

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vicente Accorsi Lang

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA
BIM EM EMPRESAS DE ESTRUTURA METÁLICA**

Porto Alegre
Dezembro 2019

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM EM PROJETOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Néstor Fabián Ayala
Co-orientadora: Daniela Dietz Viana

Porto Alegre
Dezembro 2019

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM EM PROJETOS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador, pela Professora Co-orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Néstor Fabián Ayala (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Daniela Dietz Vianna (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Luciani Somensi Lorenzi (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Rosa Maria e Ricardo,
às minhas irmãs, Celina e Luiza e a minha namorada,
Patrizia, por todo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Rosa Maria Accorsi Lang e Ricardo Soccac Lang, por sempre acreditarem no meu potencial, respeitando e apoiando minhas decisões e contribuindo de forma definitiva para minha formação como pessoa.

A minha namorada, Arq. Patrizia Traverso, pelo apoio incondicional às minhas escolhas, e pela sabedoria em seus conselhos, que foram fundamentais para meu crescimento pessoal e profissional nos momentos mais difíceis.

Às minhas irmãs e melhores amigas, Celina Accorsi Lang e Luiza Accorsi Lang, pela torcida onipresente para minhas conquistas.

Às minhas avós, Gisela Soccac Lang e Maria Bueno Accorsi (in memoriam), pela dedicação, pelo amor, carinho e apoio durante toda minha trajetória acadêmica.

Agradeço também aos meus orientadores, Néstor Fabián Ayala e Daniela Dietz Viana, pela sua paciência e por suas contribuições ao meu estudo.

Nós adoramos o Caos
pois amamos produzir a Ordem.

M. C. Escher

RESUMO

Atualmente, no Brasil, está ocorrendo a evolução do uso da metodologia BIM por parte das empresas do setor da construção civil. Esta evolução é alavancada principalmente pelo aumento da demanda, por parte de contratantes, pelo fornecimento de modelos das obras. Porém, muitas empresas ainda não conseguiram se adequar para suprir a demanda de mercado pelo uso de BIM, ou iniciaram o uso da metodologia sem qualquer organização, levando a uma abordagem superficial dos potenciais benefícios que esta metodologia pode proporcionar em termos de otimização de processos e melhoria da qualidade projetual. Por este motivo, é extremamente necessário que sejam traçados planos de implementação da metodologia BIM, principalmente em empresas de engenharia do tipo ETO (*Engineering-to-order*), onde o alto grau de customização dos produtos determina que exista uma busca por melhorias processuais. O presente artigo introduz os conceitos básicos a respeito da metodologia BIM, como seus pré-requisitos principais, os formatos de linguagem utilizados e metodologias de implementação, aprofundando-se em seus benefícios em empresas que utilizam o sistema de manufatura do tipo ETO (*Engineering-to-order*). Também está apresentado, neste documento, um conceito geral relativo à estrutura de galpões metálicos, suas vantagens e principais elementos. Sendo então, analisada a atuação da metodologia BIM em estruturas metálicas. Apresenta-se um caso específico de uma obra de uma estrutura de galpão metálico, apontando os desafios enfrentados pela equipe participante do projeto. Por fim, indica-se uma série de passos para identificação dos usos adequados da metodologia BIM neste tipo de estrutura, como seus objetivos, mapeamento da informação e infraestrutura necessária para sua implementação.

Palavras-Chave: BIM, ETO, Estruturas Metálicas, Projeto

ABSTRACT

Currently, in Brazil, the evolution of the use of the BIM methodology by companies in the construction sector is taking place. This evolution is mainly driven by the increased demand from contractors for the development of building models. However, many companies have not yet been able to meet the market demand for BIM, or have begun to use it without any organization, leading to a shallow approach to the potential benefits that this methodology can provide in terms of process optimization and improvement of design quality. For this reason, it is extremely necessary to draw up implementation plans for the BIM methodology, especially in ETO engineering companies, where the high level of product customization demands a search for procedural improvements. This paper introduces the basics about the BIM Methodology, such as its main requirements, the language formats and implementation methods, enhancing their benefits for companies using the ETO (*Engineering-to-order*) manufacturing system. Also presented in this document is a general concept regarding the steel structure buildings, its advantages and main elements. Therefore, the performance of the BIM methodology in steel structures was analyzed. This paper presents a specific case of a steel structure shed project, pointing out the challenges faced by the participant team. Finally, a series of steps are indicated to identify the appropriate uses of BIM methodology in this kind of structure, such as its objectives, information mapping and infrastructure necessary for its implementation.

Keywords: BIM, ETO, Steel Structures, Project

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Benefícios do Uso de BIM por fase da obra	20
Figura 2 - Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM	22
Figura 3 - Benefícios trazidos pelo BIM segundo empreiteiros.....	22
Figura 4 - Exemplos de diferentes LOD para o caso de colunas metálicas.	25
Figura 5 - Descrição das soluções construtivas da Empresa A	34
Figura 6 - Fluxograma dos macroprocessos da Empresa A	35
□ Figura 7 – Elementos da Estrutura dos Galpões	36
Figura 8- Fluxo Metodológico.....	38
Figura 9 – Processo de Desenvolvimento de Produtos da Empresa A.....	40
Figura 10 - Respostas das Questões de Escolha Simples	41
Figura 11 - Setores dos participantes entrevistados	42
Figura 12 - principais desafios relatados pelos participantes:	42
Figura 13 Sugestões de Melhorias para o processo.....	43
Figura 14 - Softwares utilizados.....	43
Figura 15 - Softwares Utilizados e suas Tecnologias.....	46
Figura 16: objetivos e usos de BIM associados.....	48
Figura 17:Quantidade de aparições dos 25 usos de BIM	49
Figura 18 Análise dos usos de BIM escolhidos.....	50
Figura 20 - Mapa do Processo Geral (Nível 1): Pós-venda e Montagem.....	53
Figura 21 - Mapa do Processo Detalhado (Nível 2): Análise Estrutural	54

Figura 22 - Classificação dos Sistema Construtivos Unifomat e Omniclass	55
Figura 23 - LOD em Sistemas de Construções Metálicas	56
Figura 24 - Tabela de Atributos dos Elementos de Estrutura Principal	57
Figura 25 – Fluxo da obra com softwares BIM indicados	59
Figura 26 - Perfil Organizacional BIM da Empresa A	60

LISTA DE SIGLAS

A&D – *Análise e Design*

AIA - *American Institute of Architects*

AISC - *American Steel Construction*

API - *Application Programming Interface*

ASBEA - *Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura*

ATO - *Assemble To Order*

BEP - *BIM Execution Plan*

BIM – *Building Information Modeling*

BPEPG – *BIM Project Execution Planning Guide*

BPMN – *Business Process Modeling Notation*

BSI - *British Standard Institution*

CAD – *Computer Aided Design*

CAE – *Computer Aided Engineering*

CAM – *Computer Aided Manufacturing*

CBIC – *Câmara Brasileira da Indústria da Construção*

CIM – *Computer Integrated Manufacturing*

CIS/2 – *CIMsteel Integration Standards*

CNC – *Computer Numeric Control*

EP – *Engenharia de Produto*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ETO – *Engineering-to-Order*

FTO – *Fabricated-to-Order*

GSA – *United States General Services Administration*

IFC – *Industry Foundation Classes*

LOD – *Level-of-Development*

MTO – *Make-to-Order*

MTS – *Make-to-Stock*

NBIMS – *National Building Information Modeling Standards*

NBS – *National Building Specifications*

PCP – *Planejamento e Controle da Produção*

PDM – *Product Data Management*

PDP – *Processo de Desenvolvimento de Produto*

PENN STATE – *Pennsylvania State University*

PGO – *Programa de Gestão de Orçamento*

SESCI – *Structural Engineering and Steel Construction Industry*

USACE – *U.S. Army Corps of Engineers*

CIFE – *Center for Facilities and Environment*

CURT – *Construction Users Round Table*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos.....	17
1.2	Delimitação.....	17
1.3	Estrutura do Documento.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	BIM.....	19
2.1.1	Benefícios do uso de BIM:	20
2.1.2	Colaboração e Interoperabilidade:.....	23
2.1.3	IFC e CIS/2:.....	24
2.1.4	LOD (Level-of-Development):.....	25
2.1.5	Entregáveis BIM.....	26
2.1.6	Implementação de BIM	26
2.2	BIM EM EMPRESAS ETO	29
2.3	BIM EM ESTRUTURAS METÁLICAS:.....	30
2.3.1	Modelo Estrutural BIM e Modelo Analítico Estrutural	30
2.3.2	Processo utilizando BIM para estruturas:.....	32
2.3.3	Dificuldades e Benefícios do BIM em estruturas metálicas: ...	33
3	METODOLOGIA	34
3.1	ESTUDO DE CASO: GALPÕES METÁLICOS	35
3.2	INSTRUMENTOS DE PESQUISA:.....	37
3.3	PROCESSO METODOLÓGICO:.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DA EMPRESA A	39
4.1.1	Processo de Desenvolvimento de Produto em Galpões Metálicos	41
4.1.2	Atual Implementação de BIM	41
4.2	FLUXO BASEADO NA METODOLOGIA BIM.....	47
4.2.1	Objetivos e Usos de BIM.....	48

