



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Emanuel Lara Carvalho

**GESTÃO DE TEMPO E CUSTO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
COM A APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM**

Belo Horizonte
2021

Emanuel Lara Carvalho

GESTÃO DE TEMPO E CUSTO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
COM A APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Belo Horizonte
2021

C331g

Carvalho, Emanuel Lara.

Gestão de tempo e custos em projetos de construção civil com aplicação de ferramentas BIM [recurso eletrônico] / Emanuel Lara Carvalho – 2021.

1 recurso online (35 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.

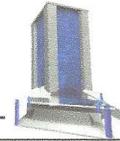
Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f. 35-36.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Construção Civil – Estimativas. 3. Modelagem de informação da construção. I. Ribeiro, Sidnea Eliane Campos.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: EMANUEL LARA CARVALHO

MATRÍCULA: 2019752802

RESULTADO

Aos 16 dias do mês de dezembro de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“GESTÃO DE TEMPO E CUSTO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM A APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 75

CONCEITO: C

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof.^ª Dr.^ª Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Nome

Assinatura

Prof.^ª Dr.^ª Danielle Meireles de Oliveira

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E AVALIAÇÕES NAS CONSTRUÇÕES"

Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2021

Antonio Neves de
Carvalho
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho
Junior:78724104604
Dados: 2021.12.17 10:22:35
-03'00'

Coordenador do Curso

Resumo

O mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção tem se tornado cada vez mais competitivo e novas ferramentas e sistemas de gestão buscam aprimorar as técnicas de controle e gerenciamento de obras. Com a implementação de processos BIM, bem formulados e com bons níveis de desenvolvimento, a etapa de orçamento de obras possibilita antecipar variações, por meio da simulação da construção de todo o projeto, sendo possíveis então torná-las conhecidas e controlar melhor os riscos atribuídos a cada uma das etapas. Com a implementação de ferramentas BIM, o planejamento e controle de obras se tornam mais eficazes, o que permitiria ser mais competitivo no mercado. Mediante revisão bibliográfica, este estudo busca explorar a implantação dos processos BIM e abordar seus benefícios na gestão de tempo e custos na construção civil. Nota-se que a implementação dos processos BIM resulta em significativa redução de tempo e custo dos empreendimentos de construção civil, além de aumentar a qualidade dos projetos e interação com os stakeholders.

Palavras-chave: BIM 4D. BIM 5D. Gestão de custo. Gestão de tempo.

Abstract

The Architecture, Engineering and Construction market has become increasingly competitive and new tools and management systems seek to improve control and construction management techniques. With the implementation of well-formulated BIM processes with good levels of development, the construction budget stage makes it possible to anticipate variations by simulating the construction of the entire project, making it possible then to make them known and better control the risks attributed to each of the steps. With the implementation of BIM tools, the planning and control of works becomes more efficient, which would allow it to be more competitive in the market. Through literature review, this study seeks to explore the implementation of BIM processes and address their benefits in time and cost management in civil construction. It is noted that the implementation of BIM processes results in a significant reduction in time and cost of civil construction projects, in addition to increasing the quality of projects and interaction with stakeholders.

Keywords: BIM 4D. BIM 5D. Cost management. Time management.

Lista de ilustrações e quadros

Quadro 1: O que não é BIM.....	12
Quadro 2: Aplicações BIM e os principais benefícios das ferramentas BIM.....	20
Figura 1: Exemplos de objetos paramétricos.....	13
Figura 2: Elemento porta com parâmetros editáveis destacados.....	14
Figura 3: Fluxos dos modelos BIM.....	15
Figura 4: Fundamentos BIM.....	16
Figura 5: Processo colaborativo simultâneo de processos BIM.....	17
Figura 6: Plano de implantação x Plano de Projeto BIM.....	18
Figura 7: Passos para a implantação do plano organizacional BIM.....	18
Figura 8: Ciclo BIM.....	19
Figura 9: Modelos 2D tradicionais.....	21
Figura 10: Simulação da construção – interface grua com a estrutura.....	23
Figura 11: Diagrama processo de manual.....	24
Figura 12: Diagrama processo de modelagem 4D.....	25
Figura 13: Níveis de desenvolvimento em um projeto BIM, LOD100 ao 500.....	27
Figura 14: Diagrama conceitual dos processos de orçamento tradicional e com a tecnologia BIM.....	28
Figura 15: Níveis de maturidade.....	30
Figura 16: Qual ferramenta BIM escolher?.....	31
Figura 17: Recursos disponíveis nos principais <i>softwares</i>	32
Figura 18: Planejamento 4D - <i>NAVISWORKS</i>	33
Figura 19: Demonstração interface <i>SYNCHRO</i>	33

Sumário

INTRODUÇÃO.....	09
1 FUNDAMENTOS BIM.....	11
1.1 Conceito de processos BIM.....	16
1.2 Plano de implementação BIM e plano de projeto BIM.....	18
1.3 Benefícios da aplicação de ferramentas BIM.....	19
2 METODOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA.....	22
3 APLICABILIDADES E BENEFÍCIOS DO BIM 4D E 5D.....	23
3.1 Ferramentas BIM 4D e 5D.....	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

INTRODUÇÃO

O mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem se tornado cada vez mais competitivo e novas ferramentas e sistemas de gestão buscam aprimorar as técnicas de controle e gerenciamento de obras. Segundo Eastman *et al.* (2014, p.1) “Modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling* - BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à AEC”, pois trata-se de tecnologia que permite a criação de um modelo virtual, construído digitalmente, preciso de uma edificação. Acredita-se que com a implementação de processos BIM, bem formulados e com bons níveis de desenvolvimento, a etapa de orçamento de obras possa antecipar prováveis variações, erros ou omissões, uma vez que é possível criar um modelo da construção de todo o projeto, o que permite então torná-los conhecidos e controlar melhor os riscos atribuídos a cada um desses desvios. Desta forma, com a implementação de ferramentas BIM, o planejamento e controle de obras podem se tornar mais eficazes, o que permitiria ser mais competitivo no mercado.

Considerando que os projetos de construção civil são majoritariamente únicos, cada um possui suas particularidades executivas e construtivas, como, por exemplo, o tipo de fundação. Por mais padronizado que seja o projeto essas diferenças irão refletir tanto no orçamento quanto no planejamento do empreendimento. Simular esta construção em um modelo computacional permite antecipar e prever estas particularidades, buscar as melhores opções e soluções, o que gera um ganho em produtividade, redução de custos com eventos inesperados e melhor planejamento da sequência executiva das etapas de obra.

Este estudo busca explorar a implantação dos processos BIM, apontar as características desta tecnologia, definir seus conceitos e abordar seu planejamento por meio do plano de projeto BIM, bem como abordar os benefícios na gestão de tempo e custos em projetos de construção civil. Além disso, pretende conhecer os conceitos das dimensões BIM 4D e 5D, assim como as principais ferramentas e *softwares* existentes e, por fim, explorar sua aplicabilidade, benefícios e os níveis de maturidade de implementação necessários para se atingir resultados desejáveis.

Para verificar esta proposição, será utilizada a revisão bibliográfica de livros como o Manual do BIM, artigos publicados pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria

da Construção, como a coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, além de monografias, teses e dissertações sobre o tema por meio de uma pesquisa exploratória.

No capítulo 1 são apresentados os conceitos de processo BIM, seu plano de implantação e planejamento por meio do plano de projeto BIM, bem como a análise dos benefícios da aplicação de ferramentas BIM na gestão de projetos de construção civil e seu contexto com o modelo atual de negócio da indústria AEC, explorando o potencial e suas características enquanto ferramenta gerencial.

No capítulo seguinte tem-se a metodologia e o procedimento de pesquisa utilizado neste estudo.

No capítulo 3, definem-se os conceitos de BIM 4D e 5D, assim como as principais ferramentas e *softwares* existentes e como estes interagem dentro desta cadeia de informação. Ainda, são exploradas, as funcionalidades da ferramenta nas referidas dimensões a aplicabilidade e benefícios do BIM 4D e 5D e os níveis de maturidade de implementação necessários para se atingir resultados desejáveis, uma vez que o processo de implementação do BIM vai além da simples aquisição de *softwares*, pois, conforme descreve Eastman *et. al* (2014), esta tecnologia tem impactos positivos quando se trabalha de forma colaborativa sobre o modelo digital.

Por fim, no capítulo 4, considerações finais, tratam-se os dados apresentados e o atendimento aos objetivos gerais e específicos propostos inicialmente como tema deste estudo.

1 FUNDAMENTOS BIM

Segundo Eastman *et al.* (2014), *Building Information Modeling* – BIM pode ser definido como uma tecnologia de modelagem virtual com processos e modelos de construção. Aplicado à construção civil seria a possibilidade de construir uma edificação de forma digital, com características que refletirão o projeto real, tais como desempenho, construtibilidade, com dados associados a cada parte do modelo. São características do modelo, conforme descreve Eastman *et al.* (2014, p. 30):

- Componentes de construção, que são representados com representações digitais inteligentes (objetos) que "sabem" o que eles são, e que podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas.
- Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme são necessários por análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificação e análise energética.
- Dados consistentes e não redundantes de forma que as modificações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes.
- Dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

Estes modelos possuem representações digitais que consistem na parametrização destes objetos. Este conceito é fundamental no processo BIM, uma vez que não podem ser considerados como soluções BIM *softwares* que permitem apenas a modelagem e a visualização gráfica em 3D, que utilizam objetos com geometria, porém, sem parâmetros adicionais conforme demonstrado no Quadro 1, (EASTMAN *et al.*, 2014).

Segundo Kensek (2018), o BIM não se resume a *softwares*, é um processo inclusivo, colaborativo que incentiva o compartilhamento de informações de conhecimento assim como de responsabilidades, riscos e resultados.

