

# MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM NO FLUXO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO NA OBRA

**KANAI, Julia (1); FONTANINI, Patrícia Stella Pucharelli (2); GRANJA, Ariovaldo Denis (3); ILHA, Marina Sangoi de Oliveira (4)**

(1) Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, j192221@g.unicamp.br (2) Prof. Dra. LABTEC, Universidade Estadual de Campinas, patricia@fec.unicamp.br (3) Prof. Dr. Laboratório de Gerenciamento da Construção (LAGERCON), Universidade Estadual de Campinas, adgranja@fec.unicamp.br (4) Prof. Dra. Departamento de Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, milha@fec.unicamp.br

**Resumo:** *O gerenciamento das operações de logística é extremamente importante para evitar os conflitos de fluxo de trabalho. Neste cenário, o BIM apresenta-se como facilitador virtual para simular, visualizar processos de produção e operações, e para a identificação de conflitos espaciais que podem ocorrer nas três dimensões e ao longo do tempo. Apesar de haver muitas formas de minimizar o desperdício de logística na obra, poucos estudos têm abordado o uso do BIM para operações logísticas e redução de resíduos de transporte em locais de trabalho. Este artigo apresenta um Mapeamento Sistemático de Literatura sobre os principais estudos do BIM no fluxo de materiais, pessoas, espaço e informação com foco em pré-fabricados de concreto, a fim de identificar oportunidades de estudo para a minimização de resíduos em espaços de trabalho e fluxos de trabalho. A metodologia empregada baseia-se em um Mapeamento Sistemático de Literatura dos últimos 20 anos, na qual foram coletadas informações de quatro Bases de Dados. O objetivo deste trabalho é contribuir para uma visão geral da área e identificar lacunas na literatura, entender a eficácia e eficiência dos métodos e das tecnologias envolvidas, e tomar as melhores decisões possíveis relacionadas com pesquisas e práticas futuras.*

**Palavras-chave:** *BIM, pré-fabricados de concreto, gerenciamento da logística, fluxo, Mapeamento Sistemático da Literatura.*

**Área do Conhecimento:** *Gerenciamento da Construção – Tecnologia de processos e sistemas construtivos – Universidade Estadual de Campinas.*

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria da construção está crescendo em tamanho e complexidade. Algumas questões, como falta de espaço de trabalho, áreas concorrentes e restritas e planejamento deficiente do espaço de trabalho causam perda significativa de tempo e dinheiro em um projeto de construção (MOON et al., 2014). Estes problemas estão relacionados com o planejamento das operações logísticas de construção, principalmente os fluxos de materiais, pessoas, espaço e informação.

Por outro lado, a crescente complexidade dos projetos aumentou o desenvolvimento e a utilização de abordagens de Tecnologias de Informação e Comunicação (BRYDE et al., 2012), e seguindo essa tendência, a expansão do BIM (*Building Information Modeling*) tem sido enorme na última década. Eastman et al. (2011) define BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. Succar (2009) também definiu como “um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar o projeto, a construção, a operação e o descarte da edificação num formato digital”.

Especificamente, o objetivo dos modelos 4D BIM no planejamento de produção é fornecer um ambiente virtual para simular, visualizar processos de produção e operações, e para a identificação de conflitos espaciais que podem ocorrer nas três dimensões e ao longo do tempo (TANTISEVI E AKINCI, 2007). Apesar de vários estudos serem encontrados na literatura sobre a aplicação de modelos 4D na construção, poucos estão relacionados para as operações de logística e ainda falta um conjunto sistemático de conhecimentos sobre esta área. Por esses motivos, este artigo tem o objetivo de executar um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre e BIM na logística do fluxo na obra direcionando para pré-fabricados de concreto. Assim será possível fornecer uma visão geral da área e identificar lacunas na literatura, entender a eficácia e eficiência dos métodos e das tecnologias envolvidas, e tomar as melhores decisões possíveis relacionadas com pesquisas e práticas futuras.

