



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DO 4D BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ATUALIZAÇÃO E CONTROLE DO CRONOGRAMA DE OBRAS RODOVIÁRIAS¹

RIOS, Thalyta de Miranda Lanna (1); MOGNHOL, Tiely Zurlo (2) CARDOSO, Luiz Reynaldo de Azevedo (3)

(1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, thalyta.rios@usp.br

(2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, tielyzm@usp.br

(3) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, luizcardoso@usp.br

RESUMO

Os processos utilizados para a atualização e controle do cronograma de obras rodoviárias no Brasil são, em muitos casos, baseados em formulários com registros manuais, o que demanda maior tempo para identificação dos possíveis desvios, bem como a atribuição de resposta para estes. Neste contexto, o objetivo desse estudo é avaliar como o 4D BIM pode contribuir na otimização das etapas de atualização e controle do cronograma de obras rodoviárias, integrando diferentes tecnologias nos processos de gestão do tempo. A metodologia de pesquisa baseia-se em: uma revisão bibliográfica, que apresenta o cenário da gestão do tempo em obras rodoviárias e as prováveis contribuições do 4D BIM para otimização dos referidos processos; e um estudo de caso que contextualiza o processo adotado para a gestão do tempo em uma obra rodoviária. Como resultados, pretende-se estabelecer um paralelo entre a literatura e as práticas de gerenciamento do tempo em obras de rodovias e ressaltar os possíveis benefícios do uso do 4D BIM e as tecnologias associadas, tais como unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanners, tablets entre outros.

Palavras-chave: 4D BIM, Gestão do tempo, Rodovias, Cronograma, Controle.

ABSTRACT

It is worth to highlight that the processes used to updated and control the schedule of road works in Brazil are, in many cases, based on forms with manual record, demanding more time to identify possible deviations, as well as attributing answers to these. In this context, the objective of this study is to evaluate how 4D BIM may contribute to optimize the update and schedule control of road works, integrating different technologies in processes of time management. The research methodology is based on: a literature review, presenting the scenario of time management in road works and the possible contributions of the 4D BIM for optimizing the mentioned processes; and a case study contextualizing the process adopted for managing time in a road work. As a result, it is intended to establish a parallel between literature and the practices of time management in road works, and to highlight the possible benefits of using the 4D BIM and associated technologies, such as unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanners, tablets among others.

¹ RIOS, Thalyta de Miranda Lanna; MOGNHOL, Tiely Zurlo; CARDOSO, Luiz Reynaldo de Azevedo. Análise dos Benefícios do 4d Building Information Modeling (BIM) na Atualização e Controle do Cronograma de Obras Rodoviárias. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Keywords: 4D BIM, Time management, Highways, Schedule, Control.

1 INTRODUÇÃO

O uso do *Building Information Modeling* (BIM) é crescente na indústria da construção civil, especialmente no setor de edificações (CORREA *et al.* 2019). De acordo com o estudo da Dodge Data & Analytics (2017), têm contribuído para esse crescimento o fato de que os processos e tecnologias, inerentes ao BIM, apresentam benefícios em todos os segmentos de construção, a saber: redução de conflitos; redução de problemas relacionados à coordenação de campo e mudanças durante a construção; melhor comunicação entre as equipes e compreensão da visualização do projeto pela modelagem; redução de erros e omissões em documentos de construção; redução de retrabalhos; redução dos custos de construção; maior envolvimento do cliente e/ou da comunidade; e redução da duração geral do projeto.

Este mesmo estudo destaca que, apesar da crescente aplicação do BIM em obras de infraestrutura de transportes, esse segmento apresenta um atraso de três anos quando comparado ao segmento de edificações, e esse atraso é ainda maior em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Alguns dos fatores que podem contribuir com esse cenário são: menor oferta de ferramentas e dados de entrada; escassez de processos de trabalho bem definidos; e menor oferta de normas e publicações neste segmento, também em comparação com o segmento de edificações (CORREA *et al.* 2019).