Ainda de acordo com Kensek (2018), uma das características básicas do BIM é ter uma coletânea de objetos paramétricos que contém dados, o que o difere tanto do *Computer Aided Design* (CAD) quanto de modelagens 3D, razão pela qual o BIM é programável.

A tecnologia BIM pode ser facilmente confundida, principalmente com o interesse de desenvolvedores de *softwares* em divulgar as características de seus produtos. Para evitar tal tipo de variação na interpretação cabe a análise e descrição

de quais ferramentas não são BIM (EASTMAN *et al.*, 2014), conforme caracterizado no Quadro 1.

Quadro 1: O que não é BIM

Modelos que só contêm dados 3D, sem atributos de objetos.	Estes modelos podem ser utilizados somente para visualizações gráficas e não possuem inteligência ao nível do objeto, não fornecem suporte para integração de dados e análise de projeto.
Modelos sem suporte para comportamento.	Estes modelos definem objetos, mas não podem ajustar seu posicionamento ou suas proporções, porque não utilizam inteligência paramétrica. Isso torna as modificações muito trabalhosas e não oferece proteção contra a criação de vistas do modelo inconsistentes ou imprecisas.
Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção.	É impossível assegurar que o modelo 3D resultante será factível, consistente, contabilizável, e que mostrará inteligência com respeito aos objetos contidos nele.
Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.	Isso permite erros no modelo que são muito difíceis de detectar (é similar a substituir uma fórmula por uma entrada manual em uma planilha eletrônica).

Fonte: Autor (adaptado de Eastman *et al.*, 2014).

Segundo Kensek (2018), em *software* BIM os objetos, mesmo quando não gráficos, têm parâmetros lançados, e isto reflete na forma como são criados estes elementos, pois os atributos dos componentes podem ser organizados em formato de planilha e editados alterando os objetos gráficos ou na visualização da planilha.

Sobre a parametrização de objetos, este é um conceito fundamental para o entendimento do BIM, assim como sua diferenciação dos objetos 2D usuais (EASTMAN *et al.*, 2014).

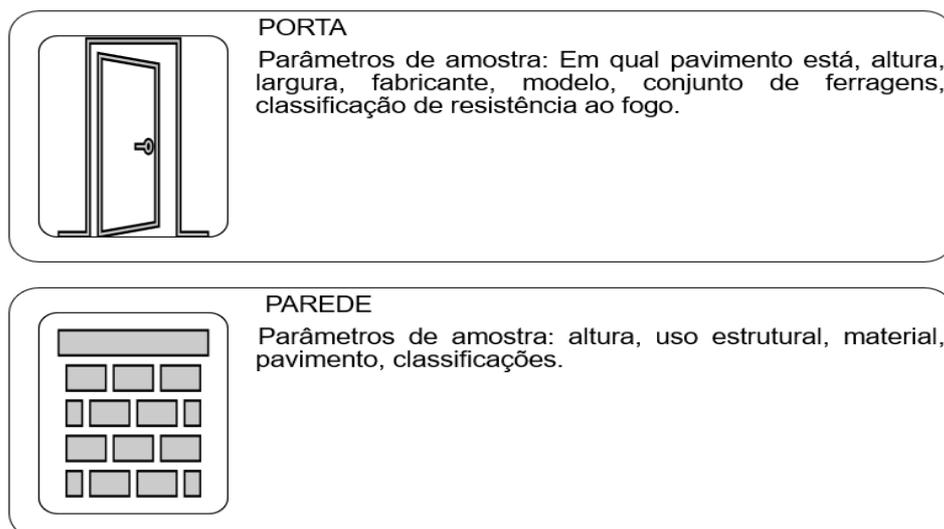
Para Eastman *et al.* (2014, p. 14), estes objetos são definidos da seguinte maneira:

- Consistem em definições geométricas e dados e regras associadas.
- A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências.

- Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser "falsas".
- As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensiona para se juntar a um teto ou telhado etc.
- Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, então podem-se definir uma parede, assim como seus respectivos componentes.
- Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede também deve mudar.
- As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade etc.
- Os objetos têm a habilidade de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia etc., para outras aplicações e modelos.

Estes parâmetros permitem extrair do modelo informações para composição de quantitativos, custo e planejamento do empreendimento, pois são estes que fornecem ao modelo as características tais como a do real (LEUSIN, 2020). Na Figura 1, demonstra-se dois exemplos de objetos paramétricos e quais informações podem ser extraídas destes.

Figura 1: Exemplos de objetos paramétricos

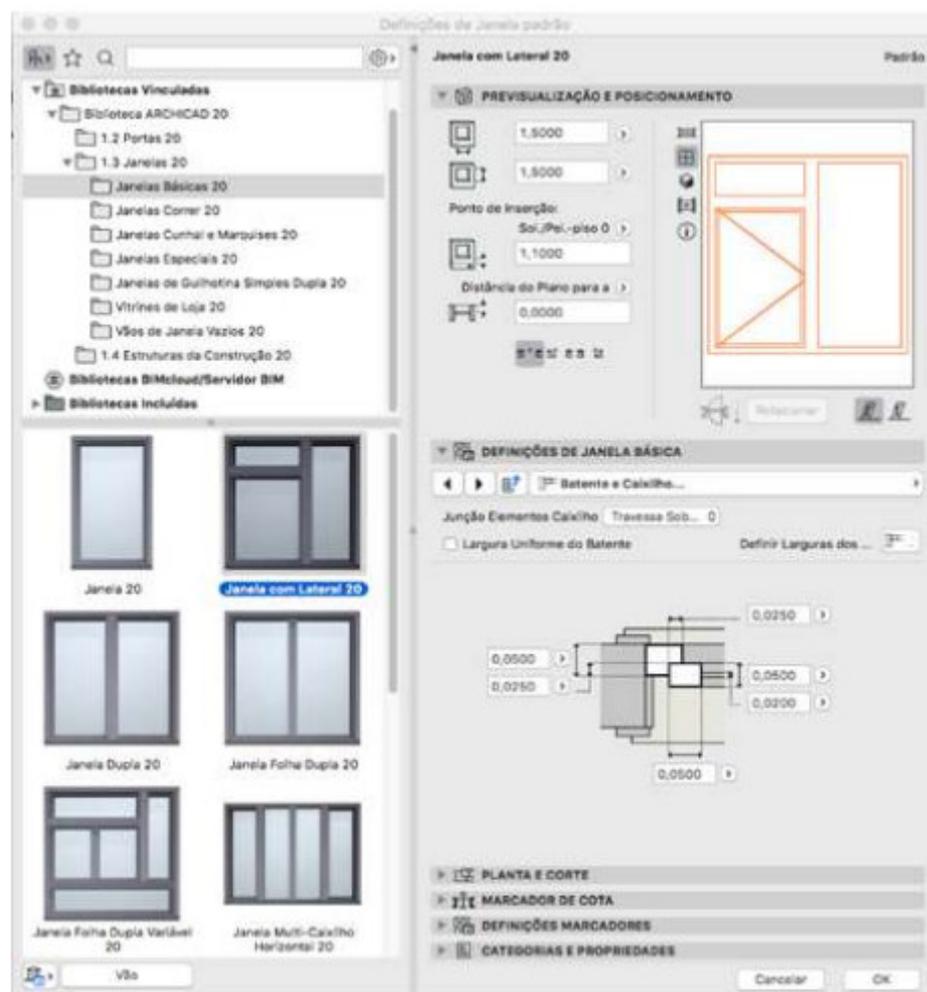


Fonte: Kensek (2018, p.14) - Adaptado.

Ainda, segundo Kensek (2018), tais informações parametrizadas podem ser trocadas com outros programas, pois estão registradas no banco de dados, sendo possível, posteriormente, editar suas propriedades, conforme Figura 2, que caracteriza um elemento com parâmetros editáveis.

Conforme Eastman *et al.* (2014), tecnologias que permitem a produção de modelos virtuais a partir de um conjunto de objetos paramétricos são consideradas ferramentas BIM de autoria.

Figura 2: Elemento porta com parâmetros editáveis destacados



Fonte: ABDI (2016, p.124).

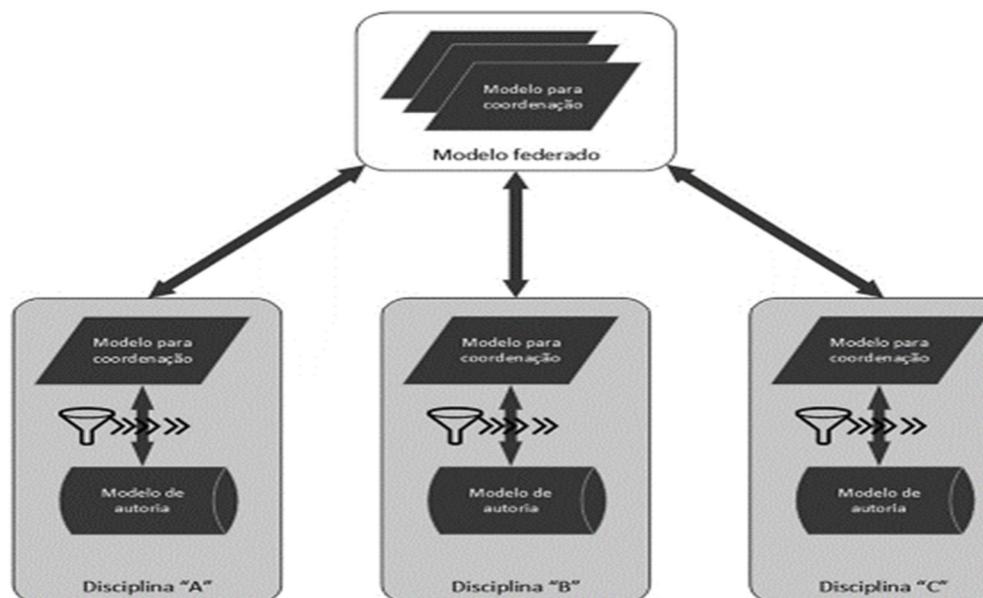
Dentro destas aplicações e intercâmbio de informações surge um outro conceito muito importante dentro dos processos BIM: a interoperabilidade. Eastman *et al.* (2014), define interoperabilidade como a possibilidade de intercambiar dados entre aplicações, que permite acesso de diferentes tipos de especialistas e aplicações

que contribuem para o projeto em questão. Para Leusin (2020) a possibilidade de intercâmbio de informações sem necessidade de traduções ou conversões complexas, que podem ocasionar perda de dados, é fundamental para ter os benefícios BIM maximizados. Integração, colaboração e interoperabilidade são conceitos fundamentais nos processos BIM, isso supõe, como observa (KENSEK, 2018), que exista uma facilidade no compartilhamento efetivo de dados entre as disciplinas, por exemplo, arquitetura, estrutura, instalações, e entre suas plataformas de criação.