## 2 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

### 2.1 Definição

Kitchenham e Charters (2007) definiram o mapeamento sistemático como uma ampla revisão de estudos primários em uma área temática específica que visa identificar quais as evidências disponíveis sobre o tema. Mais tarde, Petersen et al. (2008) elaboraram uma definição mais detalhada explicando que o principal objetivo do mapeamento sistemático é fornecer uma visão geral de uma área de pesquisa, identificar a quantidade e o tipo de pesquisa e os resultados disponíveis nela. Muitas vezes, pretende-se mapear as frequências de publicação ao longo do tempo para ver as tendências. Um objetivo secundário pode ser identificar os fóruns em que a pesquisa na área foi publicada.

O Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) é uma metodologia proposta pelo paradigma *evidence-based* que fornece um meio para analisar sistematicamente um tópico de pesquisa (PETERSEN et al., 2008). As evidências (um modelo, uma técnica ou um estudo de caso) são divulgadas em um trabalho de publicação, os artigos que contribuem para uma revisão sistemática são chamados estudos primários, enquanto as revisões sistemáticas e, em geral, qualquer estudo baseado na análise de pesquisas anteriores é um estudo secundário (FEBERO et al., 2014).

O advento de uma abordagem sistemática aos estudos secundários em engenharia de software foi em 2004 (KITCHENHAM et al., 2004) quando a engenharia de software baseada em evidências (EBSE) foi introduzida como um conceito. Mais tarde, foi adaptado aos profissionais de software (DYBA et al., 2005). A abordagem do EBSE foi inspirada na prática da medicina baseada em evidências, embora estudos secundários tenham sido usados em sistemas de informação (WEBSTER e WATSON, 2002),

A engenharia de software baseada em evidências (EBSE) pode ser vista como uma evolução da pesquisa que discute a necessidade de sintetizar os resultados da pesquisa como discutido no final da década de 1990 (PICKARD et al., 1998, MILLER, 1999, HAYES, 1999). Pickard et al. (1998) discutiu a combinação dos resultados da pesquisa, Miller (1999) aborda a questão da combinação de resultados de pesquisa através de meta-análise e Hayes (1999) usa o conceito de síntese dos resultados da investigação. Todos eles enfatizam a necessidade de uma abordagem sistemática não apenas para conduzir estudos individuais de pesquisa, mas também para construir conhecimento a partir da combinação de achados de diferentes estudos sobre um tópico. Um desses primeiros exemplos é o trabalho de Basili et al. (1999), onde os autores procuram combinar a pesquisa e, portanto, o conhecimento que temos sobre a pesquisa em inspeções de software.

### 2.2 Benefícios

Um mapeamento sistemático de literatura é um estudo secundário baseado em evidências (*evidence-based*) que fornece uma visão abrangente de uma área de pesquisa, identificando tipos comuns de locais de publicação (por exemplo, conferência ou revista), análises quantitativas (por exemplo, número de estudos publicados por ano) e pesquisas encontradas nas áreas de investigação (PETERSEN et al., 2008). Os estudos sistemáticos de mapeamento oferecem múltiplos benefícios. Em primeiro lugar, os estudos de mapeamento identificam lacunas e clusters de artigos baseados em temas frequentes na pesquisa atual, incluindo a natureza e a extensão dos dados empíricos sobre um tópico, usando um procedimento sistemático e objetivo (BUDGEN et al., 2008). Em segundo lugar, estudos de mapeamento ajudam a planejar novas pesquisas, evitando a duplicação de esforços (SILVEIRA NETO et al., 2011). Em terceiro lugar, identificam tópicos e áreas para futuras revisões sistemáticas da literatura, uma forma mais aprofundada de estudos secundários com foco em áreas de pesquisa menores, em comparação com estudos de mapeamento (TOFAN et al., 2014).