De maneira específica, a execução de rodovias segue uma sequência de atividades e procedimentos repetitivos ao longo de toda sua extensão, e a automatização dos processos, por meio do BIM, torna-se ainda mais relevante (COSTIN, 2018). Isso foi evidenciado no trabalho de Mawlana, Vahdatikhaki, Doriani, e Hammad (2015), que desenvolveram estudos a partir de técnicas de modelagem 4D voltados para a melhoria no controle da construção de rodovias, e constataram uma significativa otimização do uso de recursos; diminuição de desperdícios; melhoria na fase do estudo de viabilidade; e melhoria nos processos de detecção de inconsistências de atividades antes e durante a execução. Cabe destacar que esses resultados auxiliam a tomada de decisão dos gestores, especialmente na fase de concepção do projeto e execução da obra.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O tempo é um dos mais estratégicos indicadores de sucesso de um projeto, tendo em vista que, ao não atender o prazo estipulado para execução das atividades, o desempenho global do projeto será afetado. Silva (2015) aponta que a gestão do tempo ineficiente abre a possibilidade de frustração de prazo; sobrecusto no orçamento; desgaste entre o construtor e o cliente; e processos judiciais. Para Silva, Corrêa e Ruas (2018), o planejamento e o controle das atividades são importantes para evitar ou minimizar esses efeitos. Entretanto, a experiência dos autores aponta que, no Brasil, ainda é comum encontrar obras em atraso, com custos excedentes e falhas de execução, o que diminui a credibilidade das empresas de construção.

De acordo com Narciso (2013), a falta de processos de gerenciamento ou a aplicação inadequada desses processos na construção civil conduz ao descontrole do tempo e dos custos, impactando de forma direta os resultados dos projetos, e isso evidencia ainda mais a necessidade de adoção de novas ferramentas para

umentar a eficiência do processo de gerenciamento de projetos. Mattos (2014) aponta que planejamento e controle se relacionam de forma condicionante para obtenção dos resultados esperados em termos de prazo e custo dos projetos. Por esta razão, é importante que as empresas de construção se atualizem sobre novas tecnologias, e os benefícios que a implantação destas pode trazer para o gerenciamento das obras.

De acordo com Borges (2019) o BIM consiste em um processo otimizado para planejar, projetar, construir, utilizar e manter uma construção durante todo seu ciclo de vida, e essa otimização parte de um modelo normalizado que contém todas as informações necessárias às partes interessadas. Utilizando-se da quarta dimensão do BIM é possível relacionar softwares de planejamento que apresentam o avanço físico da obra em função do cronograma proposto, bem como o acompanhamento físico no momento da execução do produto, possibilitando identificar atrasos e futuras interferências construtivas (CARVALHO, 2016).

O planejamento de rodovias geralmente é complexo devido à sua interface com diversas áreas de conhecimento, como geotecnia, estruturas, saneamento, dentre outras. Cada uma dessas exige uma quantidade significativa de tempo e esforço de planejamento, a fim de identificar várias alternativas de execução (KIM *et al.*, 2016) e, ao definir a metodologia mais adequada de construção, a prática geral é estimar o custo e a duração da execução. Além disso, as diferentes áreas que compõem o conjunto de projetos de uma obra de rodovia, geralmente são feitos por profissionais ou empresas distintas, o que aumenta o número de conflitos e problemas de compatibilização, percebidos, na maioria dos casos, apenas na fase de execução da obra. Os projetos que utilizam o BIM aumentam o desempenho de execução, visto que existe a colaboração entre as equipes que ocorre por meio de uma plataforma de trabalho a partir de um modelo único de projeto ou com vários modelos que possuem vínculos entre si, e, conseqüentemente, o controle dos serviços e produtividade dos envolvidos é maior (OH, HONG, LEE, JEONG, 2015).

2 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa está dividida em duas etapas: revisão de literatura e estudo de caso. A revisão de literatura foi desenvolvida de duas formas: a) revisão de literatura sem meta-análise, que apresenta o cenário da gestão do tempo em projetos e b) pesquisa na base de dados SCOPUS com o intuito de exemplificar a metodologia, softwares e estudos de caso com a utilização do 4D BIM.