Segundo Kensek (2018), a modelagem de informações da construção permite que todas as fases do ciclo de vida de um edifício estejam inseridas em um banco de dados integrados. Vários sistemas, com diferentes abordagens dessa integração de dados, são uma alternativa à ideia básica de inserir todo o tipo de informação diretamente no modelo BIM (LEUSIN, 2020).

Um conjunto de arquivos que pode ser acessado de modo simultâneo, composto pela sobreposição dos diferentes arquivos de cada disciplina, cada um apropriado a determinada finalidade, mas que devem ser sempre sincronizados e compatíveis entre si, constituem um modelo BIM (LEUSIN, 2020), os quais podem ser diferenciados entre modelos de autoria, modelos para coordenação e modelos federados, e têm o fluxo de informações conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Fluxos dos modelos BIM

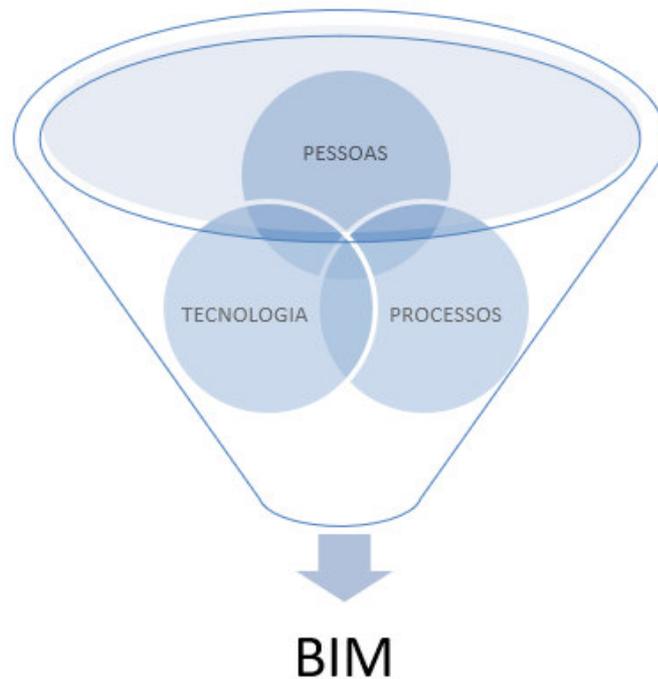


Fonte: Leusin (2020, p.36).

1.1 Conceito de processos BIM

Os processos BIM dependem da interação de três fatores preponderantes: pessoas, processos e tecnologia, conforme mostrado na Figura 4, mas segundo avalia Leusin (2020), fundamentalmente de pessoas.

Figura 4: Fundamentos BIM



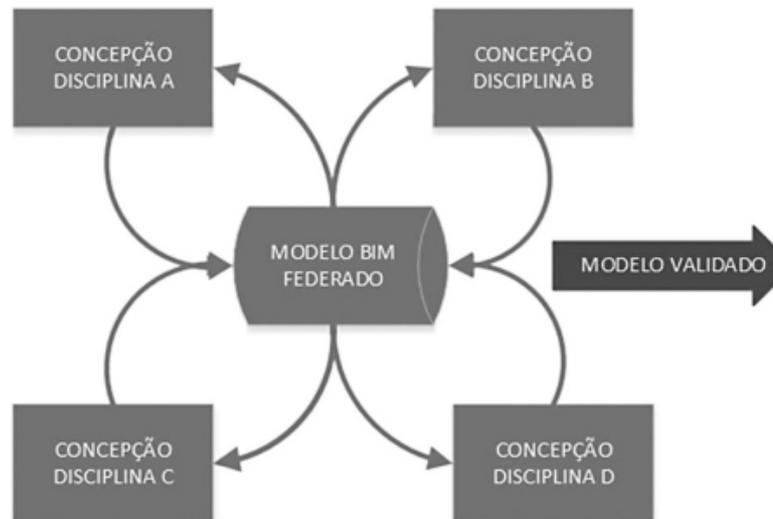
Fonte: Autor (2021).

A articulação destes pilares e a forma como ocorre o fluxo das informações referentes ao projeto caracterizam os processos BIM, no qual as trocas são compartilhadas de forma síncrona e todos os agentes envolvidos têm o mesmo nível de acesso a estas. Nos processos BIM, Figura 5, diferentemente dos processos CAD, o número de etapas é mais reduzido e dependem do nível de evolução do projeto, quanto maior, mais informações podem ser extraídas do modelo, o que possibilita a antecipação de diversas fases de análise do empreendimento em todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até o uso e operação, podendo, ainda, ir até a sua demolição.

Um conceito importante e que fundamenta a troca de informações é a interoperabilidade, e segundo Leusin (2020) é um ponto crucial do processo BIM, pois permite a integração dos dados, com a possibilidade de acesso simultâneo que pode

ser controlado, a um banco de dados com as informações de todas as disciplinas envolvidas.

Figura 5: Processo colaborativo simultâneo de processos BIM



Fonte: Leusin (2020, p.18).

1.2 Plano de implementação BIM e plano de projeto BIM

Para iniciar os processos BIM em uma empresa, uma das recomendações é de que esta implementação esteja em consonância com os objetivos estratégicos da empresa e ocorra de forma gradativa.

Segundo Eastman *et al.* (2014, p. 96):

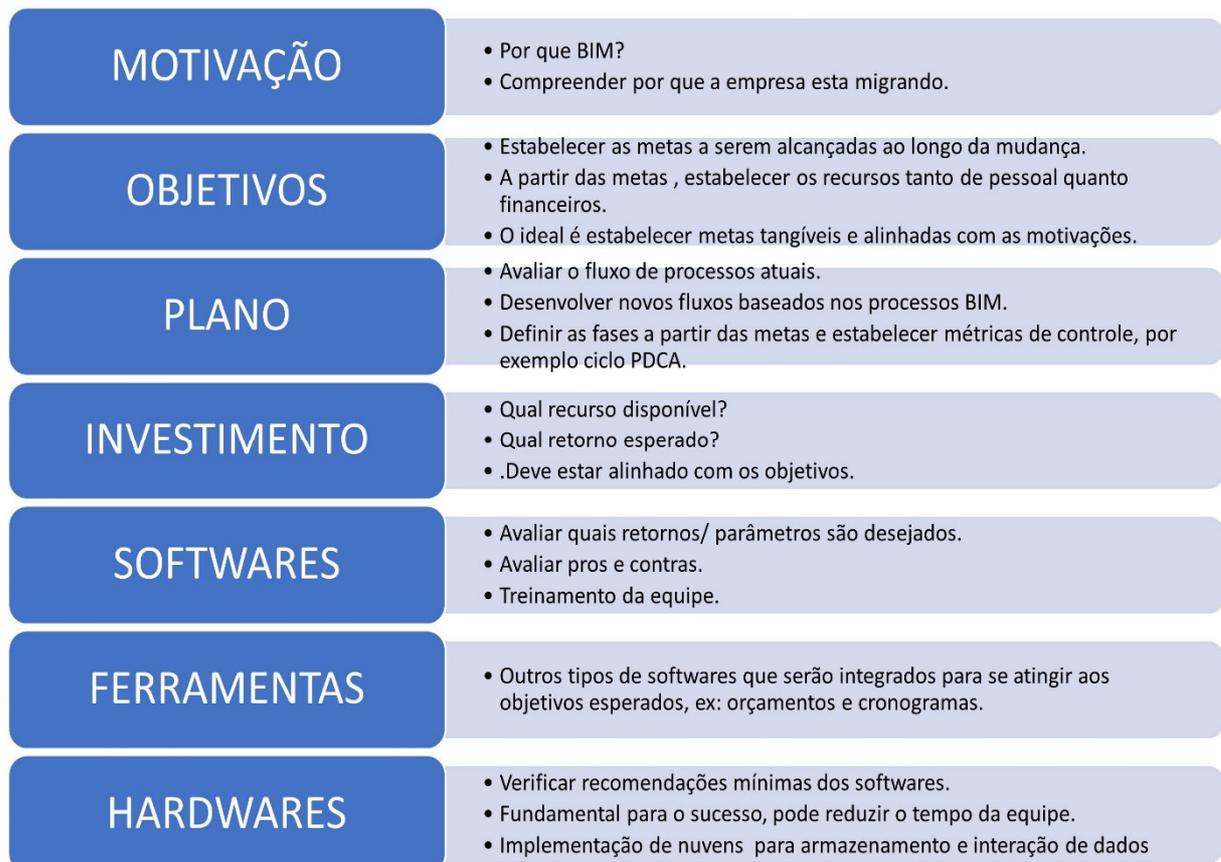
o plano deverá definir o escopo da implementação BIM no projeto, identificar os fluxos dos processos para as atividades BIM, estabelecer os intercâmbios de informações entre várias partes e descrever a infraestrutura que será necessária para que a empresa possa realmente suportar a implementação do projeto.