### 2.3 Etapas de elaboração

De acordo com Kitchenham e Charters (2007), um Mapeamento Sistemático de Literatura é conduzido por: planejamento, realização de uma pesquisa e triagem de estudos primários usando critérios de inclusão e exclusão. O mapeamento sistemático também conduz à extração e análise de dados através da identificação de categorias e da classificação dos estudos primários nessas categorias, e à de um mapa contendo os resultados (FEBERO et al., 2014).

A primeira etapa é o planejamento que consiste na definição do âmbito de aplicação através das perguntas de investigação. Estas questões devem ser concebidas tendo em conta o objetivo que o mapeamento sistemático pretende atingir. Outra tarefa desta etapa é a estratégia de pesquisa para a seleção de fontes estabelecendo quais fontes de pesquisa (banco de dados de publicação acadêmica e profissional de ponta)

serão usadas para encontrar os estudos primários. Os critérios de disponibilidade, acessibilidade e qualidade devem ser tomados em consideração neste momento. Por último, deve-se estipular um critério de seleção. Um elemento que é de suma importância durante o planejamento sistemático de mapeamento é a definição dos Critérios de Inclusão (IC) e dos Critérios de Exclusão (EC). Esses critérios possibilitam a inclusão de estudos primários relevantes para responder às questões de pesquisa e excluir estudos que não os respondam. Esses critérios devem ser simples de aplicar e não exigir qualquer interpretação para fazê-lo, a fim de mitigar o viés cultural de cada avaliador durante a etapa de seleção do estudo (FEBERO et al., 2014).

A segunda etapa é a realização da pesquisa. Isso significa procurar documentos relevantes. Nesta etapa, a pesquisa de estudos primários é conduzida de acordo com um plano previamente estabelecido. Esta pesquisa é conduzida procurando por todos os estudos primários que correspondem à cadeia de pesquisa nas fontes de pesquisa. Isso pode ser realizado automaticamente se essas fontes têm um mecanismo de busca eficiente. Isso é feito através do estabelecimento de palavras-chave e as sequências de pesquisa (FEBERO et al., 2014).

A terceira etapa é a seleção dos estudos primários. Nesta etapa, os critérios de seleção (isto é, critérios de inclusão e exclusão) são aplicados para selecionar os estudos primários relevantes (FEBERO et al., 2014).

A quarta etapa é a análise e classificação. Os revisores leem o título e o resumo na busca de termos e conceitos que reflitam a contribuição do artigo. Ao fazê-lo, o revisor também identifica o contexto da pesquisa. Os estudos podem ser agrupados em categorias que agrupam as mais estreitamente relacionadas (FEBERO et al., 2014).

A quinta etapa é a construção de mapas. Uma vez que o esquema de classificação está em vigor, os artigos relevantes são classificados no esquema, isto é, a extração de dados real tem lugar. O esquema de classificação evolui simultaneamente para a extração de dados através da adição de novas categorias ou a fusão e divisão de categorias existentes (FEBERO et al., 2014).

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Definição do foco da pesquisa

O primeiro passo foi estabelecer a pergunta de investigação: como utilizar a tecnologia BIM para auxiliar no fluxo de pré-fabricados de concreto na obra? A partir da definição da questão para a pesquisa, pôde-se utilizar o método *keywording* selecionando as palavras-chave para a entrada nas Bases de Dados para pesquisar os artigos. As palavras utilizadas foram “*precast and BIM and indust\**”, “*precast and BIM and management\**” e “*precast and BIM and workflow\**”. Como as Bases de Dados utilizadas eram todas internacionais, as palavras-chave foram utilizadas em inglês.

#### 3.2 Pesquisa nas bases de dados

As Bases de Dados escolhidas para esta pesquisa foram: IGLC, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Para salvar os dados, foram utilizadas duas técnicas: uma utilizando o software Zotero e outra exportando em formato de texto para o Excel. Todos dados foram analisados em planilhas Excel pela praticidade e conveniência para a autora.