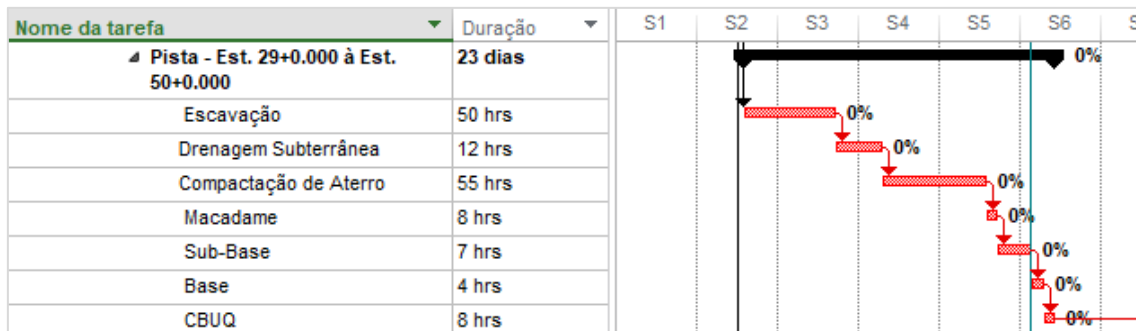
A segunda etapa apresenta um estudo de caso que contextualiza o processo adotado para a gestão do tempo em obras rodoviárias. Para coleta de dados, foi utilizado o tipo de entrevista denominado levantamento (YIN, 1991). Para desenvolvimento deste estudo, foi selecionada uma obra de duplicação de rodovia, cujo segmento a ser duplicado estava inserido ao longo do trecho urbano de uma cidade brasileira. O prazo para execução da obra era de 15 meses, destacando-se a importância do controle de prazos nesta obra, visto as severas multas previstas por atraso do prazo contratual. O escopo da obra previu a implantação de 10 km de duplicação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Planejamento e controle da obra

Na obra, objeto deste estudo, o cronograma foi elaborado no software Microsoft Project, ferramenta também utilizada na atualização do percentual de avanço das atividades. As principais atividades da obra são as que constituem a estrutura do pavimento. A interligação entre essas atividades ocorre de forma sequencial, constituindo parte do caminho crítico da obra. Uma vez que não se pode executar uma camada do pavimento sem a completa conclusão anterior, qualquer atraso em uma das camadas, implica em atrasos nas etapas subsequentes. A Figura 1 apresenta um exemplo da estruturação destas atividades no cronograma em um dos trechos da obra.

Figura 1 – Sequência das atividades do cronograma



Fonte: dados do projeto

Por se tratar de uma obra linear, com várias frentes de serviço simultâneas, foi necessária a alocação de uma equipe com muitos profissionais para a realização dos registros de campo, que eram realizados manualmente, em formulários padronizados, sendo as informações posteriormente digitadas nos softwares adotados para o controle físico-financeiro e análise dos desvios (previsto x realizado).

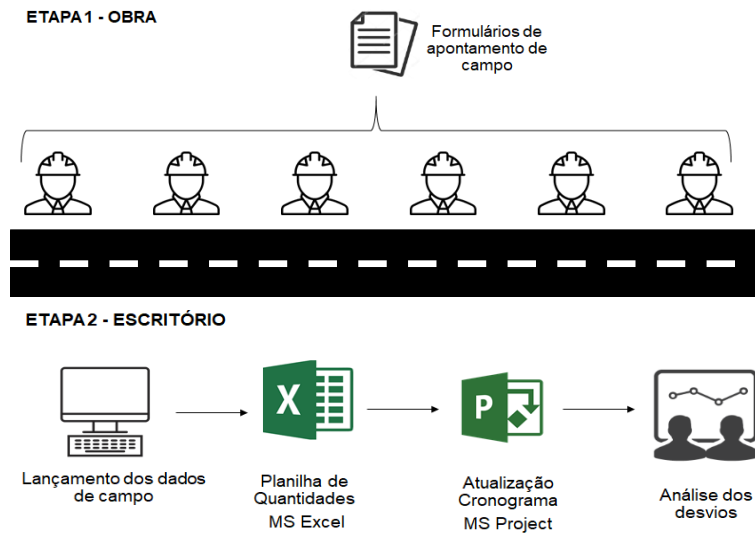
A Figura 2 ilustra o processo adotado na obra de duplicação de rodovia, sendo a etapa 1 a fase que ocorre no canteiro de obras, onde são preenchidos os formulários manuais pelos apontadores das várias frentes de serviço. Já a etapa 2 ocorre no escritório e inicia quando os formulários de campo são entregues à equipe técnica, que faz o lançamento dos quantitativos executados em uma planilha do software Microsoft Excel. Em seguida é feita a análise do avanço físico, que compara os quantitativos previstos e realizados para definição do percentual de avanço de cada atividade do cronograma. Esses percentuais são digitados manualmente no software Microsoft Project, onde também são atualizadas as datas de início e término das atividades. A atualização do cronograma permite a análise dos desvios.