O plano de projeto BIM ocorre em um segundo momento, quando já existe na empresa o processo BIM implementado em nível organizacional, ou seja, já existe uma maturidade para início do projeto piloto que está previsto no cronograma de implementação BIM. Na Figura 6 possibilita-se a visualização dos objetivos do plano organizacional BIM e o plano de projeto BIM.

Figura 6: Plano de implantação x Plano de Projeto BIM

Fonte: Autodesk (2018).

Para Kensek (2018) a implementação do plano organizacional BIM deve seguir sete passos: por que o BIM, metas, planos, desembolso de capital, *software* BIM, mais *software* e *hardware*. Estes passos estão inseridos nas características que sintetizam os fundamentos BIM nos quesitos processos, pessoas e tecnologia e estão separados na Figura 7.

Figura 7: Passos para a implantação do plano organizacional BIM

Fonte: Autor (2021).

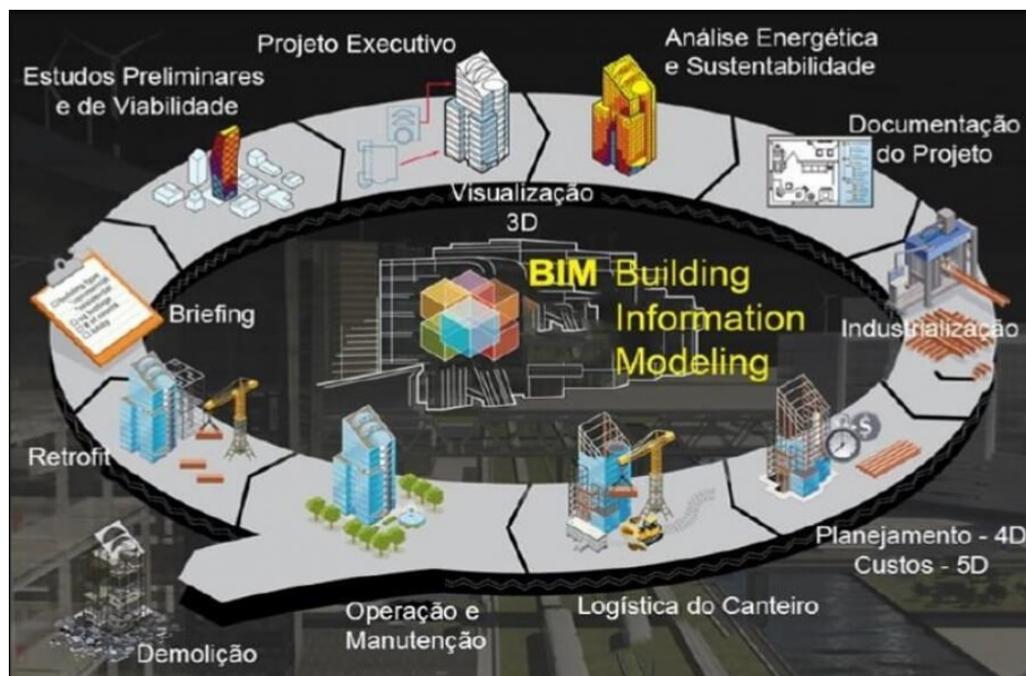
Os quesitos apontados em cada grupo abordado na Figura 7 demonstram que adotar a metodologia BIM, como se fosse um produto de prateleira, pode ser um

grande erro, pois para se alcançar seus benefícios exige-se uma significativa reestruturação da empresa (LEUSIN, 2020), como toda tecnologia sua implantação traz desafios (SUCCAR *et al.*, 2012). O BIM não substituirá um gerenciamento de projeto bem executado, uma equipe de projeto qualificada e comprometida com as entregas, uma vez que depende amplamente de um conjunto colaborativo e deve ter apoio da equipe como um todo, assim como dos proprietários (EASTMAN *et al.*, 2014).

1.3 Benefícios da aplicação de ferramentas BIM

Na Figura 8 estão caracterizadas todas as dimensões em que são possíveis a aplicação do BIM no ciclo de vida do empreendimento, na concepção, passando pela fase de construção até no uso e operação, possui informações precisas já que é a construção virtual foi toda desenvolvida com base em parâmetros inseridos em cada objeto. Segundo Eastman *et al.* (2014, p.12) um modelo pode ser descrito por sua capacidade, ou seja, quanto aos tipos de retorno de informação que ele pode dar suporte.

Figura 8: Ciclo BIM



Fonte: Utilizando o bim (2021).

Para se ter parâmetros sobre os benefícios da aplicação das ferramentas BIM, Eastman *et al.* (2014) listam, conforme Quadro 2, alguns dos principais em relação a cada área específica.

Quadro 2: Aplicações BIM e os principais benefícios das ferramentas BIM

Áreas de aplicação do BIM específicas para proprietários (referenciadas no presente capítulo)	Impulsionador do mercado	Benefícios para todos os proprietários
Planejamento de espaços e conformidade com o programa de necessidades	Gestão de custos / complexidade do mercado	Garantir que os requisitos do projeto sejam alcançados
Energia (análise ambiental)	Sustentabilidade	Melhorar a sustentabilidade e eficiência energética
Configuração de projetos / planejamento de cenários	Gerenciamento de custos / complexidade	Qualidade dos projetos / comunicação
Análise e simulação do sistema construtivo	Sustentabilidade	Desempenho e qualidade da edificação
Comunicação e revisão dos projetos	Complexidade do mercado e barreiras de linguagem	Comunicação
Coordenação de projetos (detecção de interferências)	Gestão de custos e complexidade da infraestrutura	Redução de erros no canteiro e redução dos custos de construção
Simulação de cronogramas / 4D	Tempo de lançamento, escassez de mão de obra e barreiras de linguagem	Comunicação visual do cronograma
Controle de projetos	Tempo de lançamento	Registro das atividades do projeto
Pré-fabricação	Tempo de lançamento	Redução do tempo de trabalho no canteiro e aumento da qualidade dos projetos
Análise preliminar de viabilidade	Gestão de custos	Aumento da confiabilidade dos custos
Simulação da operação	Sustentabilidade / gestão de custos	Desempenho e manutenção da edificação
Gestão de ativos	Gestão de ativos	Gestão de facilidades e ativos

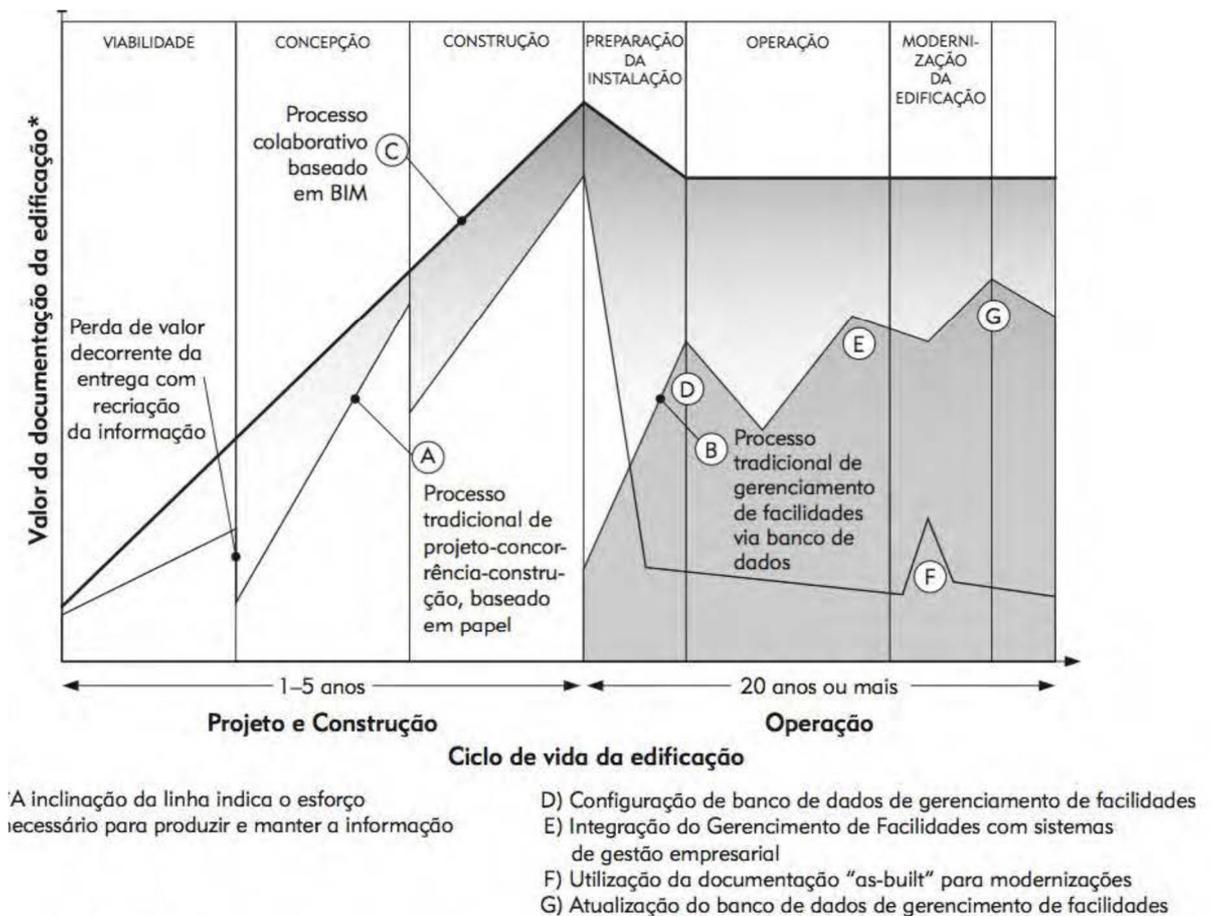
Fonte: Adaptado de Eastman *et al.* (2014, p. 98).