#### 3.3 Critério de seleção

Para a seleção de dados foram considerados todos os artigos que continham as palavras-chave e outros que poderiam enriquecer a pesquisa com inovações tecnológicas na área de atuação da pesquisa. Primeiramente, foram excluídos todos os dados referentes a seções de livros. Após a primeira filtragem, os títulos foram colocados na mesma planilha em ordem alfabética para a exclusão dos artigos duplicados. Em seguida, foi feita a leitura dos títulos excluindo aqueles que não eram pertinentes à construção civil, como medicina, ergonomia, análise de energia, investimentos e outros. Por último, após a leitura dos resumos, foram eliminados aqueles que não seguiam a linha de pesquisa, como engenharia estrutural, interoperabilidade, materiais sustentáveis, ontologia etc.

#### 3.4 Análise de dados

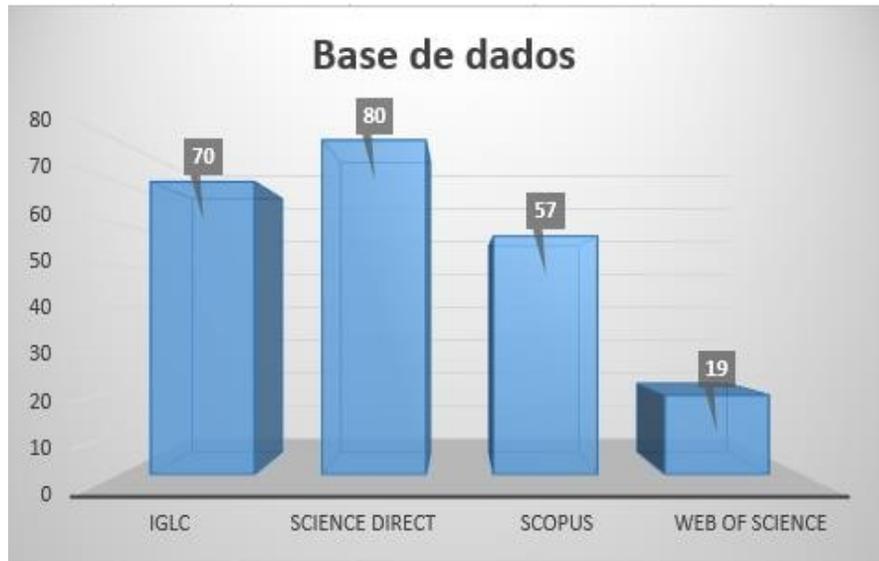
Os dados foram analisados quanto à quantidade de publicações encontradas em cada base de dados e a porcentagem dos utilizados, não-utilizados, duplicados e seções de livros. A parte que foi utilizada, foi distribuída em anos de publicação e classificadas em 11 categorias. Após a análise da quantidade de cada categoria, pode-se perceber os *evidence clusters* e os *scarce evidences*, que seriam as categorias com maior e menor número

de dados respectivamente.

**4 RESULTADOS**

Ao coletar todos os documentos nas Bases de dados utilizando as palavras-chave, obteve-se 70 artigos no IGLC, 80 artigos no *Science Direct*, 57 artigos no *Scopus* e 19 artigos no *Web of Science* totalizando 226 artigos como mostra a Figura 1.

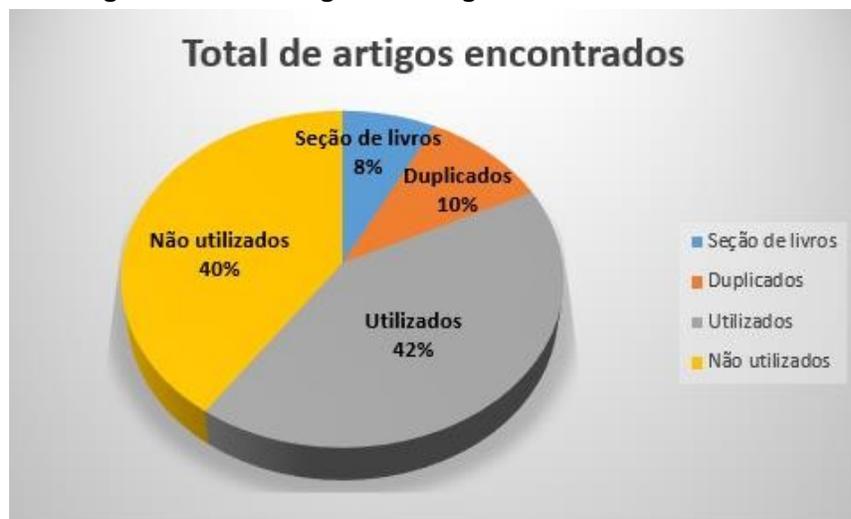
**Figura 1 - Número de artigos encontrados em cada Base de Dados**