4.2.2	Mapas de Processos BIM	50
4.2.3	Troca de Informações BIM.....	55
4.2.4	Infraestrutura.....	58
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DE BIM.....	59
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Perante a metodologia BIM, o Brasil está atrasado em relação a países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Países Escandinavos, porém, já se demonstra grande iniciativa na adoção do BIM, inclusive com propostas inovadoras nos âmbitos fora da construção propriamente dita, como mineração e manufatura (MCGRAW & HILL, 2014). Um recente estudo realizado pela FGV (2018), aponta o fato de apenas 7,5% das empresas de construção realmente utilizarem BIM. O Brasil está se preparando para atingir um nível de uso do BIM mais relevante, através do decreto 9.983/2019, o qual institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM como órgão deliberativo destinado a implementar a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, que obriga a utilização do mesmo em determinadas obras públicas a partir de 2021.

inda que, perante a metodologia BIM, o Brasil esteja atrasado em relação à países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Países Escandinavos, já se demonstra grande iniciativa na adoção do BIM, inclusive com propostas inovadoras nos âmbitos fora da construção propriamente dita, como mineração e manufatura (MCGRAW & HILL, 2014). Porém, um recente estudo da realizado pela FGV (2018), aponta o fato de apenas 7,5% das empresas de construção realmente utilizarem BIM. O Brasil, está se preparando para atingir um nível de uso do BIM mais relevante, através do decreto 9.983/2019, que institui um Comitê Gestor da Estratégia do BIM, como órgão deliberativo destinado a implementar a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, que obriga a utilização do mesmo em determinadas obras públicas a partir de 2021.

Segundo McGraw&Hill (2014), as empresas de fabricação e construção de estruturas em aço lideram o ranking de competências e habilidades em BIM, sendo que, a modelagem direcionada à pré-fabricação, é apontada como a segunda atividade mais importante segundo as construtoras pesquisadas.

Estes resultados concordam com Eastman *et al.* (2008) que explica que o uso de sistemas pré-fabricados na construção é decorrente do aumento da complexidade dos projetos concebidos atualmente, o que seria favorecido pelo uso de componentes fabricados fora do canteiro de obra, ou pré-montados. Eastman *et al.* (2008), ainda esclarece que, diferentemente de produtos de

prateleira produzidos em massa, este tipo de obra demanda projetos altamente customizados, e portanto, a fabricação de componentes *engineered-to-order* (ETO). Este tipo de sistema é utilizado por elevada parcela das empresas de construção industrializada em função da rápida resposta às demandas dos clientes (BATAGLIN ET AL, 2017).

Para Eastman *et al.* (2008), os benefícios trazidos pelo uso de BIM nos sistemas de manufatura ETO são: estimativas automatizadas; redução do *cycle time* em projetos de detalhamento e de produção; eliminação dos erros de coordenação de projeto; diminuição dos custos de engenharia e detalhamento; melhoria na pré-montagem e pré-fabricação.

Para Koskela (1992), a industrialização da construção torna o processo mais complexo e vulnerável, a partir da necessidade de dois locais de produção (fábrica e canteiro de obras), o que demanda uma maior coordenação. Para Viana (2015), nos sistemas ETO, existe uma necessidade de integrar projeto, manufatura e montagem, o que é extremamente favorecido pelo uso de BIM. Devido aos aspectos singulares do sistema ETO, a informação necessária para desenvolvimento dos produtos nem sempre está disponível de maneira adequada. As dificuldades em gerenciar estas informações e a falta de integração entre os participantes de um projeto levam a perdas durante o processo (FORSMAN *et al.*, 2012).

Jorgensen e Emmitt (2009), apontam ao fato de que uma informação gerada em uma fase inicial do processo é crítica para o planejamento e execução das atividades subsequentes. Por conta disto, a coordenação deficiente da cadeia de suprimentos e troca de informações deficitária podem causar muitos pedidos por informação, resultando em retrabalhos, atrasos e perda da qualidade. Segundo Sacks, Radosavljevic and Barak (2010), o uso de BIM pode fornecer uma poderosa plataforma para o melhor entendimento do fluxo de trabalho em sistemas de controle, o que também proporciona uma maior colaboração entre os participantes de um projeto.

Para Succar e Kassem (2015), a implementação de BIM se refere a uma série de atividades tomadas por uma unidade organizacional com o intuito de implantar ou melhorar seus entregáveis relacionados ao BIM e seus processos associados. Para que isto seja possível, é necessária que a implementação do BIM em uma organização tenha seus objetivos bem estabelecidos, bem como os usos de BIM associados, pois o excesso de informações presentes em um modelo em fases embrionárias, ou a falta de informações em fases avançadas de um projeto, podem causar uma quantidade maior de retrabalhos que anteriormente a implementação.

Este trabalho propõe um conjunto de diretrizes para implementação da metodologia BIM em uma empresa de estruturas metálicas, baseado nas premissas do Guia de Execução de Projetos em BIM, o BIM Project Execution Planning Guide - BPEPG, elaborado pelo Programa de Pesquisa de Construção Integrada à Computação (CIC - Computer Integrated Construction Research Program) na Universidade da Pennsylvania (Pennsylvania State University). É apresentada uma análise do desenvolvimento de projeto de uma obra baseada no processo tradicional, desde sua concepção inicial até sua montagem. Após esta análise, é proposto um novo processo de desenvolvimento de produto baseado na metodologia BIM, e as medidas necessárias para sua implementação.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo propor um procedimento para implementação da metodologia BIM em uma empresa de estruturas metálicas, baseado nas premissas do Guia de Execução de Projetos em BIM, o BIM Project Execution Planning Guide - BPEPG, elaborado pelo Programa de Pesquisa de Construção Integrada à Computação (CIC - Computer Integrated Construction Research Program) na Universidade da Pennsylvania (Pennsylvania State University). É apresentada uma análise do desenvolvimento de projeto de uma obra baseada no processo tradicional, desde sua concepção inicial até sua montagem. Após esta análise, é proposto um novo processo de desenvolvimento de produto baseado na metodologia BIM, e as medidas necessárias para sua implementação.

1.2 Delimitação

Foram analisados, neste trabalho, os processos envolvidos no desenvolvimento de produto de uma obra de galpões metálicos, limitando-se as estruturas metálicas. Não foram levadas em consideração as atuações ou os impactos de outras disciplinas presentes nesta mesma obra, como a arquitetura, as fundações, sistemas hidráulicos e de climatização.

1.3 Estrutura do Documento

Este trabalho foi estruturado seguindo as etapas a seguir:

- a) referencial bibliográfico;
- b) escolha da metodologia;
- c) resultados e discussões;
- d) conclusão;

O referencial bibliográfico foi baseado em publicações e bibliografias consolidadas, como o Manual de BIM (Eastamn *et al.*, 2008), com a finalidade de definir conceitos e terminologias associadas ao uso e implementação da metodologia BIM. Posteriormente, buscou-se detalhar a atuação de BIM em empresas que utilizam o sistema de manufatura do tipo ETO, aprofundando-se ainda nos conceitos relacionados a estruturas metálicas.