Para Kensek (2018), o BIM são muitos fluxos interligados com compartilhamento de informações, o que possibilita utilizar modelagem paramétrica com dados associativos e com interfaces entre diversos *softwares*. Isto aumenta exponencialmente o potencial dos usos das informações nas fases de projeto, construção e no gerenciamento de instalações.

As aplicações, portanto, são as mais diversas e diminuem significativamente as dúvidas dos clientes e, em função dessas, as solicitações de modificações, que tendem a impactar na qualidade do projeto e nos custos e prazos da construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

Os impactos desta implementação podem ser visualizados e comparados com modelos 2D tradicionais, com relevante ganho, conforme demonstra-se na Figura 9.

Figura 9: Modelos 2D tradicionais



Fonte: Eastman *et al* (2014).

2 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Como metodologia da abordagem do problema, optou-se por uma pesquisa qualitativa, com a qual serão exploradas as características específicas do tema de forma subjetiva (SEVERINO, 2007).

Quanto aos objetivos, destaca-se como exploratória, pois visa proporcionar uma maior familiaridade com os conceitos, por meio de uma pesquisa bibliográfica dos principais materiais disponíveis, na qual abordará de forma inicial os fundamentos BIM, tendo como principal foco a delimitação da aplicação das dimensões 4D e 5D.

Para atingir os propósitos neste estudo, será utilizada a revisão bibliográfica de livros como **Manual do BIM** – um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes construtores e incorporadores, dos autores Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks e Kathleen Liston, que são referências na área, tendo este destaque pois é citado pela maioria dos autores com tema na área, trabalhos e artigos acadêmicos disponíveis nas plataformas de pesquisa, de forma a proporcionar um embasamento teórico.

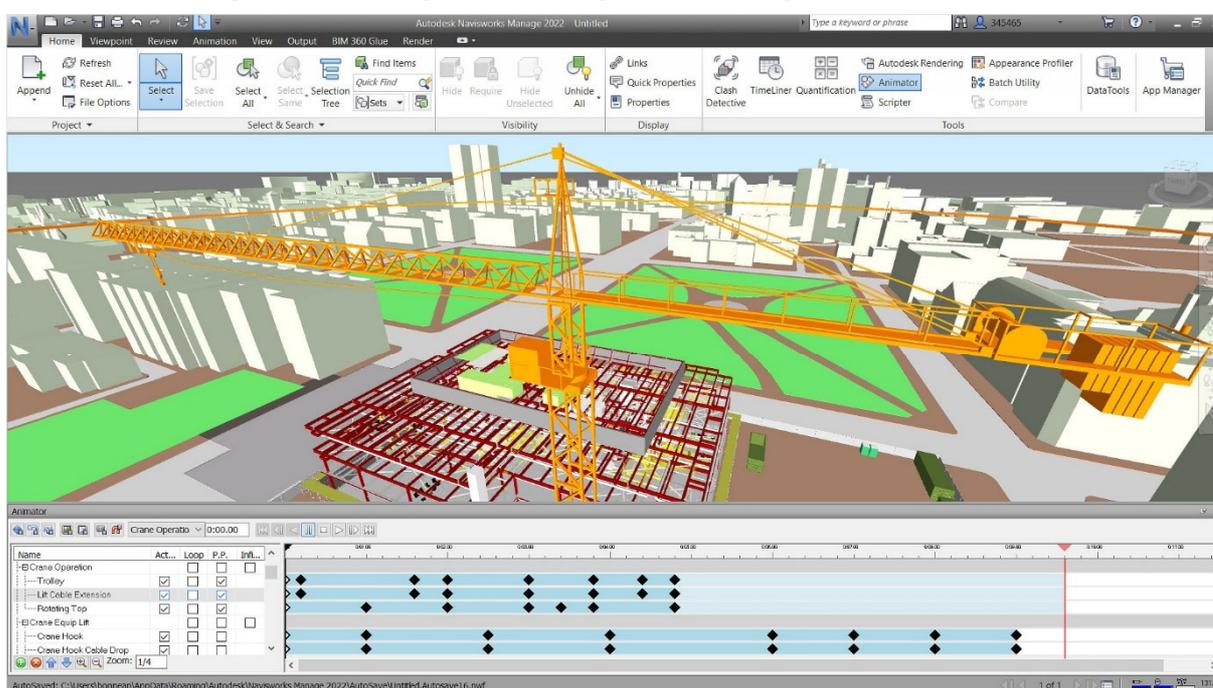
Ainda como forma de aprofundar e aumentar o lastro das informações apresentadas, pretende-se buscar nas literaturas mais próximas às práticas, tais como **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM** – um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos, do autor Sérgio Leusin, lançado em 2020 pela editora LTC, **BIM: fundamentos e aplicações** da autora Karen Kensek, além de materiais publicados pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, que possui uma vasta coletânea sobre o tema e está direcionada a aplicação nas empresas.

A análise de outros estudos com temas similares visará avaliar as aplicações dos elementos teóricos apresentados na fundamentação, a fim de ilustrar o alcance e os benefícios das ferramentas exploradas além de se obter alguns parâmetros para conclusão e atendimentos dos objetivos deste estudo.

3 APLICABILIDADE E BENEFÍCIOS DAS FERRAMENTAS 4D E 5D

O BIM é dividido em dimensões, que são caracterizadas pelos tipos e quantidade de informações disponíveis nos modelos, por exemplo, uma visualização 3D do modelo, por meio de objetos parametrizados. A partir deste ponto, com a inserção de um novo dado, o tempo, é possível simular a construção deste modelo ao longo da sua vida útil, o que caracteriza a dimensão 4D.

Figura 10: Simulação da construção – interface grua com a estrutura



Fonte: Autodesk (2021).

Neste aspecto o planejamento do projeto ganha vida através da construção digital da edificação, Figura 10. Segundo Eastman *et al.* (2014) as ferramentas CAD 4D possibilitam planejar virtualmente atividades com foco no tempo. Para Kensek (2018), na dimensão 4D, o tempo pode ser a sequenciação e simular a construção a partir de animações. Com esta utilização é possível antecipar potenciais interferências entre os métodos construtivos, como, por exemplo, em uma etapa de contenção e terraplanagem, como também auxiliam em um melhor planejamento do canteiro de obras e fluxo logístico, que impacta de forma relevante nas aquisições de suprimentos, reduzindo os custos e prazos associados a cada etapa. A implementação desta dimensão traz benefícios, pois permite-se simular os diversos cenários e otimizar,

assim, a construção. A simulação gráfica em si já é bastante representativa para o entendimento das partes interessadas no empreendimento. Assim os *stakeholders* têm acesso simultâneo e de forma mais visual às informações do projeto, o que permite uma imersão no universo do empreendimento, e possíveis avaliações inclusive no entorno.

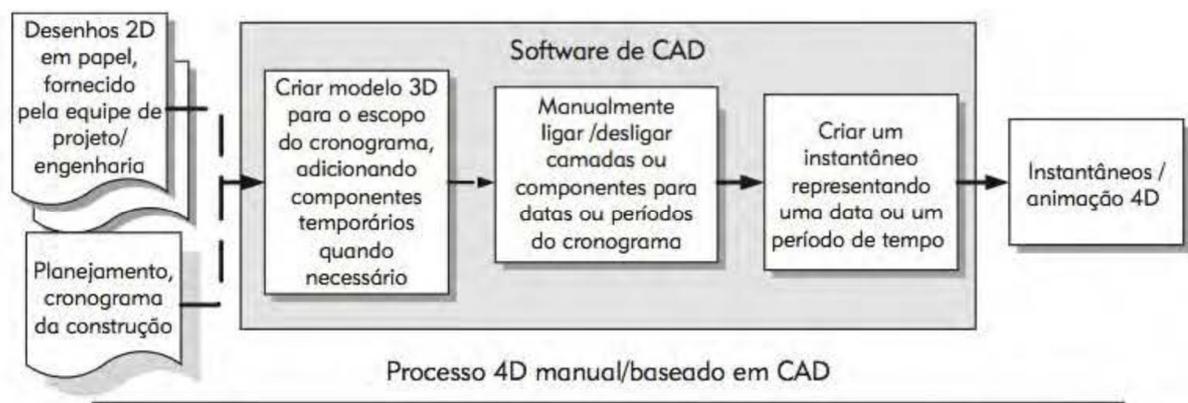
Para Kensek (2018), quando atualizada adequadamente, a simulação virtual pode mostrar com precisão o *status* atual do projeto por serviços e seu caminho crítico. Neste aspecto, segundo Eastman *et al.* (2014), os potenciais gargalos são revelados com as ferramentas 4D, possibilitando melhorias no desempenho.

Na avaliação de Eastman *et al.* (2014, p.223) os processos de modelagem 4D podem ser divididos em três tipos:

- método manual usando ferramentas 3D ou 2D;
- recursos 4D embutidos em ferramentas 3D ou BIM;
- exportação de 3D/BIM para uma ferramenta 4D e importação do cronograma;

Estes tipos se diferem conforme demonstrados nas Figuras 11 e 12, em que estão descritas as etapas de cada um.