Fonte: AUTORES (2017)

Dos 226 artigos encontrados, apenas 42% foi utilizado como mostra a Figura 2. Os demais não foram utilizados por estarem duplicados (10%), por serem seção de livros (8%) ou por não serem pertinentes ao foco da pesquisa (40%).

**Figura 2 - Porcentagem de artigos utilizados e não utilizados**



Fonte: AUTORES (2017)

A Figura 3 mostra os 95 artigos utilizados distribuídos pelo ano de publicação de cada um. O gráfico é crescente com o maior número de publicações nos últimos 5 anos sendo o último ano, 2016, o ano de maior número de publicações encontradas.

Figura 3 - Artigos distribuídos pelo ano de publicação



Fonte: AUTORES (2017)

Os artigos foram classificados em 11 categorias (Figura 4): tópicos específicos (ferramentas para controle de materiais), logística de canteiro, gerenciamento da construção utilizando BIM ou *Lean* princípios, automação do processo e construção industrializada, gerenciamento da cadeia de abastecimento de materiais, fluxo de materiais incluindo fabricação e instalação na obra, *Laser Scanning* utilizado juntamente com BIM ou pré-fabricados, BIM e *Last Planner System*, interação entre BIM e *Lean*, e BIM e pré-fabricados.

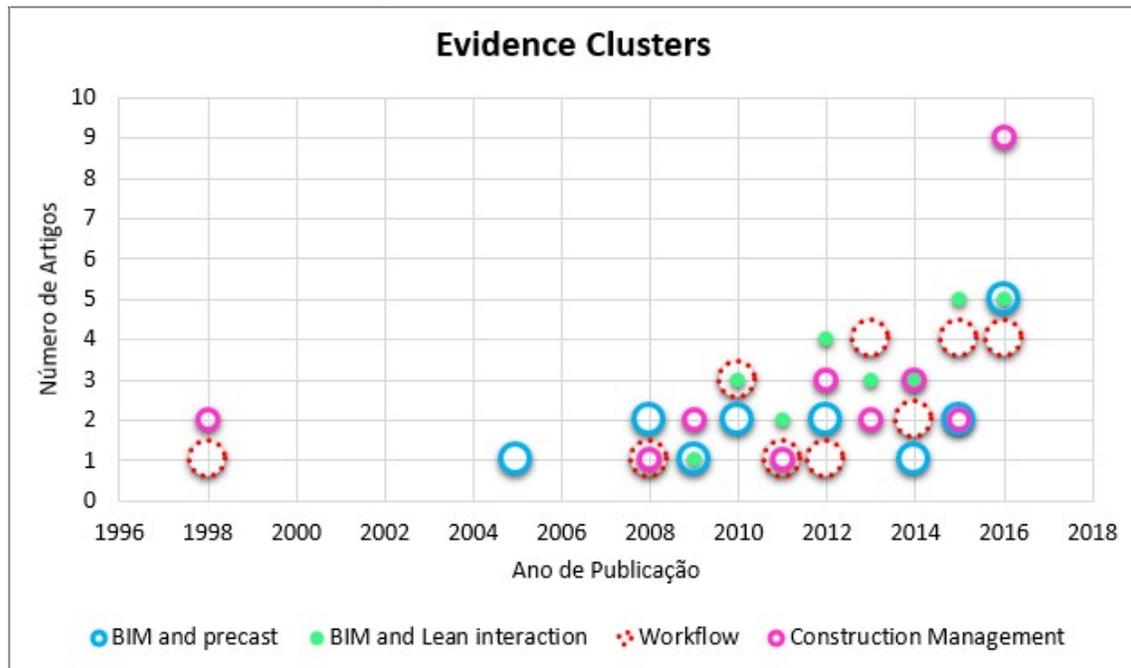
Figura 4 - Artigos distribuídos em categorias