Posteriormente, definiu-se a metodologia a ser adotada para as análises presentes neste trabalho. Esta metodologia baseou-se na análise de entrevistas e questionários enviados para participantes em uma obra utilizada como estudo de caso, e também na atuação deste autor nesta obra.

Os resultados e as discussões foram baseados nas análises realizadas, e delimitam o processo necessário para a implementação de BIM em uma obra de estruturas metálicas.

Por fim, foram elencadas as conclusões finais, que apresentaram um panorama geral sobre os resultados do trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico propõe uma discussão sobre o que é BIM e suas características principais, sua relação com empresas que utilizam o sistema de manufatura do tipo ETO (engineering-to-order) e o seu uso em estruturas metálicas.

2.1 BIM

Não há consenso a respeito da definição de BIM, por isso, muitos autores preferem explicar de maneira sucinta o processo envolvido. A seguir, serão apresentadas algumas destas explicações:

Para Eastman *et al.* (2008, p. 18) "Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção". Seguindo a mesma linha de raciocínio, para a National Building Information Modeling Standards (NBIMS, 2015): "BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção." O que concorda com o American Institute of Architects (AIA, 2013) que diz que: "BIM é uma representação digital de um projeto, ou de uma porção de um projeto". Já a National Building Specifications (NBS, 2016) aborda o tema da seguinte forma: "BIM é um processo para criação e gerenciamento da informação em um projeto de construção durante o ciclo de vida do projeto."

Abrangendo as definições de BIM mencionadas anteriormente a United States General Services Administration (GSA, 2007) sintetiza:

"Building Information Modeling é o desenvolvimento e uso de um modelo de dados de um software de computação multifacetado, não apenas para documentação de projeto, mas para simular a construção e operação de uma nova instalação ou modernização dela. O modelo BIM resultante é uma representação digital de uma instalação baseada em: objetivos, riqueza de informações, inteligência e parametrização. A partir disto, podem ser extraídas e analisadas várias informações disponíveis para diversos usuários a fim de gerar um feedback, e melhorar o projeto da instalação."

Estas definições de BIM têm em comum o fato de reforçarem a ideia de o modelo ser uma representação virtual de uma edificação, contendo informações pertinentes ao desenvolvimento do projeto.

Outra forma de entender o que é BIM é analisar soluções de modelagem que não podem ser interpretadas como BIM. Para Eastman *et al.* (2008), exemplos destes modelos seriam: modelos que contém somente geometrias 3D, sem atributos vinculados aos objetos; modelos que não sejam parametrizáveis; modelos que sejam compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D.

2.1.1 Benefícios do uso de BIM:

Embora os benefícios do BIM sejam diretamente proporcionais ao comprometimento com a implementação desta metodologia (Penn State, 2019), Eastman *et al.* (2008), elencou uma série de ganhos que podem ser esperados com o desenvolvimento da tecnologia BIM e os dividiu em 4 etapas do ciclo de vida de uma obra, conforme a Figura 1:

Figura 1 Benefícios do Uso de BIM por fase da obra

Fase	Benefícios
Benefícios na pré-construção para o proprietário	Definições Conceito, viabilidade e benefícios no projeto
	Aumento da qualidade e do desempenho da construção
Benefícios no projeto	Visualização antecipada e mais precisa de um projeto
	Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto
	Geração desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto
	Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto
	Verificação facilitada das intenções de projeto
	Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto
	Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade
Benefícios à construção e à fabricação	Sincronização de projeto e planejamento da construção
	Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (Detecção de interferências)
	Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro
	Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados
	Melhor implementação e técnicas de construção enxuta
Benefícios pós-construção	Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção
	Melhor gerenciamento e operação das edificações
	Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades

(fonte: Adaptado de Eastman *et al.*, 2008)

O gráfico representado na Figura 2 compara o processo tradicional de desenvolvimento de projetos, baseado apenas em documentos e desenhos (CAD), com o desenvolvimento utilizando a metodologia BIM, considerando a variação da capacidade de influenciar os custos e a qualidade de um dado empreendimento no decorrer das diversas fases do projeto durante o tempo. Este gráfico possibilita a constatação de pontos importantes:

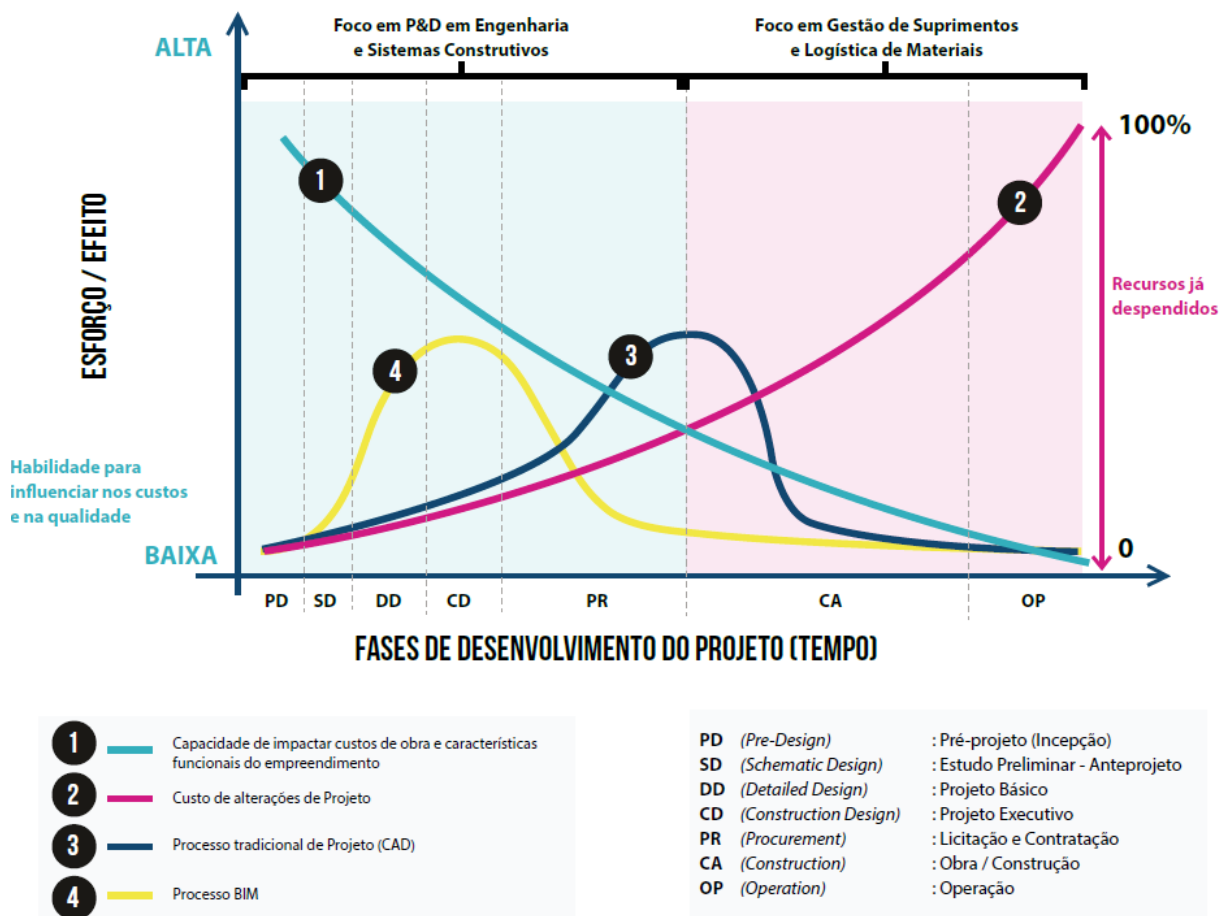
- A capacidade de impactar nos custos da obra e nas características funcionais de um empreendimento diminui conforme o projeto evolui pelos estágios de ciclo de vida de desenvolvimento;

- O custo de eventuais alterações tende a subir com o tempo de ciclo de vida do projeto;
- Antes do início das obras encontram-se as mais significativas oportunidades para obter reduções de custos e definição de racionalizações. Nestas fases de desenvolvimento de projeto, o foco dos esforços deve estar nas atividades de concepção, pesquisas e desenvolvimento de sistemas, de soluções construtivas e engenharia;
- Após o início das obras, numa situação ideal, a maioria das especificações e decisões sobre os métodos construtivos a serem utilizados já teriam sido tomadas e estariam congelada. Portanto, o foco dos esforços deverá migrar para a gestão de suprimentos de materiais e dos demais recursos logísticos;
- O Processo realizado em BIM foca os esforços nas fases iniciais de projeto, onde os custos referentes a modificações são mais baixos e a capacidade de impactar em custos e características da obra ainda é elevada;

Sendo assim, o processo baseado na metodologia BIM demanda um grande esforço nas fases iniciais de uma obra, o que alivia o ônus provocado por revisões projetuais e seu custo associado.