A Figura 3 apresenta um exemplo do cronograma atualizado, em que as barras do gráfico de gantt mostram o desvio do percentual executado em comparação com os dados previstos na linha de base.

A rotina de atualização do cronograma desta obra ocorreu da seguinte forma:

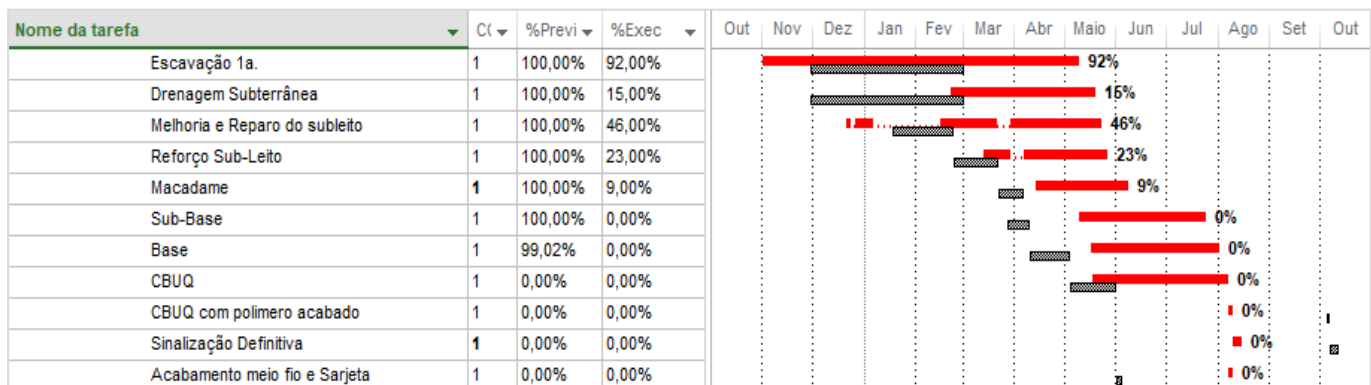
- o cronograma era atualizado semanalmente, às quintas-feiras.
- os percentuais de avanço adotados na atualização do cronograma referiam-se aos quantitativos executados até a sexta-feira da semana anterior – este *delay*, de uma semana, é função do tempo necessário para realizar todo o processo descrito nas etapas 1 e 2.
- Nas sextas-feiras eram realizadas as reuniões gerenciais, ocasião em que os desvios do cronograma eram analisados.

Figura 2 - Processo adotado na obra para atualização do cronograma



Fonte: dados do projeto

Figura 3 - Exemplo do cronograma atualizado



Fonte: dados do projeto

Este processo, além de demandar muitas horas da equipe de controle, apresentava um cenário "atrasado" para os gestores do projeto, o que resultava em um atraso na tomada de decisão para os desvios.

3.2 Aplicação prática do 4D BIM

As pesquisas realizadas na base de dados SCOPUS sobre a adoção do 4D BIM em obras de rodovias, não resultou em estudos específicos para este tipo de obra. Entretanto, uma busca utilizando os termos "4D BIM" e "schedule*" foram identificados 51 estudos (artigos, conference papers e conference review) para o uso do 4D BIM na construção em geral. Após realização da análise dos títulos e resumos, destacam-se abaixo os considerados mais relevantes, pela possibilidade de adoção das práticas citadas em obras do segmento rodoviário.

