM permite regenerar facilmente os planos de construção a cada modificação, facilitando um planejamento confiável utilizando a simulação quantitativa integrada. No entanto, foi avaliado pelo autor que, para estender a aplicabilidade desta estrutura, é preciso aplicá-la a vários tipos de construção.

A Construção Modular é composta por múltiplas unidades construídas e pré-montadas em fábricas. Um planejamento desse processo construtivo foi elaborado por Carvalho et al. (2017), com a finalidade de gerar grande variedade de possibilidades de montagem da edificação no canteiro de obras através do BIM 4D. No estudo foi considerada a logística do armazenamento à montagem. Após as simulações é executado o planejamento e o ritmo de produção. Dentre as vantagens citadas pelo autor, a colaboração entre diversos planejadores em tempo real melhorou o processo de planejamento da obra.

O planejamento e o controle da produção visual com a utilização o BIM–foi desenvolvido por Rodrigues et al. (2018) e Todelo et al. (2016). Algumas observações foram apontadas como a falta de detalhamento do projeto no início da obra, e salientaram que as interferências geométricas também foram reduzidas com o uso do BIM 3D. Rodigues et al. (2018) avaliou que uma limitação existente ocorre quando é preciso alterar o modelo 3D, não sendo possível alterar automaticamente a mudança no banco de dados com o uso do BIM 4D. Toledo et al. (2016), ressaltou que grande parte dos erros durante o projeto usando o BIM 4D foi por falta de planejamento antecipado.

É importante observar o aumento de pesquisas recentes de 2020 e 2021 mapeando melhor os benefícios da implementação do BIM 4D e 5D no gerenciamento de obras, como pode ser visto na Tabela 2. Este resultado aponta possível avanço nos métodos e processos durante a utilização do *Building Information Modeling* de 2016 até 2021. No geral, os benefícios são mais citados pelos autores do que os desafios.

4 CONCLUSÃO

Com este estudo foi possível obter um panorama geral das pesquisas realizadas até 2021, na área de gerenciamento e planejamento de obras em BIM. Pode-se observar que muitas das dificuldades encontradas são comuns aos autores de diferentes trabalhos. A falta de expertise dos gestores de obras com relação ao BIM e problemas com *softwares* foram os desafios mais comumente enfrentados, apontando para a realidade da cultura da AEC: a falta de formação de profissionais habilitados para utilizar as ferramentas que compõem a metodologia e os *softwares*. Outro ponto importante para salientar é a necessidade de desenvolvimento de protocolos que facilitem a interoperabilidade entre os *softwares* BIM.

O panorama dos casos estudados através desta RSL pode ser muito benéfico para o meio científico, pois foram listados desafios e benefícios encontrados pelos autores das pesquisas possibilitando a avaliação dos possíveis passos para construir novos estudos. Novas ferramentas e métodos podem ser criados avaliando os pontos críticos do uso do BIM no gerenciamento de obras.

Para futuros trabalhos envolvendo BIM 4D e 5D no gerenciamento de obras, é interessante que sejam elaboradas maneiras eficientes de retroalimentar o andamento da obra, criar formas de padronizar de forma rápida a documentação e dados de entrada na modelagem 3D e mais propostas de inserir o BIM nas salas de aula das Universidades.

REFERÊNCIAS

ACHKAR, Esper. **A BIM-integrated approach to construction quality management enabling information and knowledge management during the execution phase of a project life cycle**. 2016. 80 p. Dissertação. Master of Construction Management and Engineering, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Países Baixos, 2016.

ALADAG, Hande; DEMIRDÖGEN, Gökhan; ISIK, Zeynep. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 161, p. 174-179, 5 ago. 2016. DOI https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.520.

ÁLVARES, J.; COSTA, D.; Barbosa, A. Proposta de método para monitoramento visual sistemático do progresso de obras baseado em mapeamentos 3D por Vant e BIM 4D. **Revista Técnico-científica do CREA-PR**, [s. l.], ed. Ed. Especial XVII, p. 312-325, 12 nov. 2018. Disponível em: http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/507 .Acesso em: 12 out. 2020.

ARAÚJO, J.; LINO, J.; COUTO, P. Ferramentas BIM de apoio à gestão de obra. In: 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Braga, Portugal, ed. 1ª, nov. 2016. **Anais Eletrônicos[...].** Braga: ptBIM, 2016, p. 1-13, 24. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311845064_FERRAMENTAS_BIM_DE_APOIO_A_GESTAO_DE_OBRA. Acesso em: 05 de jun. de 2021.