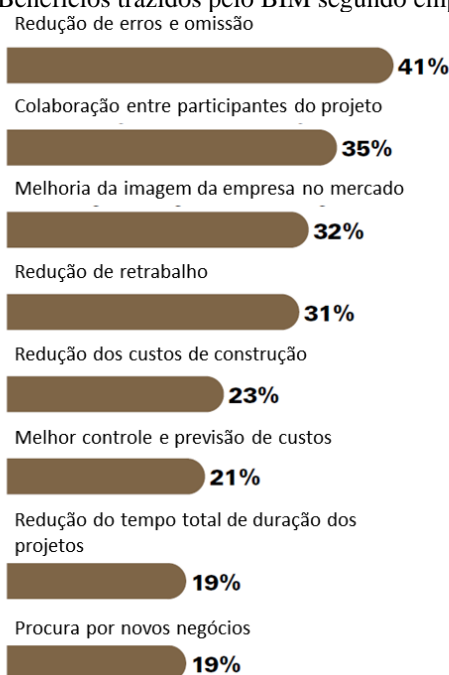
Estas percepções concordam com uma pesquisa realizada por McGraw&Hill (2014) (Figura 3), onde empreiteiros apontam os principais benefícios trazidos pelo uso de BIM.

Figura 2 - Gráfico comparativo entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos (CAD) e o processo BIM



(fonte: adaptado de CURT, 2007)

Figura 3 - Benefícios trazidos pelo BIM segundo empreiteiros



(fonte: Adaptado de McGraw&Hill, 2014)

2.1.2 Colaboração e Interoperabilidade:

Uma das premissas básicas da metodologia BIM é o trabalho colaborativo. Segundo a NBIMS (2015), esta colaboração deverá acontecer entre os diferentes agentes de diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação, com o objetivo de inserir, extrair, atualizar e modificar informações no modelo. A NBIMS (2015) ainda reforça que isto não é uma tarefa simples, visto que durante as diversas fases de um empreendimento, existe uma variedade considerável de ambientes, softwares, hardwares e nível de qualificação e especialização entre todos os envolvidos.

Para Kvan (2000), o sucesso da colaboração pode ser assumido quando se chega a resultados em grupo, que não poderiam ser atingidos de forma individual. Segundo Eastman *et al.* (2008), as mudanças positivas oferecidas pelo uso de BIM estão diretamente relacionadas com o nível de colaboração dos envolvidos. Sendo esta colaboração tão indispensável para o êxito do uso da metodologia, o Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM (Penn State, 2019) determina que sejam definidas quais atividades do fluxo de trabalho serão: colaborativas, e quais não terão colaboração alguma. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de um conjunto de “regras e diretrizes de modelagem”, que precisarão ser organizadas, documentadas e compartilhadas entre todo o grupo de trabalho. (CBIC, 2016).

Para atingir um grau mínimo de colaboração em um projeto BIM, deve-se garantir que haja a Interoperabilidade, ou seja, a capacidade de troca de informações entre os diversos *stakeholders*, através da comunicação direta entre aplicações de softwares. (USACE, 2006)

Segundo Eastman *et al.* (2008), a interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas contribuam para o trabalho em questão. Ainda segundo ele, existem dois principais modelos para o caso da construção, o IFC (Industry Foundation Classes), criado através de uma aliança internacional para a Interoperabilidade, conhecida atualmente como BuildingSMART; e o CIS/2 (CIMsteel Integration Standards), criado pela SESCO (Structural Engineering and Steel Construction Industry) em parceria com a AISC (American Steel Construction), ambos baseados na linguagem EXPRESS.

Segundo Andrew Gayer (2009), a interoperabilidade pode ser atingida de 3 maneiras diferentes: (a) utilizando softwares que leem diretamente as propriedades contidas em um Modelo BIM;

- (b) utilizando softwares que podem incorporar um API (Application Programming Interface);
- (c) Utilizando softwares que suportam trocas de formatos públicos como IFC e CIS/2;

2.1.3 IFC e CIS/2:

O formato aberto IFC é definido pelo site britânico, BIM Community, como uma forma de padronização da troca de informações na indústria da construção. O IFC permite que os profissionais envolvidos compartilhem informações independentemente dos softwares utilizados no processo, o que está alinhado ao conceito de interoperabilidade necessário para a garantia da colaboração, princípio básico da metodologia BIM.

Já a própria BuildingSMART define IFC como “uma descrição digital padronizada de uma obra, incluindo edificações e infraestrutura. Deve ser aberto, independente, e de fácil utilização em uma extensa gama de *Hardware*, *Software* e interfaces para diversos usos”. A BuildingSMART ainda aponta quais informações podem aparecer dentro de um IFC: nome, tipo de objeto, função, material, cor, propriedades térmicas, responsáveis, custo, performance, operação e responsáveis. Ela ainda provê a validação para implementação de padrões e soluções baseadas no IFC, através do seu programa *buildingSMART Software Certification Program*. Estas informações contidas dentro de um arquivo no formato IFC devem estar listadas em um Plano de Execução BIM (BEP), como parte da troca de informações para que todos os *stakeholders* saibam quais dados devem estar contidos em seu modelo. O IFC é comumente confundido com a extensão padrão BIM, mas segundo Schwartz (2010) ainda falta profundidade no nível da informação quando se trata de aço estrutural.

O CIS/2, foi datado, segundo Hartmann (2011), no ano de 1993, sendo desenvolvido e documentado muito antes da palavra BIM ser mencionada. Segundo Eastman *et al.* (2008), é um padrão desenvolvido pela indústria, para projeto, análise e fabricação de estruturas metálicas. Segundo a CBIC (2016), em seu GUIA, este formato de arquivo permite o intercâmbio entre software usados para análises estruturais e soluções específicas para detalhamento, possibilitando que estes softwares, aparentemente independentes se comuniquem.

Schwartz (2010) afirma que, ainda que o IFC seja mais difundido e credenciado na ação de BIM management, o formato CIS/2 é mais rico em informações, principalmente no que diz respeito a informações estruturais, de fabricação e manufatura.

2.1.4 LOD (Level-of-Development):

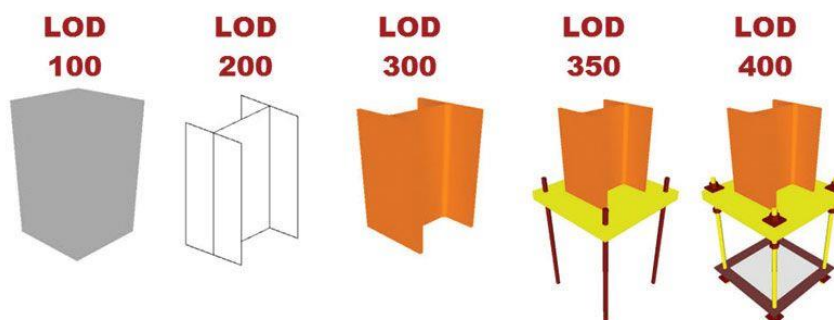
Segundo o documento LOD Specification, promovido pela BIMForum, existe uma dualidade de definições para LOD, inicialmente entendido como Level Of Detail, mas atualmente entendido por Level of Development, uma vez que seria o nível de confiabilidade que a equipe de projeto relaciona à informação quando está utilizando aquele modelo. Em contrapartida, Nível de Detalhe (Level of Detail), estaria relacionado apenas a quantos detalhes estão inclusos nos elementos modelados.

A AIA descreveu, de forma sucinta, em seu documento G202 (2013), os requisitos mínimos de conteúdo associado ao uso de cada elemento do modelo, classificando-os em 5 diferentes níveis de desenvolvimento (LOD), variando do LOD 100 ao LOD 500.