Tirunagari e Kone (2019) destacam que o gráfico de gantt ainda é a ferramenta mais utilizada pelos planejadores, entretanto, enfatizam as limitações quanto à visualização do progresso da construção e a incapacidade de detecção de conflitos. Neste sentido, a modelagem em 4D BIM se apresenta como solução para tais lacunas.

Tsai *et al.* (2019) apresenta em seu estudo uma sequência de 4 passos para a implementação do 4D BIM: Passo 1. Exportação do modelo 3D do Revit para o NavisWorks; Passo 2. Exportação do cronograma do MS-Project para o NavisWorks; Etapa 3. Vinculação dos objetos 3D do modelo às atividades do cronograma; e Passo 4. Verificação do relacionamento entre objetos 3D e o cronograma. Neste estudo é realizada uma avaliação dos prazos para cada um dos 4 passos e os resultados indicam que o processo de conversão da informação 2D para o modelo 3D é significativamente mais demorado do que o processo de concepção do modelo 4D.

Vilventhan e Rajadurai (2019) desenvolveram um estudo adotando o uso do 4D BIM em uma ponte na Índia. Neste estudo foi apresentada a metodologia de elaboração do modelo 4D, também utilizando o software Autodesk Navisworks, onde ocorreu a integração entre o cronograma (MS Project) e modelo 3D (Revit). Os benefícios apontados são: a capacidade do modelo 4D de apresentar visualmente o monitoramento da execução de toda a estrutura; a visualização da sequência de atividades de construção; apoio na identificação de erros lógicos do cronograma; otimização geral do cronograma da obra e agendamento de recursos, bem como a agilidade na tomada de decisões.

Hamledari *et al.* (2017a) propôs em seu estudo um método para atualização automatizada do modelo 4D BIM denominado "BAUS" (atualização automatizada de programações BIM). Este método utiliza as soluções existentes para a detecção do status do progresso dos elementos da construção, alavancando o uso de tecnologias de captura de realidade para a atualização do progresso no modelo BIM. Neste estudo destacou-se o uso de *laser scanner* para geração de um 3D através de uma nuvem de pontos. O status do progresso é então traduzido para o *industry foundation classes* (IFC) e utilizados como entrada no modelo 4D BIM. O método modifica a hierarquia do cronograma; atualiza as taxas de progresso dos elementos de construção; codifica por cores os elementos de construção com base no progresso real e previsto; e atualiza as durações da tarefa e as datas de término. Importante destacar que o método foi testado em um caso real e conclui-se que é uma solução confiável, com altas taxas de precisão e devido ao seu bom desempenho, os autores consideram que a atualização automatizada de 4D BIM e seu uso durante a construção configura-se como forte tendência.

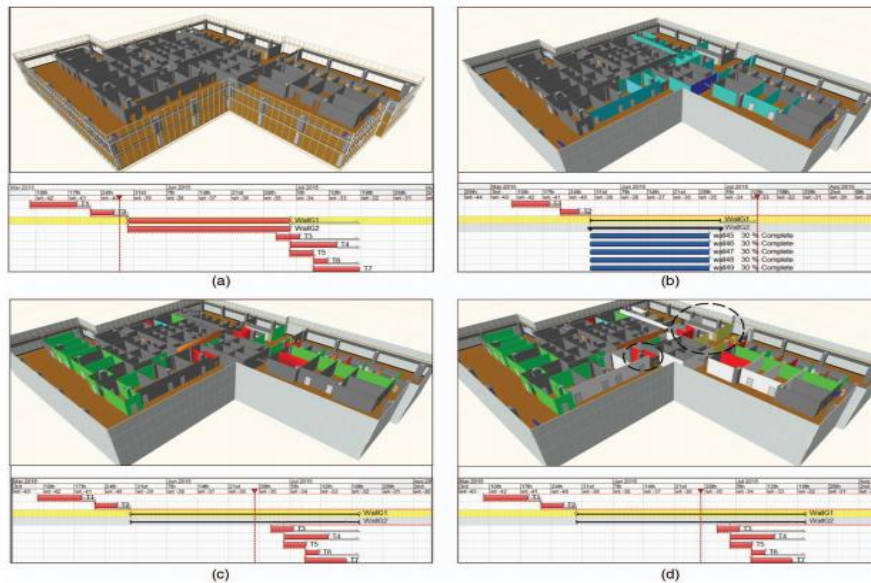
A Figura 4 mostra os resultados do processo de atualização em que foram adotadas as cores: azul para as tarefas adiantadas, verde para as que estão conforme planejado, amarela para as que possuem pequenos atrasos e vermelho para as atrasadas.