Figura 11: Diagrama processo de manual



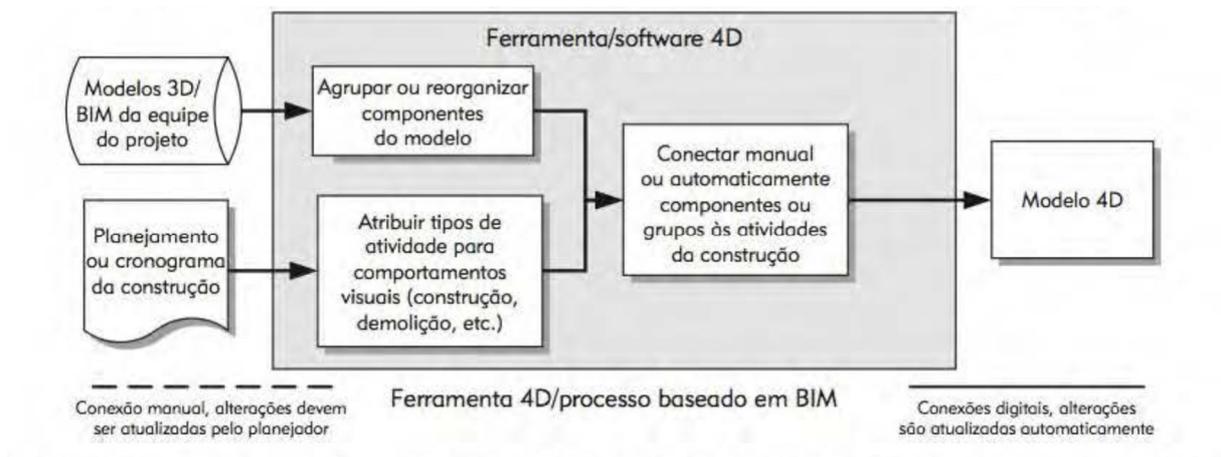
Fonte: Eastman *et al.* (2014, p.228).

Os dois primeiros tipos apresentados possuem métodos manuais, utilizando as ferramentas 3D e 2D para extração de dados e lançamento nas ferramentas 4D. O

uso dessas ferramentas normalmente é indicado para etapas iniciais do projeto para visualização do processo da construção (EASTMAN *et al.*, 2014). O foco deste estudo será a exportação direta 3D/ BIM para uma ferramenta 4D.

Com as desvantagens inerentes às ferramentas de modelagem 4D manuais e baseadas em CAD/BIM, empresas produtoras de *softwares* começaram a oferecer ferramentas 4D especializadas, com atualizações automáticas (EASTMAN *et al.*, 2014). Desta forma, os cronogramas já são produzidos a partir de modelos 3D, com um fluxo diferenciado no lançamento de parâmetros e informações do projeto, conforme mostra-se na Figura 12.

Figura 12: Diagrama processo de modelagem 4D



Fonte: Eastman *et al.* (2014, p.228).

A Figura 12 ilustra -se um fluxo de processos para criação de um modelo 4D a partir de um modelo 3D com a inserção de um cronograma utilizando um *software* 4D especializado (EASTMAN *et al.*, 2014).

Algumas diretrizes são importantes para o planejamento suportado por BIM e devem ser consideradas para o desenvolvimento de um modelo 4D, entres estas estão: o escopo do modelo, o nível de detalhe, reorganização e propriedades do cronograma (EASTMAN *et al.*, 2014).

O escopo do modelo visa estabelecer o nível de detalhe apropriado e segundo Eastman *et al.* (2014), se o intuito for acompanhar todo o ciclo de construção do empreendimento, deve ser estabelecido um plano para elaboração de um

cronograma. Macro ou um com descrição mais completa destas etapas, que relaciona com as propriedades de um cronograma.

Quanto à reorganização, é essencial para o desenvolvimento e suporte de um modelo 4D flexível e preciso, pois permite reorganizar os elementos ou componentes do modelo 3D de uma maneira adequada à ferramenta 4D, ou seja, voltada para a sequência construtiva (EASTMAN *et al.*, 2014).

O nível de detalhe está relacionado com o tamanho do modelo, tempo para elaboração e itens críticos que precisam ser comunicados. Embora tenha alguns requisitos similares, não deve ser confundido com o nível de desenvolvimento, que segundo Leusin (2020), é o grau de confiança da informação, geometria e parâmetros associados aos elementos, ou seja o nível da informação que se pode utilizar o modelo.

O nível de desenvolvimento tradução de *level of development*, ou LOD, criado pelo AIA – *American Institute of Architecture*, é um conceito complementar que deve ser tratado, visto que busca padronizar a abordagem e o nível de informação que serão disponibilizados pelo modelo e partir deste, obtém-se os parâmetros de confiabilidade e sucesso tanto dos resultados tanto na dimensão 4D quanto na 5D (MANZIONE, 2013).

O nível de complexidade do projeto irá influenciar na abordagem da quantidade de informações, ferramentas e ações para que se obtenha um gerenciamento bem-sucedido (BACCARINI, 1996), todas estas premissas deverão ser contempladas no plano de projeto BIM, que irá determinar como e em que grau serão detalhados os objetos (LEUSIN, 2020).

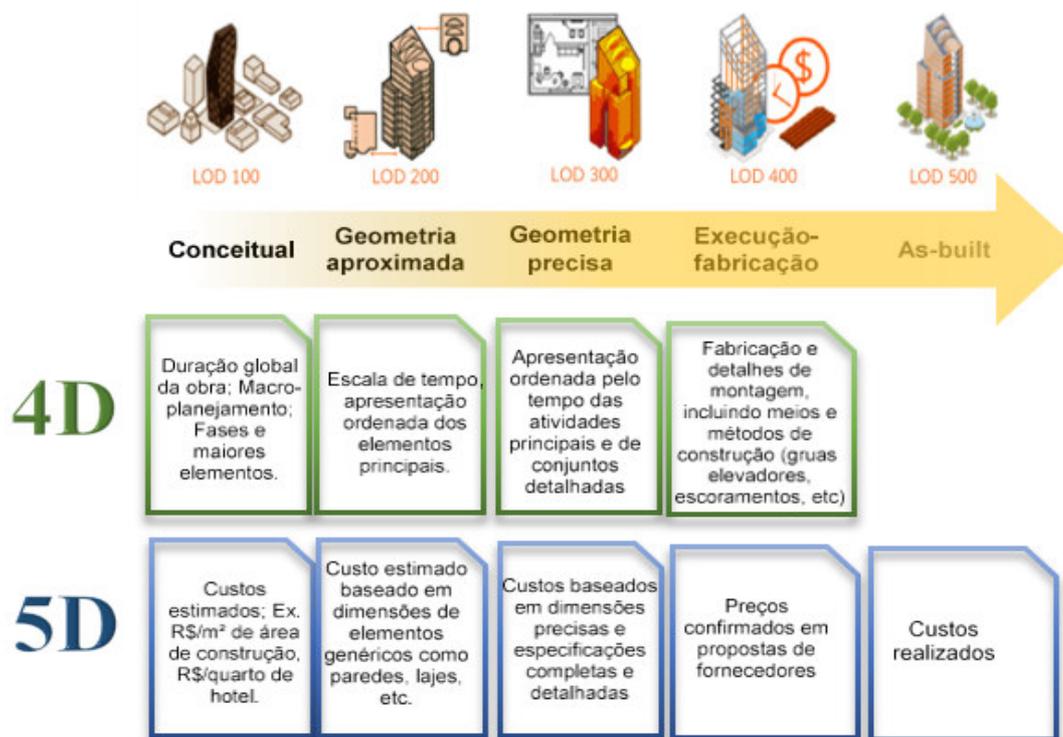
Quanto maior o LOD melhor é a qualidade dos entregáveis obtidos no processo, pois maior é o número de dados associados ao modelo (ABDI, 2019). Porém, conforme LEUSIN (2020), neste mesmo objeto pode haver elementos com diferentes níveis de parâmetros.

Na Figura 13, ilustra-se os níveis de desenvolvimento de um projeto com o objetivo de elencar a confiabilidade da informação a ser disponibilizada nos modelos que será extraída tanto para a composição do planejamento quanto para o orçamento.

Uma outra utilização possível do BIM é para suporte ao levantamento de quantitativos para compor o orçamento do projeto, este que, por definição, consiste

em levantar e quantificar insumos, mão de obra, equipamentos e seus respectivos custos (AVILA, LIBRELOTTO, LOPES, 2003).

Figura 13 – Níveis de desenvolvimento em um projeto BIM, LOD 100 ao LOD 500



Fonte: Adaptado Manzione (2013, p.105).