No ano de 2011, o BIMForum foi licenciado pela AIA, para utilizar seu documento (E202) criando, assim, a primeira versão da publicação anual: LOD Specification (2011-2019), que se trata de uma interpretação das definições de LOD desenvolvidas pela AIA. Nesta publicação, são definidas e ilustradas, características dos elementos modelados em diferentes sistemas construtivos. Segundo o LOD Specification (BIMForum 2019), os diferentes LODs não estão definidos por fases projetuais, uma vez que elas podem variar de empresa para empresa.

A Figura 4 é um exemplo da diferença de LODs feita pela BIMForum, para o caso de colunas metálicas, e suas ligações na base.

Figura 4 - Exemplos de diferentes LOD para o caso de colunas metálicas.



(fonte: BIMForum, 2019)

É importante ressaltar o fato de que, segundo a BIMForum, não existe um “Modelo no LOD XXX”, mas sim um elemento presente no modelo, que tem seu LOD XXX. Sendo assim, um modelo pode contar com diversos níveis de desenvolvimento diferentes, dependendo da finalidade que será dada àquela construção virtual.

2.1.5 Entregáveis BIM

A NBS (2016), define uma série de padrões e documentações de suporte, conhecidas como BIM *deliverables*, os entregáveis BIM, que são os *outputs* de projeto. Segundo o Guia de Boas Práticas em BIM da ASBEA (2013), após a finalização dos projetos, os modelos passam a percorrer o restante do ciclo de vida do empreendimento, produção, construção, planejamento e logística. Por conta disto, deve-se seguir uma série de requerimentos de informação fornecidos por clientes, ou, a nível organizacional, setor seguintes.

Como exemplo de entregáveis, este Guia propõe os seguintes exemplos:

- a) Modelo do local de implantação
- b) Modelos de Arquitetura, Estruturas, Instalações e demais disciplinas, permitindo a utilização dos mesmo para: análise de interferências e coordenação de projetos, visualização, estimativa de custos e planejamento.
- c) Modelos para construção e fabricação.
- d) Modelo *as built*.
- e) Modelo para gerenciamento de instalações.
- f) Planilhas de quantitativos extraídas a partir do modelo.
- g) Memórias 2D, como folhas de desenho.

2.1.6 Implementação de BIM

Segundo Succar e Kassem (2015), o termo implementação de BIM se refere à um “conjunto de ações tomadas por uma organização, para se preparar para implantar ou melhorar seus entregáveis BIM e os processos relacionados a eles”.

Segundo a Coletânea Implementação do BIM (CBIC), “a sua implementação deve ser feita através do estabelecimento de um projeto formal, minimamente estruturado e documentado.” Sendo este projeto-piloto, um representante dos empreendimentos mais tipicamente realizados pela empresa interessada na adoção de BIM.

McPartland (2017) afirma que o sucesso de um projeto BIM se deve em grande parte ao desenvolvimento de um BIM Execution Plan, que foi definido pela BSI (British Standard Institution, BS (PAS 1192-2 (2013)) como um plano preparado pelos prestadores de serviço explicando como se dará a execução do projeto em BIM.

Segundo a GSA (2019), um BEP, ou Plano de Execução BIM, é um plano que define a estrutura

base para assegurar o sucesso do desenvolvimento das tecnologias que permeiam a metodologia BIM dentro de um projeto. E tem como aspecto chave o bom planejamento do processo projeto-engenharia-construção, para minimizar as surpresas, o retrabalho, as redundâncias e os *gaps* no fluxo de informação baseado em um modelo. McPartland (2017) sugere que um BEP inclua:

- a) Papéis e responsabilidades das partes envolvidas no projeto;
- b) Processos de Aprovação;
- c) Estratégia para os entregáveis;
- d) Logística de processos colaborativos;
- e) Plano de Implementação do Projeto;
- f) Plano de entrega de informações de tarefas;
- g) Plano de entrega de informações gerais;
- h) Procedimento detalhado de trabalho;
- i) Como os modelos serão manuseados e mantidos;
- j) Nomes e convenções de arquivos;
- k) Tolerâncias de construção adotadas e que informações serão atribuídas ao modelo;
- l) Padrão para anotações, abreviações e símbolos usados em modelos e documentações;
- m) Quais softwares serão utilizados, quais os formatos de arquivos usados para interoperabilidade e que outros sistemas de gerenciamento de dados deverão ser integrados ao processo;

O Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM (Penn State, 2019) indica que ao final do desenvolvimento de um plano BIM, tanto o projeto quanto os membros da equipe de projeto deverão ser capazes de alcançar os seguintes valores:

1. Entender claramente os objetivos estratégicos para implementação de BIM no projeto.
2. Os participantes deverão entender seus papéis e responsabilidades no processo de implementação;
3. A equipe deve ser capaz de desenvolver um processo de execução específico para as atividades de cada participante e para os fluxos de trabalho típicos das empresas;

4. Definição dos recursos adicionais, treinamentos e outras competências para o sucesso da implementação;
5. O plano deverá prover de um referencial para descrever o processo para futuros participantes que possam ser adicionados ao projeto;
6. Os setores comerciais deverão ser capazes de definir uma linguagem contratual que assegure que todos os membros do projeto cumpram com suas obrigações;
7. Metas que permitam acompanhamento da progressão ao longo da implementação;

Este Guia tem como objetivo que as empresas envolvidas em um projeto o utilizem para planejar sua estratégia BIM e desenvolver um Plano de Execução de Projetos BIM, também conhecido como BEP. Este plano é baseado em 4 etapas principais:

1. Identificação dos Objetivos de Implementação e dos Usos de BIM.
2. Projetar o processo de execução do BIM criando mapas de processo;
3. Definir os entregáveis BIM na forma de troca de informações;
4. Definição da infraestrutura para Implementação de BIM

Para cada uma destas etapas, o guia propõe procedimentos específicos para sua execução, sendo também disponibilizados *templates* de planilhas e fluxos de processos baseados na notação BPMN.

O Guia também especifica de maneira detalhada 25 usos distintos para o BIM, os “*BIM Uses*”, os quais são divididos em 4 macro etapas do ciclo de vida de desenvolvimento de um projeto. É recomendado que a disposição das etapas seja feita na ordem reversa, para que a equipe consiga entender o uso futuro das informações que deverão ser inseridas no modelo, numa perspectiva batizada como “*begin with the end in mind*”. Além disso, é definido para cada uso, uma descrição, o valor potencial, os recursos necessários (infraestrutura) e as competências indispensáveis para equipe.

Segundo o Guia, para a execução de Projetos em BIM, as empresas devem desenvolver padrões internos, definindo de que forma elas pretendem utilizar o BIM em um nível organizacional. Para o desenvolvimento destes padrões são propostos 4 passos:

1. Declaração da Missão BIM e Objetivos e Usos de BIM
2. Mapas de Processos BIM
3. Troca de Informações BIM:
4. Definição da Infraestrutura necessária para implementação

2.2 BIM EM EMPRESAS ETO

Segundo Tommelein; Ballard; Kaminsky (2008), existe uma diferenciação entre produtos que requerem uma demanda para terem início na sua produção e produtos que são produzidos para estoque, comumente chamados *make-to-order* (MTO) e *make-to-stock* (MTS).

Produtos MTS são aqueles que podem ser produzidos em massa enquanto os produtos MTO, podem ser divididos em 3 outras subcategorias: (a) ETO, produtos projetados de acordo com uma demanda específica do cliente final; (b) FTO, o projeto está pronto, e o processo de fabricação é iniciado após o pedido ser efetuado; e (c) ATO, apenas a montagem final do produto segue um pedido do cliente. Bertrand e Muntslag (1993) apontam que na situação de uma empresa ETO, o escopo do controle de produção inclui as atividades de projeto e engenharia, que são chamadas por ele de atividades “não-físicas”, o que quer dizer que as decisões dos “*lead-times*” da produção são tomadas sobre certa indefinição, uma vez que acontecem antes que o projeto estar totalmente definido.