BALLARD, G. Look ahead Planning: the missing link in production control.In: Annual conference of the international group for lean construction, Gold Coast, 1997. **Proceedings[...].** Gold Coast: IGLC, 1997.

BULGAKOV, A.; BOCK, T. Integration of Lean Management Methods in Construction and the Building Information Modelling. In: MATEC Web of Conferences**. Proceedings[...].** MATEC, 2018, v. 251, n. 7, 14 dez. 2018. DOI https://doi.org/10.1051/matecconf/201825105040.

BALAKINA, A.; SIMANKINA; Tatyana; LUKINOV, Vitaly. 4D modeling in high-rise construction. In: E3S Web of Conferences. **Proceedings[...]**. E3S Web Conf., High-Rise Construction 2017 (HRC 2017), ano 1, v. 33, n. 03044, 6 mar. 2018. 3 Construction Technology and Management, p. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183303044.

BOMFIM, C.; LISBOA, B.; MATOS; P. Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil. In: SIGraDi 2016. **Anais eletrônicos[...]**. XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Buenos Aires, Argentina, p. 556-560, 9 nov. 2016. DOI 10.5151/despro-sigradi2016-724.

COELHO, D. **Utilização do BIM 4D e 5D enquanto metodologia avançada para o planeamento, preparação e monitorização de obras**. 2016. 148 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2016.

DE PAULA, H. M.; RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. DE C.; EDUARDO, R. C. Mapeamento Sistemático de Referências do Uso do BIM na Compatibilização de Projetos na Construção civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, 24 mar. 2017.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre, RS: BOOKMAN, 2014.

FALBO, Ricardo de Almeida. **Mapeamento Sistemático**. Disponível em: http://claudiaboeres.pbworks.com/w/file/fetch/133747116/Mapeamento%20Sistem%C3%A1tico%20-%20v1.0.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

CARVALHO, B.; ITO, A.; CARBONI, M.; COIMBRA, C.; SCHEER, S. Uma proposta de método de planejamento para construções modulares (PMCON). SBTIC 2017. **Anais eletrônicos[...]**. Ceara-BR, ano 2017, v. 161, p. 348-355, 10 nov. 2017.

GEORGIADOU, M. An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. **Construction Innovation**. 19 (3), pp. 298-320, 2019. Doi:10.1108/CI-04-2017-0030.

GILSON, R. Maximizing project delivery through BIM coordination and integration. **Engineer Magazine and Newletters**, 15 Junho 2017. Disponível em: https://www.csemag.com/articles/maximizing-project-delivery-through-bim-coordination-and-integration-2/. Acesso em: 23 nov. 2020.

GLEDSON, B.J.; GREENWOOD, D.J. Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK. **Itcon,** v. 21, pg. 57-71, Jan. 2016. Disponível em: https://www.itcon.org/papers/2016_4.content.02642.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

GOUVEIA, T. **Integração de Ferramentas BIM na Gestão de Obra**. 2016. 109 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2016.

HAUBLER, M.; BORRMAN, A. Model-based quality assurance in railway infrastructure planning. **Automation in Construction**. Volume 109, 2020, 102971, ISSN 0926-5805. DOI:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102971.

JEONG, W.; CHANG, S.; SON, J.; YI, J.et al. BIM-Integrated Construction Operation Simulation for Just-In-Time Production Management. **Sustainability**, Basel, Switzerland, p. 25, 29 out. 2016. DOI: https://doi.org/10.3390/su11247011.

KAZARYAN, R.; GALAEVA, N.; AVETISYAN, R.; ALIEV, S.Building lifecycle management based on 4D modelling as the main workspace for building risk assessment. **E3S Web of Conference ,** Volume 224, Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2020). DOI: doi.org/10.1051/e3sconf/202022402023.

KONYUSHKOV, V.; SOTNIKOV, S.; VERETENNIKOV, V; ERSHOV, I. Application of 4D BIM modelling in planning and construction of zero cycle works. **E3S Web of Conference ,** Volume 164, Topical Problems of Agriculture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE 2019). DOI: doi.org/10.1051/e3sconf.