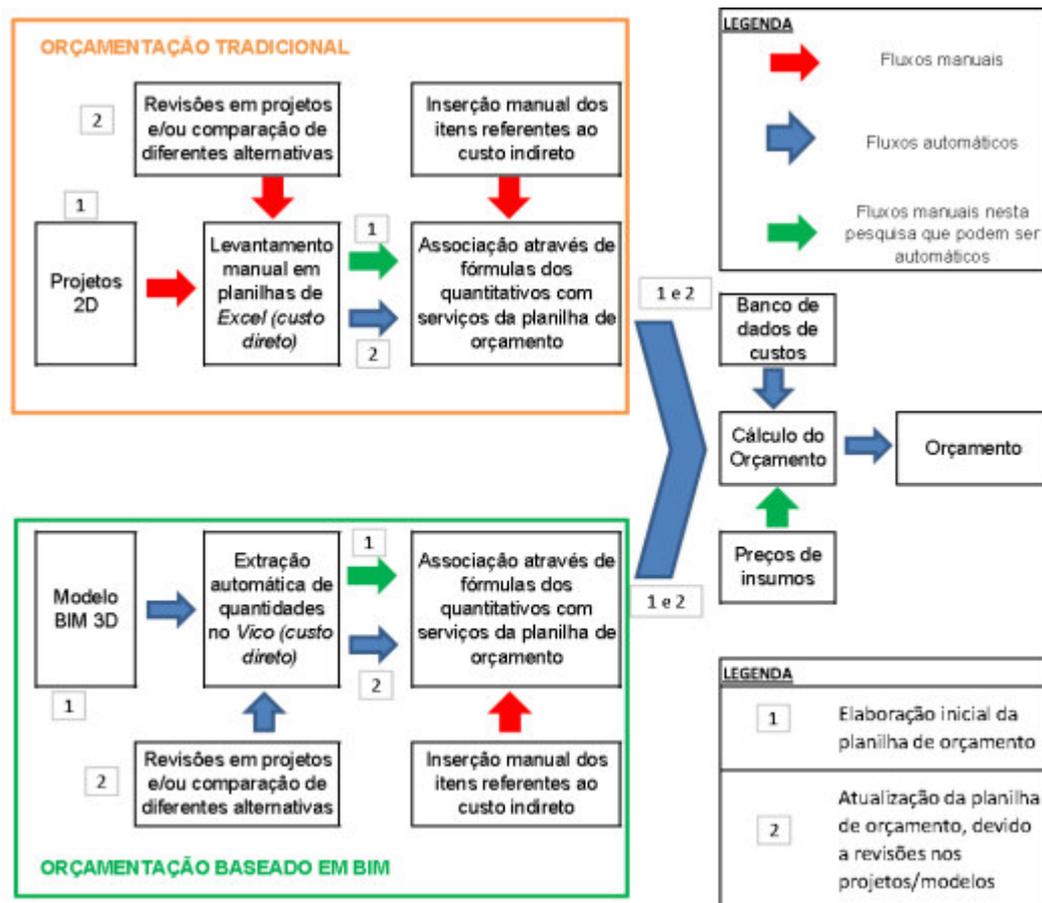
Esta etapa é anterior à construção em si, tratando, portanto, de uma previsão e deve ser adequada a fim de se evitarem faltas e proposições que não cabem ao projeto em questão (MATTOS, 2006)

Na dimensão 5D, o modelo 3D associado ao cronograma é integrado ao orçamento, o que permite visualizar cada item dentro de cada etapa, sendo possível detectar objetos paramétricos que não têm estimativa de custos associados (EASTMAN *et al.*, 2014).

Este método reduz um dos problemas gerados no processo tradicional 2D e 3D manuais, que é a alta demanda de tempo dos profissionais envolvidos para geração dos quantitativos, além de reduzir a quantidade de erros, Ferreira (2015 apud BAGNO, 2017). Com a automatização do processo, os modelos 5D elaborados com os níveis de desenvolvimento adequados dos elementos, a extração das informações torna o gerenciamento dos custos mais eficiente e o grau de assertividade do orçamento mais elevado (FORGUES *et. al*, 2012).

Desta forma, diferente dos métodos tradicionais, conforme demonstra-se na Figura 14, o modelo fornece por meio da extração de dados paramétricos as quantidades dos elementos.

Figura 14: Diagrama conceitual dos processos de orçamento tradicional e com a tecnologia BIM



Fonte: Bagno (2017, p.147).

Existem ferramentas específicas para isto, porém, o ponto mais importante neste caso é o nível do detalhamento do modelo 3D. Para se ter uma confiabilidade, o processo de modelagem tem que ter alto nível de avançamento, os objetos parametrizados devem conter o máximo de informação possível, fornecendo assim orçamentos dinâmicos.

As etapas de controle de custos e tempo em projetos de construção civil estão entre as mais representativas no processo de gestão de projetos, pois são indexadas diretamente ao sucesso deste (EASTMAN *et. al*, 2014).

Neste contexto, a utilização de ferramentas BIM no auxílio da gestão do ciclo de vida do empreendimento tem sido cada vez mais presente na indústria AEC. Observada a relevância do quanto é importante a elaboração de modelos com elevados níveis de informação, quando utilizados em conjunto nas dimensões 4D e 5D, as etapas de acompanhamento e controle se tornam eficazes, uma vez que permitem uma interação de todas as fases da obra e uma visão mais adequada a realidade da construção do empreendimento.

Segundo Eastman *et al.* (2014), uma tendência com o desenvolvimento de novas tecnologias e *softwares* seria de aprimorar os processos de gerenciamento de projetos, pois utilizando os modelos virtuais dos edifícios e a colaboração das equipes de projeto, o processo de construção real se torna mais eficaz, mais rápido e com menos custos e riscos. Isto se deve à tendência de incorporação de novas tecnologias para as tarefas de verificação e construtibilidade automáticas mediante uso desses modelos, além do aumento nos níveis e velocidade da colaboração entre as diversas disciplinas, com o aumento da confiabilidade dos projetos e redução de erros.

Uma das eficiências conhecidas da implementação da coordenação do BIM é a melhoria da comunicação, o que diminui o custo e o tempo da construção, e reduz os riscos, uma vez que podem ser antecipados durante a simulação digital da construção do modelo (EASTMAN *et al.*, 2014).

De acordo com Leusin (2020), com a implementação das ferramentas BIM o aumento da previsibilidade do empreendimento, assim como maior precisão na estimativa de quantitativos e planejamento, reflete em um projeto com maior qualidade e maior rentabilidade.

A implementação de processos BIM está mais ligada a processos práticos do que a *softwares*. Desta forma, a evolução da transformação do CAD para BIM terá como consequência o aumento de produtividade e rentabilidade, liberando tempo para novos serviços (KENSEK, 2018).

Para se atingir os objetivos propostos deve-se analisar o nível de maturidade BIM, conforme demonstra-se na Figura 15, em relação às metas estabelecidas no plano de projeto BIM e seu respectivo nível de desenvolvimento (MANZIONE, 2013).

Figura 15: Níveis de maturidade



Fonte: Manzione (2013, p.195).

Este conceito é importante para se ter as métricas do processo, pois estabelece os parâmetros de desenvolvimento do modelo correlacionando com sua aplicabilidade. Para uma estimativa de custos em um estudo de viabilidade, por exemplo, na fase inicial de um projeto, pode-se utilizar um modelo com nível de desenvolvimento menor, desde que o resultado obtido, se adeque à esta expectativa.

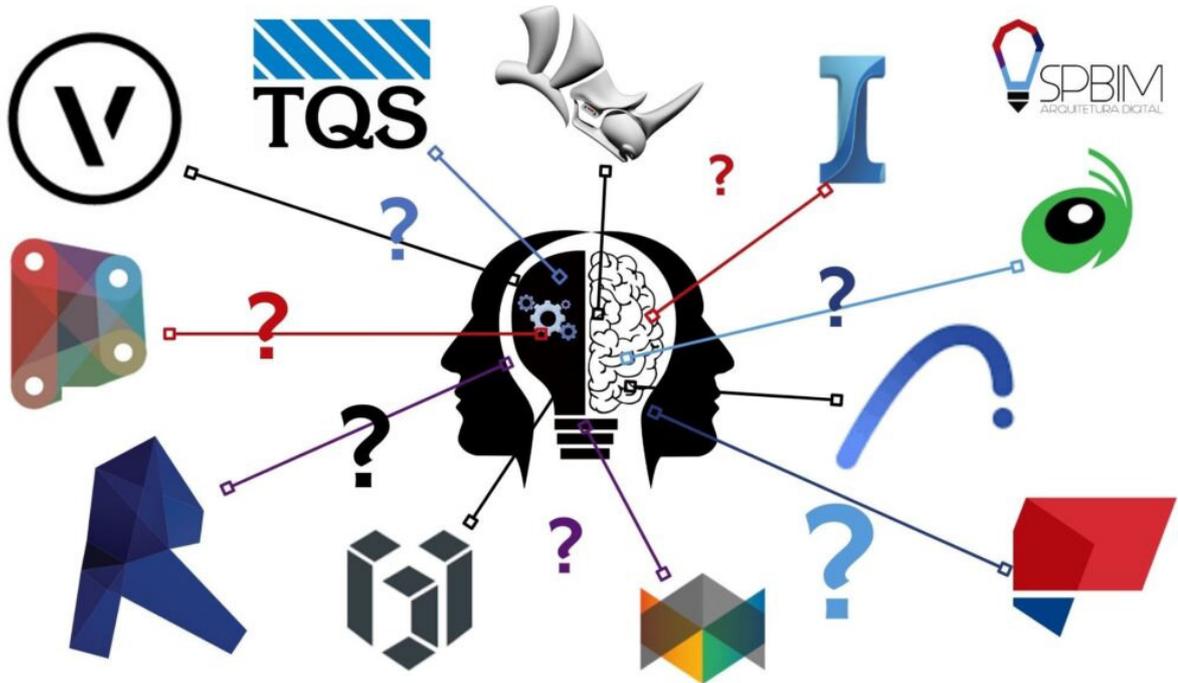
A adoção dos procedimentos para execução dos protótipos nas dimensões 4D e 5D exigem adaptações nos processos das empresas, neste aspecto é fundamental que se tenha um planejamento e controle destas alterações, tendendo a um equilíbrio e convergência para uma melhoria (MANZIONE, 2013).

3.1 Principais ferramentas BIM 4D e 5D

No mercado existem diversos *softwares* com recursos e que podem ser considerados ferramentas BIM, conforme ilustra-se na Figura 16, porém, uma análise importante antes da escolha, é a possibilidade de interoperabilidade, ou seja, que a plataforma permita a importação ou exportação para demais ferramentas de forma colaborativa.

Em foco estão os *softwares* disponíveis no mercado atual que produzem os resultados entregáveis de uma forma automática, dinâmica e completamente ligada ao modelo, tanto para a dimensão 4D quanto para a 5D (EASTMAN *et. al*, 2014).

Figura 16: Qual ferramenta BIM escolher?



Fonte: SPBIM – Arquitetura Digital (2021).