Vrijhoef and Koskela (2005) afirmam que a maior parte dos sistemas de produção pode ser caracterizado como ETO ou como ATO, sendo este estudo focado em empresas que utilizam o sistema ETO, onde, segundo Hicks, McGovern, Earl (2000) os produtos são altamente customizados para atender o consumidor, sendo assim, sua produção é de pequena escala

Segundo Viana (2015), o uso de BIM em empresas ETO, através da criação de famílias padronizadas, que podem se adequar a diferentes aplicações do BIM, permite aos projetistas testar especificações de produto desde o começo do processo projetual, evitando incompatibilidade e retrabalhos. Em um ambiente ETO, onde o cliente demanda por estimativas de custo e tempo desde os estágios mais embrionários do projeto, esta habilidade – de utilizar o BIM – torna-se bastante importante para a competitividade.

Ainda segundo Viana (2015), as fases de projeto e de montagem, no caso de construções industrializadas, são as fases mais afetadas pelos clientes, fazendo com que os projetos presentes nestas fases sejam mais sujeitos a mudanças.

Ergen e Akinci (2008), destacam o papel da tecnologia da informação e da comunicação na gestão do fluxo da informação em sistemas de produção do tipo ETO. Segundo eles, a customização demanda a necessidade de se rastrear cada uma das peças individualmente, com o objetivo de permitir a troca de informações entre as etapas de produção de peças pré-fabricadas, expedição e montagem.

Elfving, Tommelein e Ballard (2004) investigaram o desafio que é reduzir o tempo em sistemas ETO de produção, pois quando as diferentes fases de um processo são tratadas de forma isolada existe um aumento significativo do tempo de entrega.

Bertrand e Muntslag (1993) explicam que o desenvolvimento de um projeto faz parte de um processo de produção e, por isso, dividem o sistema de produção ETO em 4 fases genéricas de produção: Projeto Conceitual, Projeto de Engenharia, Manufatura de componentes e Montagem. Esta definição em 4 fases está perfeitamente alinhada ao objeto de estudo deste trabalho, uma vez que a empresa em questão conta com estas etapas em seu processo.

2.3 BIM EM ESTRUTURAS METÁLICAS:

2.3.1 Modelo Estrutural BIM e Modelo Analítico Estrutural

Robinson (2007) indica que existe uma grande diferença entre um modelo físico estrutural e um modelo analítico, devido à vasta diferença nas informações contidas em ambos os modelos. Um modelo físico 3D que se utiliza de várias extensões de objetos, pode ser transformado em um modelo 4D, com a inserção da dimensão tempo nos objetos, ou 5D com a inserção de custos.

Segundo Robinson (2007), o BIM estrutural é a área mais importante para engenheiros estruturais e suas cadeias de suprimentos subsequentes, sendo que estes modelos podem conter informações físicas, e de análises e projeto (A&D), que podem ser usadas para obtenção de desenhos e relatórios de produção. Robinson (2007) também afirma que modelos arquitetônicos não trabalham com objetos da mesma forma que BIM estruturais, pois não são baseados no mesmo conceito. Estes, não se restringem apenas a membros, mas também cargas e combinações de cargas, que devem ser naturalmente manuseadas dentro do modelo.

Para Zhao-Qiu Liu *et al.* (2016) um modelo BIM de estruturas é dividido em modelo analítico e modelo de detalhamento. O modelo analítico contém informações geométricas como posições axiais, tamanhos de membros, layouts espaciais e divisões, que podem ser extraídos do modelo arquitetônico. Outras informações devem ser criadas pelo engenheiro estrutural, como propriedades mecânicas, tipos de conexão, condições de contorno, e informações de carregamentos.

Eastman *et al.* (2008) aponta que, além de modelar a estrutura em 3D com detalhamento de todas as peças, o software de detalhamento adicional deve possibilitar:

- O detalhamento automatizado e personalizável das conexões de aço;
- Recursos internos de análise estrutural, incluindo a análise por elementos finitos;
- Informações sobre cor, soldagem, perfuração e instruções diretamente para a máquina de controle numérico computadorizado (CNC);

Ele ainda destaca, que para serem úteis ao detalhamento de fabricação, as ferramentas BIM precisam suportar componentes paramétricos e customizáveis, possibilitar interfaces com sistemas de gerenciamento da informação e serem capazes de importar as informações de outras ferramentas BIM. Também devem oferecer boa visualização do modelo, e exportar informações em formatos apropriados para automação de tarefas de fabricação usando máquinas controladas por computador.

Segundo Eastman *et al.* (2008), um projetista de estruturas que se utiliza da metodologia BIM durante seu processo, produz tanto um modelo analítico, quanto um modelo arquitetônico, que pode conter uma extensa gama de informações para diversas aplicações. Modelos analíticos podem ser representados como linhas e nós, para caracterizar a tipologia de comportamento estrutural, enquanto outras partes podem ser representadas como malhas em modelos que se utilizam de elementos finitos. Podemos encontrar uma prescrição das informações necessárias para o intercâmbio entre modelos em alguns manuais e guias, como o Singapore BIM Guide 2.0 (2013), que enumera os elementos que podem ser usados para modelar uma estrutura, além dos parâmetros necessários para modelagem.

Eastman *et al.* (2008) ainda propõe dois tipos de fluxo para o intercâmbio de dados entre modelos estruturais e arquitetônicos:

- i. Fluxo de mão única da ferramenta de projeto BIM para a aplicação de análise;
- ii. Fluxo bidirecional, em que a aplicação de projeto suporta fluxo em ambas direções: para ferramenta de análise e para retorno de resultados;

Segundo ele, o primeiro fluxo se assemelha a um processo tradicional, onde as atualizações de projeto propostas pelo engenheiro estrutural são fisicamente implementadas pela equipe de projeto, enquanto o segundo é mais eficiente, uma vez que o engenheiro responsável pela estrutura pode promover alterações diretamente sobre as camadas estruturais do conjunto de dados.

Shin (2016) (apud. KAMAT; LIPMAN, 2007), afirma que um BIM estrutural pode interagir com outras ferramentas, importando formatos próprios, via CIS/2 ou IFC, para diversos usos, porém, devido a limitações de interoperabilidade, podem ser necessárias etapas adicionais, em comparação a um processo direto, para inserção de informações necessárias para tarefas específicas.

Na divisão hierárquica de um modelo IFC, o modelo estrutural é comprimido em duas partes: domínio dos elementos estruturais e domínio das análises estruturais, onde o primeiro é a representação dos vários membros estruturais e o segundo cobre o modelo espacial, linhas, pontos e planos, além de cargas, condições de contorno e resultados analíticos (Zhao-Qiu Liu *et al.*, 2016).

2.3.2 Processo utilizando BIM para estruturas:

Segundo Hunt (2013), o tempo restrito demanda que o projeto estrutural e a documentação de montagem comecem em paralelo, ou seja, quando os projetistas estruturais começam suas análises, o detalhamento estrutural também inicia seu processo de documentação. Para garantir que este processo seja realmente simultâneo, Hunt afirma que, através da utilização de um modelo BIM, as informações, tanto físicas, quanto analíticas estão conectadas em um mesmo ambiente virtual, permitindo o uso do modelo não apenas para as análises estruturais, como para a produção de projetos executivos. Este conceito de modelo polivalente é criticado por Zhao-Qiu (2016), que afirma que a maioria dos softwares que alegam esta interoperabilidade instantânea entre modelos, não consegue fazê-lo de maneira satisfatória, sendo necessário um método indireto, utilizando-se um software que realiza essa transferência de informações entre os modelos analíticos e físicos. Arpit Bhusar *et al.* (2014), aponta o uso de API (Application

Programming Interface), para realização desta interface entre os dois tipos de modelo estrutural. Robinson (2007), explica que APIs agem como veículos que, intrinsecamente, vinculam e transferem informações de objetos entre aplicações. Para Shin (2016), em empresas de estruturas metálicas, a implementação de um workflow BIM depende de uma forma de integração das informações presentes em arquivos CAE, CAD/CAM e sistemas ERP.

2.3.3 Dificuldades e Benefícios do BIM em estruturas metálicas:

Sanguinetti et al. (2012) afirma que um dos maiores benefícios do uso de BIM é a possibilidade de fazer análises durante a fase projetual, contudo, isto requer a criação de modelos independentes para cada tipo de análise. Todavia, ainda não existem maneiras eficientes para troca de informações de maneira satisfatória na fase de projeto estrutural. Qiu Liu (2016).