Park e Cai (2017) propõe uma estrutura dinâmica para atualização automática do modelo 4D BIM através de um ambiente *web*, facilitando a visualização do progresso diário da construção.

Outro estudo desenvolvido por Hamledari *et al.* (2017b) demonstrou a aplicação de técnicas de rastreamento de progresso e detecção de objetos com base em imagens utilizando plataformas dinâmicas de coleta automatizada de dados e captura de imagem, como *unmanned aerial vehicles* (UAV). Os autores identificam o uso de UAVs como uma ferramenta de grande potencial para eliminar tediosos, trabalhosos e dispendiosos processos de captura manual de imagens. Também pode fornecer uma visão mais clara e mais informativa do status da construção devido à alta agilidade e manobrabilidade dos UAVs. Como ponto negativo, ressaltaram que é de extrema importância analisar o efeito do comportamento altamente dinâmico dos UAVs na precisão das imagens capturadas, pois estão sujeitas a desfoques de

movimento, o que não só pode comprometer o objeto e a precisão de reconhecimento de progresso, mas também a qualidade e confiabilidade das informações do status da construção resultantes do modelo 4D BIM.

Figura 4 – Resultado do processo de atualização do 4D BIM utilizando cores



Fonte: Hamledari *et al.* (2017)

Lin e Golparvar-Fard (2018) apontaram os seguintes benefícios do modelo 4D: fornece interfaces visuais de informações entre os envolvidos dentro e fora do canteiro de obras; permite fluxos de envio e extração de informações eficazes; descentraliza o rastreamento do trabalho; facilita o controle de qualidade do processo e as transferências de dados entre os envolvidos e ainda transforma fluxos de trabalho retrógrados e orientados a tarefas nas reuniões de coordenação do contrato para práticas proativas orientadas pelas possibilidades de visualização e simulações no modelo.

Além disso, a maior parte dos estudos supramencionados destacaram a necessidade de maior desenvolvimento de pesquisas na área, desenvolvimento de softwares e ferramentas de captura das informações e a capacitação de equipes como essenciais para a ampla adoção do modelo 4D BIM.

4 CONCLUSÃO

Após a análise apresentada, conclui-se que a adoção do 4D BIM pode contribuir de forma relevante na otimização dos processos de atualização e controle do cronograma de obras rodoviárias, a exemplo das deficiências apresentadas no estudo de caso. O 4D BIM apresenta-se como um modelo com potencial para solucionar os problemas destacados no estudo de caso. O 4D BIM associado às demais ferramentas e tecnologias, possibilita a rápida atualização do status do andamento da obra, através da automatização deste processo, eliminando as etapas 1 (obra) e 2 (escritório) e os respectivos *delays* entre os apontamentos de campo e a atualização do cronograma - agilizando a tomada de decisão e consequentemente, contribuindo para o sucesso do empreendimento.

Outros benefícios do modelo no gerenciamento do tempo da obra são: detecção de conflitos na sequência construtiva; rastreabilidade e descentralização das

informações; maior confiabilidade das informações vindas da obra; facilidade no controle de qualidade do processo; reuniões gerenciais mais proativas com possibilidade de simulações de diferentes cenários no modelo; possibilidade de utilização de diferentes tecnologias para a detecção do status do progresso da obra, (como o *laser scanners*, *tablets*, *smartphones* e UAVs), e atualização diretamente no modelo.