Entre os principais *softwares* 4D e 5D estão o *SYNCHRO*, *NAVISWORKS* e o *VICO*. Todas essas ferramentas permitem uma integração das duas dimensões e têm os principais resultados esperados, pois permitem a coordenação 3D, geram simulações tanto de recursos, como de equipamentos e espaços físicos, como a interação dentro do canteiro de obras na medida em que se evolui na construção, oferecem detecção de falhas, atualização automática de quantitativos, integração com *softwares* de planejamento tradicionais, com a possibilidade de importação de cronogramas. Na Figura 17, demonstra-se os principais recursos de cada um desses *softwares*.

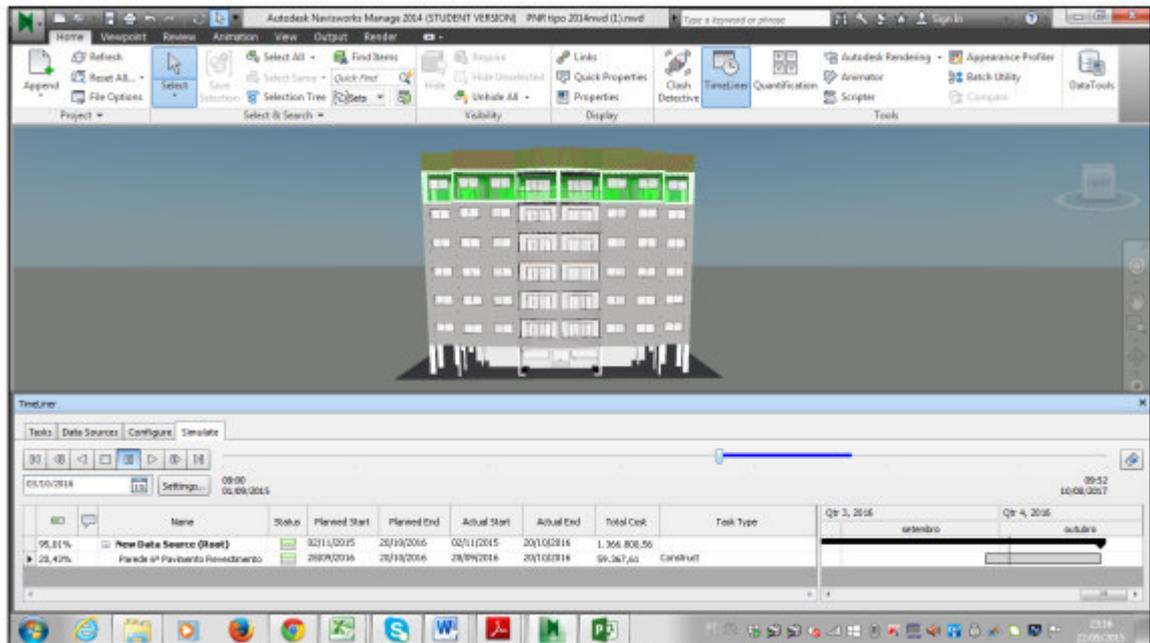
Figura 17: Recursos disponíveis nos principais *softwares*



Fonte: Autor (2021).

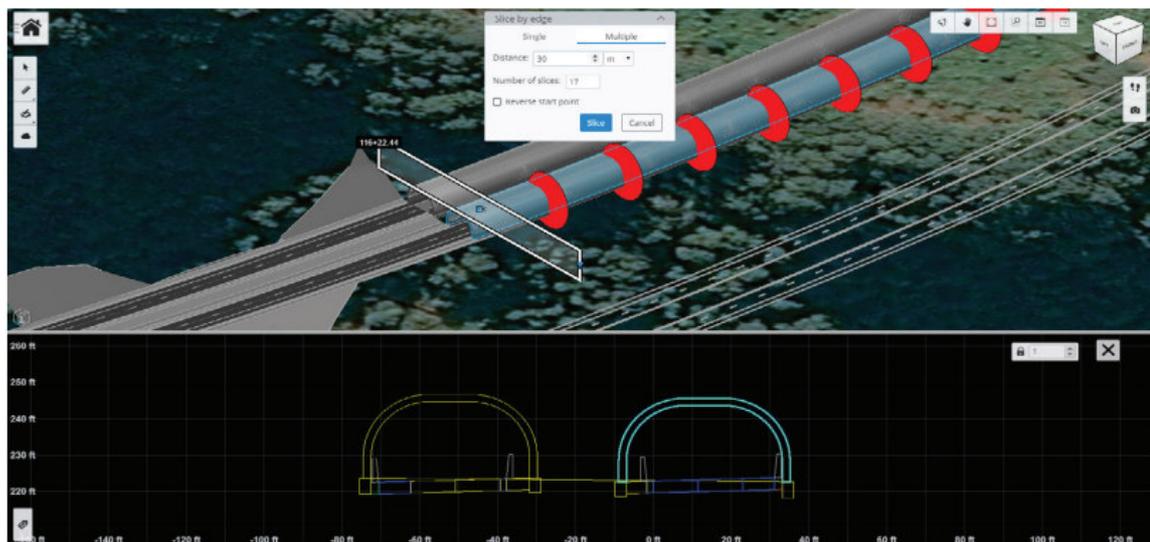
Na Figura 18, observa-se o planeamento da execução de um trecho da fachada da edificação no *software* NAVISWORKS, os elementos avaliados estão destacados na cor verde e representam uma etapa a ser executada prevista no cronograma, já na Figura 19, observa-se a interface do *software* SYNCHRO.

Figura 18: Planejamento 4D - Navisworks



Fonte: Baia (2015, p.97).

Figura 19: Demonstração da interface do SYNCHRO



Fonte: Bentley (2021).

Em todos os *softwares*, o diferencial para maximizar o resultado é o processo de entrada com a elaboração de modelos com bons níveis de desenvolvimento dos elementos e objetos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença do BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção tem se mostrado relevante e uma importante ferramenta auxiliar no gerenciamento dos projetos. O tripé fundamental deste conceito mostra-se capaz de amplificar os benefícios das boas práticas de mercado, pois envolvem tanto os processos quanto as tecnologias e as pessoas, com melhorias desde a comunicação até a qualidade dos projetos.

Neste contexto, cabe ressaltar que a maior confiabilidade gerada pelos dados obtidos pelo BIM 4D e 5D integrados, se modelado e parametrizado com um elevado nível de precisão, possibilitam uma maior assertividade nos orçamentos, uma vez que o modelo de construção virtual replica o modelo real, permite ainda criar uma lista de quantitativos que ajudam nos processos de aquisição, rastreabilidade dos insumos e melhores negociações devido a programação mais eficiente possibilitada pelos cronogramas melhorados.

As animações geradas na dimensão 5D, antecipam possíveis problemas na execução da obra, otimização do canteiro de obras com um melhor posicionamento, por exemplo, de equipamentos de transportes, centrais de produção de argamassa e locais de estoque de insumos.

Tendo em vista a questão inicial, nota-se que a implementação do processo BIM, segundo Leusin (2020, p.9), reduz 5% nos prazos e custos de obra, ainda em um aumento da produtividade da mão de obra, melhoria da qualidade dos projetos e aumento da satisfação dos *stakeholders* em relação ao produto. Porém, no que tange a aplicabilidade e benefício, a implantação do BIM requer atenção para que se tenha o nível de detalhamento que propicie informações suficientes para a extração de dados e obtenção dos resultados esperados. Nota-se que nos estudos avaliados esta qualificação não está clara, tendo, portanto, a possibilidade de resultados diferentes em função dos diversos níveis encontrados em cada modelo estudado.

Os benefícios dessa ampliação podem ainda ser frutos de estudos futuros buscando a integração das demais dimensões BIM, como o uso e operação no gerenciamento do ciclo de vida do empreendimento, além do aprofundamento do estudo das métricas e níveis de desenvolvimento aplicados nos modelos.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. Navisworks features 2021. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features>. Acesso em: 09 dez.2021.

AVILA, Antonio, LIBRELOTTO, Liziane I., LOPES, Oscar C. **Orçamento de obras – Curso de arquitetura e Urbanismo**. Florianópolis, 2003. (Apostila)

BAIA, D. V. S. “**Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da construção civil**”. 2015. Dissertação de Mestrado, Programa Mestrado em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, 2015.

BACCARINI, D. “*The concept of Project complexity: a review*”. **International Journal of Project Management**, v. 14, n.4, p. 201-204, 1996.

BAGNO, R. R. **Análise comparativa do processo de orçamento de um empreendimento residencial pelo método tradicional (2D) e pela modelagem da informação da construção (BIM)**. 2017. Dissertação de Mestrado, Programa Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. – Brasília, DF: ABDI, 2017. (Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC)

Ciclo do BIM. Disponível em: www.utilizandoobim.com/blog/o-que-e-bim. Acesso em: 30/09/2021.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM - um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação**. 2015, 52f. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015, apud BAGNO, R. R. **Análise comparativa do processo de orçamento de um empreendimento residencial pelo método tradicional (2D) e pela modelagem da informação da construção (BIM)**. 2017.

FUNDAMENTOS BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. - Brasília: CBIC, 2016.124p.:il (Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1)

FORGUES, D; IORDANOVA, I; VALDIVIESO, F; STAUB-FRENCH, S. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a case study**. Construction Research Congress. 2012. ASCE

KENSEK, Karen. **Building Information Modeling BIM: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LEUSIN, Sergio. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM – um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamento de obras**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 324 f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Qual ferramenta BIM escolher. Disponível em: <https://spbim.com.br/melhor-software-bim>. Acesso em: 09/12/2021.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. **Measuring BIM Performance: Five Metrics. Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, p. 120-142, 2012.

SYNCHRO. Disponível em: <https://www.bentley.com/pt/learn>. Acesso em: 09/12/2021.

VICO OFFICE INTRODUCTION. Training Manual. Trimble Buildings, 2021.