Burt (2009), faz uma análise onde os casos nos quais a trajetória entre Modelo BIM e Modelo Analítico Estrutural faz com que ocorra a perda de informação e, por consequência, a perda de acurácia do modelo, fazendo com que resulte na perda da oportunidade de melhoria no processo e na produtividade geradas pela metodologia BIM. Porém, o mesmo autor afirma que as vantagens da adoção do BIM durante o projeto estrutural são as seguintes: (1) na fase de projeto esquemático, qualquer mudança feita pelos engenheiros estruturais pode ser recebida instantaneamente pelos arquitetos, (2) permite que os engenheiros estruturais trabalhem de maneira cooperativa com outros participantes do projeto, (3) toda informação final produzida durante o projeto estrutural pode ser perfeitamente transmitida e compartilhada com outras disciplinas. Qiu Liu (2016), também aborda o fato de que apesar de alguns softwares de análise estrutural alegarem suportar BIM, eles não conseguem efetivamente transformar as informações de um modelo de estruturas, não possibilitando o input e output de IFC. Além disto, ele ainda esclarece as incompatibilidades do fluxo Modelo BIM Estrutural para o Modelo de Análise Estrutural, propondo uma metodologia com um software intermediário, que visa realizar a transformação das informações do modelo BIM para o modelo de análise. Hunt (2013) aponta ao fato de que elementos pré-fabricados como aço e concreto pré-moldado podem ser mais facilmente coordenados com BIM, melhorando as entregas, montagem e diminuindo estoques.

3 METODOLOGIA

Para analisar a jornada de implementação de BIM, foi feito um estudo de caso em uma empresa de estruturas metálicas, denominada como empresa A, onde este autor trabalha atualmente, em uma BIM criada no ano de 2018 dentro da etapa pré-venda.

A Empresa A foi escolhida por se tratar de um típico representante do objeto de estudo deste trabalho, executando obras de médio a grande porte em estruturas metálicas, e sendo do tipo ETO, ou seja, seus projetos tem alto grau de customização, sendo que o início de seu processo depende de uma demanda por parte do cliente.

Esta empresa tem como produto soluções para estruturas metálicas, e abrange obras complexas como Aeroportos e Shoppings Centers, obras de Infraestrutura, Edifícios de Múltiplos Andares e Galpões Industriais e Centros de Distribuição, sendo estes últimos seu principal produto e especialidade. À medida em que a empresa apresenta em seu processo praticamente todas as fases de um empreendimento estrutural metálico, desde a orçamentação até a montagem final, torna-se bastante oportuno para a proposição dos mais diversos usos de BIM. A Figura 5 mostra como a empresa separa sua linha de produtos:

Figura 5 - Descrição das soluções construtivas da Empresa A

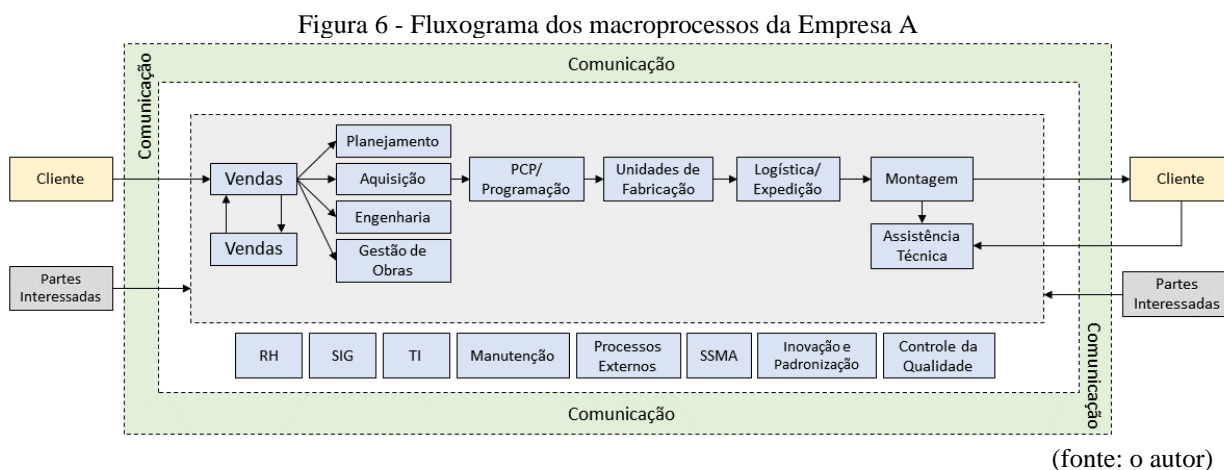
Solução Construtiva	Descrição
Construções Horizontais	Galpões Industriais, centros de distribuição e supermercados
Múltiplos Andares	Obras de multipavimentos com finalidade comercial
Projetos Especiais	Hangares, aeroportos e projetos complexos
Estruturas de Processo	Prédios de processo e pipe racks
Infraestrutura	Pontes, ferrovias e viadutos

(fonte: o autor)

Além da estrutura, a empresa fornece produtos complementares que dependem do tipo de empreendimento como: telhas de cobertura e fechamento lateral, calhas, rufos e arremates, iluminação zenital, isolamento termo-acústico, ventilação natural, sistemas de captação de água e energia e escadas. Estes produtos são produzidos para estoque e, por isso, não se enquadrariam na categoria ETO, mas sim MTS (*Make-to-stock*).

A Figura 6 mostra o fluxograma dos macroprocessos encontrados em uma obra padrão na Empresa A. Os agentes diretamente relacionados com a obra estão presentes dentro da zona

cinza, enquanto a zona branca contempla os agentes internos que não participam diretamente, mas que prestam suporte à organização. Ainda estão apresentados o Cliente e outras partes interessadas, como serviços terceirizados, e fornecedores, por exemplo.



3.1 ESTUDO DE CASO: GALPÕES METÁLICOS

Como mencionado anteriormente através do Guia da CBIC e reforçado por Eastman *et al* (2008), a melhor forma de propor a implementação do BIM é através de um projeto-piloto real, preferencialmente um projeto que represente um produto típico e usual da empresa em questão.

Foi escolhida uma obra do tipo Galpão de armazenamento de uma empresa farmacêutica. A obra consistia em dois galpões com estruturas metálicas: um para a Matéria Prima e um para os Produtos Acabados.

A estrutura metálica de ambos os galpões é formada por:

- Estrutura Principal: vigas e contraventamentos verticais e horizontais (as colunas foram projetadas em concreto, por este motivo não faziam parte do escopo da empresa A).
- Estrutura Secundária: treliças espaciais para cobertura dos galpões, terças Z para os fechamentos e cobertura de marquises e os arremates de aberturas.
- Revestimentos de Cobertura e de Fechamento e arremates.

A figura 7 apresenta estes elementos presentes na estrutura do galpão:

- Figura 7 – Elementos da Estrutura dos Galpões



- (Fonte: o autor)

Aprofundando-se ainda mais na possibilidade de implementação do BIM na empresa em questão, foi feita uma análise do processo real ocorrido no caso dos dois Galpões de Estrutura Metálica, a fim de compreender como ocorrem as trocas de informações e documentações entre os setores, avaliando o nível colaborativo da organização, e, principalmente, o impacto da cultura organizacional na possibilidade de implementação.. Para a realização desta análise, foram feitas entrevistas com 15 participantes desta obra. Complementarmente às entrevistas, um questionário foi enviado para cada um dos participantes, com o intuito de obter dados quantitativos a respeito do processo de desenvolvimento de produto (PDP). O intuito das entrevistas e do questionário, era relacionar as respostas a obstáculos no desenvolvimento de um projeto que podem ser atenuados, ou até mesmo, extintos com a utilização da metodologia BIM. Além da identificação dos obstáculos, tanto as entrevistas quanto o questionário, buscaram identificar possíveis melhorias ao processo que pudessem ser enquadradas nos 25 usos de BIM propostos pelo Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM (Penn State, 2019).