Fonte: AUTORES (2017)

Após a análise das categorias, pôde-se concluir que há 4 *evidence clusters* (Figura 5) na pesquisa que foram as categorias com maior número de artigos encontrados e tiveram um maior destaque na pesquisa que são: BIM e pré-fabricados, interação entre BIM e *Lean*, fluxo de materiais e gerenciamento da construção.

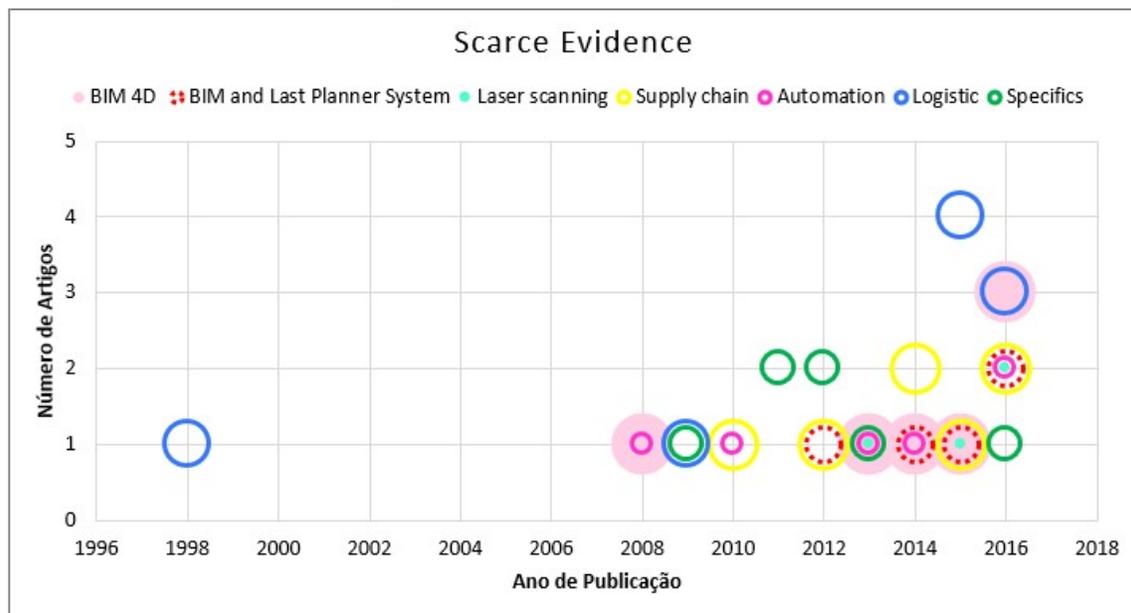
Figura 5 - Gráfico de *evidence clusters*



Fonte: AUTORES (2017)

Por fim, as demais categorias foram distribuídas num gráfico de *scarce evidence* (Figura 6) que foram as categorias com menos de 10 artigos encontrados, porém grande relevância para a pesquisa atual e futuras pesquisas.