Importante ressaltar a necessidade de desenvolvimento de pesquisas sobre o 4D BIM, sobretudo para o setor de obras rodoviárias, com abrangência à integração de softwares BIM e ferramentas de detecção do avanço da obra, além do treinamento de toda a equipe, indispensável para que os benefícios levantados sejam alcançados.

REFERÊNCIAS

- BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2019.
- CARVALHO, M. M. G. **Gestão de projetos: o BIM nas organizações**. Dissertação (mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016.
- CORREA, S. L. M. *et al.* **BIM para infraestrutura de transportes**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, 2., 2019, Campinas, SP. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/180>
- COSTIN, A. **Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure: Literature review, applications, challenges and recommendations**. Automation in Construction, Elsevier, 2018.
- DODGE DATA AND ANALYTICS. **The business value of BIM for infrastructure 2017**. SmartMarket Report, v. 1, n. 2017, p. 1–68, 27 set. 2017.
- HAMLEDARI, H. *et al.* (2017a). **Automated schedule and progress updating of IFC-Based 4D BIMs**. Journal of Computing in Civil Engineering, 31(4), 1–16.
- HAMLEDARI, H. *et al.* (2017b). **Evaluation of computer vision- And 4D BIM-based construction progress tracking on a UAV platform**. 6th CSCE-CRC International Construction Specialty Conference 2017 - Held as Part of the Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference and General Meeting 2017, 1(March), 621–630.
- KIM, H. *et al.* **Developing a 3D intelligent object model for the application of construction planning/simulation in a highway project**. KSCE J Civ Eng 20, 538–548 (2016) doi:10.1007/s12205-015-0463-4
- LIN J.J.; GOLPARVAR-FARD M. (2018) **Visual data and predictive analytics for proactive project controls on construction sites**. In: Smith I., Domer B. (eds) Advanced Computing Strategies for Engineering. EG-ICE 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10863. Springer, Cham.
- MATTOS, Al. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2014.
- MAWLANA, M.; VAHDATIKHAKI, F.; DORIANI, A.; HAMMAD, A. **Integrating 4D modeling and discrete event simulation for phasing evaluation of elevated urban highway reconstruction projects**. Automation in Construction, 2015.
- NARCISO, M. A. **Gerenciamento do tempo do projeto aplicado a obras civis: como diminuir os problemas com atraso, custo e qualidade**. Brasília – DF: UNICEUB, 2013. 30 p.
- OH, M.; HONG, S.; LEE, J.; JEONG, Y. **Integrated system for BIM-based collaborative design**. Automation In Construction, v. 58, p.196-206, out. 2015. Elsevier BV.

PARK, J.; CAI H. (2017) **Framework of dynamic Daily 4D BIM for tracking construction progress through a web environment**. Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings. pp. 193-201

SILVA, M. A. O.; CORRÊA, L. R.; RUAS, A. X. A. Gerenciamento de projetos na construção civil: tempo, custo e qualidade. **Revista Construindo**, Belo Horizonte. Volume 10, número 02, p. 01 – 20, Jul - Dez. 2018.

SILVA, M. V. B. Gestão do tempo na construção civil e sua relação com as demais áreas da gestão de projetos. **Revista Especialize On-line IPOG** - Goiânia - 9ª Edição nº 010 Vol.01/2015 julho/2015

TIRUNAGARI, H. V.; KONE, V. (2019). **Simulation of construction sequence using BIM 4D techniques**. International Journal of Recent Technology and Engineering, 7(6), 877–881.

TSAI, M. H. *et al.* (2019). **Experiences using building information modeling for a construction project**. EG-ICE 2010 - 17th International Workshop on Intelligent Computing in Engineering, (July).

VILVENTHAN, A.; RAJADURAI, R. (2019). **4D Bridge Information Modelling for management of bridge projects: a case study from India**. Built Environment Project and Asset Management. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-05-2019-0045>

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Newbury Park: Rev. ed. Sage Publications, 1991.