LI, S.; ZHANG, Z.; MEI, G.; LIN, D.; YU, G.; QIU, R.; SU, X.; LIN, X.; LOU, C. Utilization of BIM in the construction of submarine tunnel: a case study in xiamen city, china. **Journal of Civil Engineering and Management,** 2021, v. 27,pág. 14–26.
DOI: doi.org/10.3846/jcem.2021.14098.

LUCARELLI, M; LAURINI, M.; BERARDINIS, P. 3D AND 4D modelling in building site working control. The International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S. l.], ano 2019, v. XLII-2/W9, 6-8 feb. 2019. DOI: doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-441-2019.

MARQUES, A. **Planejamento e Controle de Obra Integrado ao Bim, com Foco no Processo de Conhecimento**. Orientador: Prof.ª Solange da Silva, Drª. 2019. 106 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - PUC-GO, Goiania, GO, 2019.

MATTOS, Aldo. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini Ltda, 2010. 426 p.

MATOS, C.; MIRANDA, A. The use of Bim in public construction supervision in Brazil. **Sciendo**, Brasília, BR, v. 10, p. 1761–1769, 10 nov. 2018. DOI: doi.org/10.2478/otmcj-2018-0007.

MATTÉ, G. R. **Modelo Interoperável de planejamento e controle do progresso físico de obras utilizando tecnologia BIM**. Orientador: Prof. Dr.-Ing. Malik Cheriaf Florianópolis 2017. 2017. 357 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia Civil) - UFSC, Florianópolis, SC, 2017.

MAZARS, T; ADEL, F. Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning. **Automation in Construction**, Volume 112, 2020, 103076, ISSN 0926-5805. DOI: doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103076.

MELHADO, Sílvio Burrattino; SOUZA, Ana Lúcia Rocha de; FONTENELLE, Eduardo; *et al.* **Coordenação de projetos de edificações**. Companhia das Rosas, 2005.

MELZNER, Jürgen; HANFF, Jochen. Automatic Generation of 4D-Schedules for reliable Construction Management. **Lake Constance 5D-Conference 2016**, [S. l.], p. 112-124, 4 out. 2016.

NURSEN, P.; BOONYUNG, W.;NUSEN, S.;PANUWATWANICH, K.; CHAMPRASERT, P.; KAEWMORACHAROEN, M. Construction Planning and Scheduling of a Renovation Project Using BIM-Based Multi-Objective Genetic Algorithm. **Appl. Sci. 2021**, 11, 4716. https://doi.org/10.3390/app11114716.

RODRIGUES, P. B. de F.; MACHADO, R. L.; MENDES JÚNIOR, R.; ROMAGNOLI, L. D. S. C. Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema last planner. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 301-317, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400306.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirementes For Building Information Modeling Based Lean Production Management Systems FOR construction. **Automation in Construction**, v. 19. p. 641655, 2010.

SILVA, P. **Diretrizes de modelagem da informação da construção (BIM) em projeto e planejamento de edifícios multipavimentos**. Curitiba 2017. 2018. 293 p. Dissertação (Grau de Mestre em Construção Civil) - UFPR, CURITIBA, PR, 2018.

SILVA, P; CRIPPA, J.; SCHEER, S. BIM 4D no planejamento de obras: detalhamentos, benefícios e dificuldades. **Periódicos Unicamp**, Campinas, SP, ano 2019, v. 10, n. e019010, p. 1-13, 26 fev. 2019. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8650258.

SMITH, Peter. Project Cost Management with 5D BIM**. Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], ano 2016, v. 226, p. 193-200, 17 jun. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.179.

TOLEDO, Mauricio; OLIVARES, Katherine; GONZALEZ, Vicente. "Exploration of a Lean-BIM Planning Framework: A Last Planner System and BIM-Based Case Study.".2016. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston. **Anais Eletrônicos[...]**. MA, USA, sect.5 pp. 3–12. Disponível em:

UCHOA, M. K. **Planejamento e Controle de Obras Utilizando Tecnologia BIM. Orientador**: Prof.ª Drª. Caroline Maria de Miranda Mota. 2017. 95 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - UFPE, Recife, 2017.

VELHO, R. **Implementação de metodologias BIM e preparação e controlo de obras**. Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins. 2016. 89 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2016.

XU, Jiang. Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 174, p. 600-610, 19 jan. 2017. DOI https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194.