Figura 6 - Gráfico de *scarce evidence*



Fonte: AUTORES (2017)

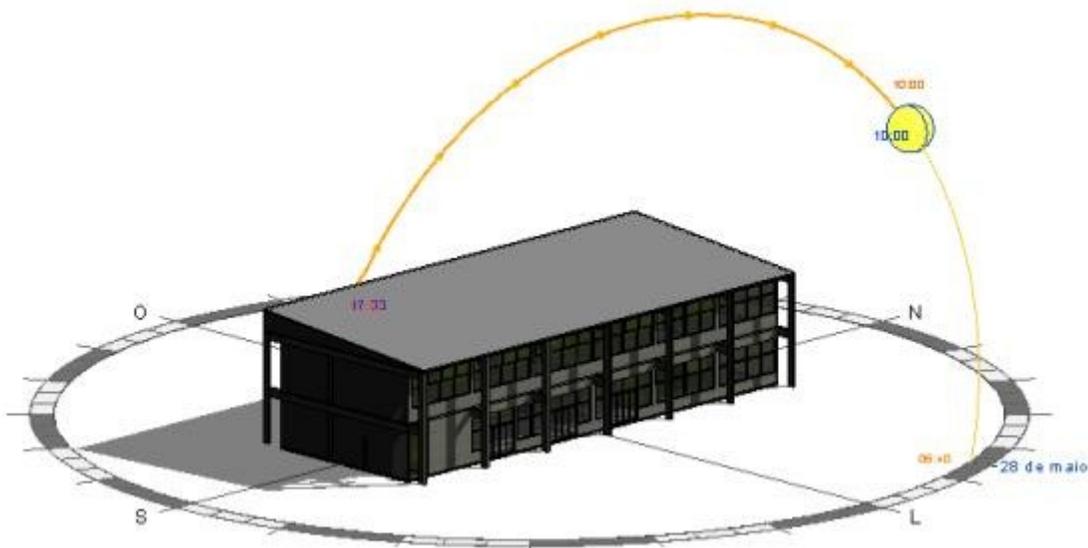
**5 APLICAÇÃO DO BIM EM UMA OBRA**

Kanai e Fontanini (2016) realizaram uma pesquisa de aplicação do BIM em uma obra pública da cidade de

Campinas do estado de São Paulo (Brasil) que contemplava a construção de uma escola para enriquecer o bairro Residencial Vila Abaeté. No projeto foi utilizado o AutoCAD para a fase conceitual do projeto (plantas e croquis de cada disciplina), o Revit para a modelagem em 3 dimensões de cada planta, o TQS para checar os cálculos das estruturas de concreto e o Tekla BIMsight para as simulações de interferências. O Revit também foi utilizado para extração de tabelas de quantitativos para orçamentação e para simulação do posicionamento do sol para garantir qualidade de iluminação no edifício e sustentabilidade.

O BIM proporcionou muitos benefícios na execução do projeto. Um dos benefícios foi a redução de tempo no processo de extração de tabelas de quantitativos de materiais que foi gerado pelo próprio programa (Revit) e a redução de retrabalho devido ao sistema automático de atualização, como por exemplo: quando se adiciona mais paredes ao projeto, as tabelas de quantitativos atualizam a área, volume e custo ao mesmo tempo. Outro benefício foi a facilidade de visualização de todos os ângulos da construção devido à ferramenta de vista 3D. O estudo do posicionamento do sol comprovou que o BIM auxilia na produção de edifícios sustentáveis, pois foi possível fazer uma análise da eficiência energética do prédio através deste estudo. A facilidade de troca de arquivos entre os softwares garantiu um rendimento maior do projeto. Por último, a compatibilização dos modelos disciplinares ajudou a melhorar a qualidade do projeto verificando as interferências antes de ir para a obra o que preveniu má qualidade de edificação, retrabalho e acréscimo no custo da obra. O BIM é uma boa ferramenta quando se trabalha com gestão de projetos, pois todas as propriedades que ele possui permitem a visão geral da construção em todas as fases (KANAI E FONTANINI, 2016).

Figura 7 - Estudo do caminho do sol no Revit



Fonte: KANAI E FONTANINI (2016)

## 6 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados, pôde-se concluir que o maior número de publicações sobre o fluxo de pré-fabricados de concreto utilizando o BIM como facilitador no controle e gerenciamento da construção ocorreram nos últimos 5 anos. Isso se deve ao fato de que BIM é um tema atual e tem sido muito utilizado na área de construção civil. Além disso, foram descobertas outras tecnologias e ferramentas que podem ser utilizadas junto com o BIM, como *Laser Scanning*, *Kanban*, *KanBIM*, *Viselean*, *Setplan*, *Slip-form* e *Kano model*. Outro fato relevante para a pesquisa foram os pré-fabricados de concreto serem parte do processo de industrialização na construção civil tendendo à automação tanto da fabricação das peças quanto à instalação na obra. Portanto, com esse Mapeamento Sistemático da Literatura, foi encontrado uma lacuna de conhecimento e pesquisas futuras: utilização do BIM como facilitador no controle de pré-fabricados de concreto estudando o fluxo na obra e tendendo para industrialização, automação dos processos e tecnologias inovadoras. O estudo de caso comprovou que o BIM é uma boa ferramenta para gestão de projetos trazendo muitos benefícios à todas as

fases do ciclo de vida da construção.

## 7 REFERÊNCIAS

- BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, M. J. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, v. 31, p. 971-980, 2013.
- BUDGEN, D.; TURNER, M.; BRERETON, P.; KITCHENHAM, B. Using mapping studies in software engineering. In: 20TH ANNUAL MEETING OF THE PSYCHOLOGY OF PROGRAMMING INTEREST GROUP, 2008, pp. 195-204.
- DYBA, T.; KITCHENHAM, B.; JORGENSEN, M. Evidence-based software engineering for practitioners. *IEEE Software*, v. 22, n. 1, p. 58-65, 2005.
- EASTMAN, C; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, p. 16, 2011.
- FEBERO, F.; CALERO, C.; MORAGA, M. A. A systematic mapping study of software reliability modeling. *Information and Software Technology*, v. 56, p. 839-849, Mar. 2014.
- HAYES, W. Research synthesis in software engineering: a case for meta-analysis. In: 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE METRICS, Boca Raton, FL, USA, 1999. *Proceedings...* Boca Raton: IEEE Computer Society, pp. 143-151, 1999.
- KANAI, J.; FONTANINI, P. S. P. Aplicação do BIM em uma Obra Municipal Brasileira - Estudo de Sustentabilidade. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2016, Bogotá. *Neuvas tendencias en la construcción sostenible*. Bogotá: ELAGEC 2016, 2016. p.527 – 236.
- KITCHENHAM, B.; DYBA, T.; JORGENSEN, M., 2004. Evidence-based software engineering. In: 27TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, St. Louis, 2004. *Proceedings...* St. Louis: ICSE/IEEE Computer Society, 2004.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE, Keele University and Durham University Joint, Report, 2007.
- MILLER, J. Can results from software engineering experiments be safely combined? In: 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE METRICS, Boca Raton, FL, USA, 1999. *Proceedings...* Boca Raton: IEEE Computer Society, 1999.
- MOON, H.; DAWOOD, N.; KANG, L. 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, 2014.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING, 108, Bari/Italy, 2008. *Proceedings...* Bari: EASE/University of Bari, 2008.
- PICKARD, L.; KITCHENHAM, B.; JONES, P. Combining empirical results in software engineering. *Information and Software Technology*, v. 40, n. 14, p. 811-821, 1998.
- SILVEIRA NETO, P. A. da M.; MACHADO, I. D. C.; MCGREGOR, J. D.; DE ALMEIDA, E. S.; MEIRA, S. R. de L. A systematic mapping study of software product lines testing. *Information and Software Technology*, v. 53, p. 407-423, 2011.
- SUCCAR, B. Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. ISSN 0926-5805.
- TANTISEVI, K.; AKINCI, B. Automated generation of workspace requirements of mobile crane operations to support conflict detection. *Automation in Construction*, v. 16, n. 3, p. 262-276, 2007.
- TOFAN, D.; GALSTER, M.; AVGERIOU, P.; SCHUITEMA, W. Past and future of software architectural decisions – A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, v. 56, p. 850-872, Mar. 2014.
- WEBSTER, J.; WATSON, R.T. Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Quarterly*, v. 26, n. 2, p. xiii-xxiii, 2002.