3.2 INSTRUMENTOS DE PESQUISA:

Com a finalidade de estabelecer uma proposta de implementação do BIM para o caso da obra dos galpões metálicos, utilizou-se o plano proposto pelo Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM para Organizações (Penn State, 2019), que visa estabelecer padrões internos de utilização do BIM em empresas. Os 4 passos para o desenvolvimento destes padrões estão detalhados abaixo:

1. Declaração da Missão BIM e Objetivos e Usos de BIM

Nesta etapa, foi desenvolvida uma lista de objetivos padrão para beneficiar a empresa. Esta lista foi baseada nas demandas verificadas durante as entrevistas aos participantes da obra usada como objeto de estudo, como os problemas verificados e as melhorias. Foram definidos usos típicos de BIM, onde foram identificados os usos específicos desta obra e usos gerais em obras de Galpões Metálicos. Para a definição dos objetivos do uso de BIM, foi utilizado o template do Apêndice A do Guia e para a análise dos usos de BIM, foi utilizado o Apêndice C

2. Mapas de Processos BIM

Para este passo, foi feita a criação de dois mapas, com dois níveis distintos: O primeiro nível, demonstra a relação dos usos de BIM empregados no projeto em questão, além da troca de informações que ocorre ao longo do projeto. No segundo nível, foram mapeados de forma detalhada cada um dos usos de BIM, para definir a sequência dos vários processos que serão realizados. Para criação destes mapas de processos, foi utilizado como referência o proposto pelo Apêndice D do Guia.

3. Troca de Informações BIM:

Foi proposto um padrão para a troca de informações para cada um dos usos de BIM, que serão realizados por cada setor. Para isto são definidos os LOD de cada elemento, as informações que devem estar contidas nos mesmos, e sistema de construção utilizados no modelo. Para tanto, foi utilizada como base a planilha LOD Specification disponibilizada pela BIMForum.

4. Definição da Infraestrutura necessária para implementação

Nesta etapa, foi feita uma análise da infraestrutura utilizada na Obra em questão, verificando-se se ela atendia aos usos de BIM propostos pelas etapas anteriores. Quando o Uso de BIM não era atendido de alguma forma, foi proposta a mudança para uma ferramenta que melhor se adequasse.

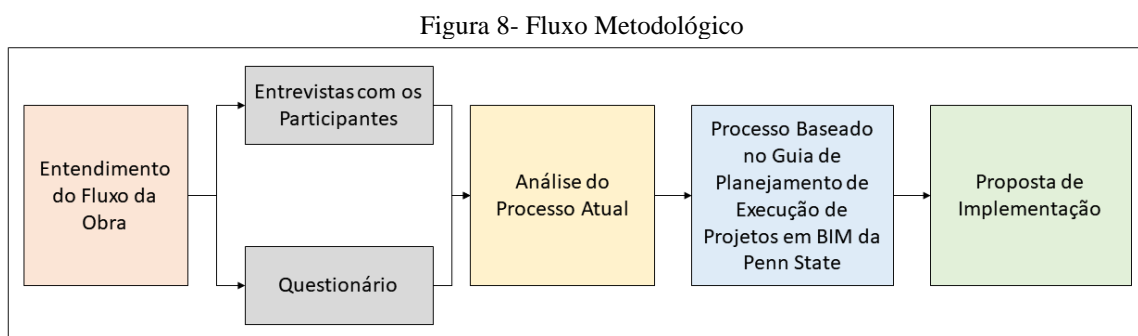
COLETA DE DADOS:

Para coleta de dados foi criado um questionário com 20 perguntas, o qual teve como premissa possibilitar a execução dos 4 passos propostos pelo Guia, uma vez que não haveria como cada um dos agentes envolvidos nos processos preencherem os apêndices de cada etapa. Desta forma, o questionário fez com que respostas mais simples fossem direcionadas para possibilitar o preenchimento, por parte deste autor, das planilhas.

Além deste questionário, foram feitas entrevistas com cada um dos participantes da obra analisada para enriquecer o entendimento das etapas envolvidas. Estas entrevistas ocorreram na Sede Administrativa da empresa A, onde estão estabelecidos os setores de pré-venda, bem como na sede fabril, onde estão localizadas as etapas pós-venda, como engenharia, fabricação e planejamento. Além disto, foi feita uma entrevista via telefone, com o responsável pela montagem da obra, que estava no canteiro da mesma. Estas entrevistas duraram em média 1 hora, e foram enriquecidas por meio de documentos fornecidos pelos entrevistados.

3.3 PROCESSO METODOLÓGICO:

Na Figura 8 é apresentado o fluxo utilizado para possibilitar a comparação entre o processo atual da empresa e como seria o processo no caso da implementação da metodologia BIM, o que possibilitou uma proposta de implementação.



(fonte: o autor)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DA EMPRESA A

O processo de desenvolvimento de produto (PDP) da empresa segue a lógica de macro etapas da Figura 8. As áreas que são diretamente afetadas pela concepção projetual, e, portanto, mais se beneficiariam com a implementação da metodologia BIM na empresa são as áreas de Orçamento, Engenharia, Planejamento e Montagem. Por este motivo, foi realizada uma descrição de como ocorrem estas etapas, conforme ilustrado na Figura 9.

Na fase de orçamentação, são recebidos e analisados os projetos do cliente. A partir do entendimento do escopo, a equipe realiza o primeiro cálculo da estrutura. Para quantificação dos materiais, que será usada para definição do preço da obra, são utilizadas duas fontes de informação: (i) os relatórios do peso da estrutura gerados pelos softwares de análise estrutural; (ii) planilhas de quantitativos preenchidas conforme o entendimento do responsável pelo orçamento dos projetos do cliente e das informações vindas do responsável comercial. Estes quantitativos são bastante incertos uma vez que dependem do nível de detalhamento dos projetos fornecidos pelo cliente ao setor comercial. Os quantitativos são então inseridos no Programa de Gestão de Orçamentos (PGO), junto aos dados básicos para cálculo de frete e demais encargos. Concomitante à inclusão dos quantitativos no sistema, são feitas propostas técnicas e comerciais, e enviadas ao setor comercial, junto com o preço final baseado nos quantitativos.

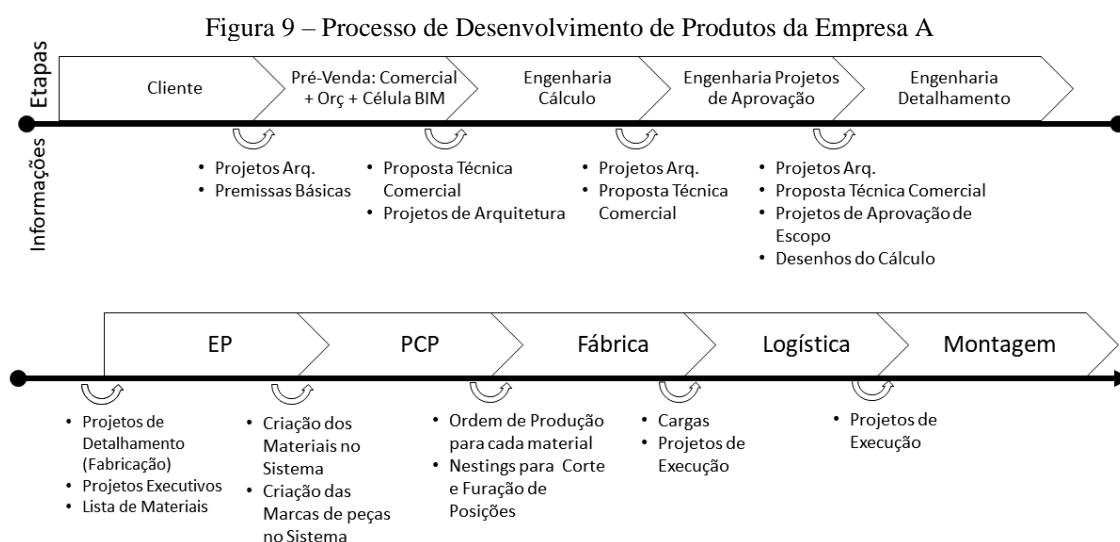
A partir da contratação da obra, inicia-se o processo de consolidação, onde são enviadas ao setor de planejamento as listas de materiais geradas no orçamento, junto com as informações de projeto, montagem e frete. Após consolidadas as questões financeiras, o setor de planejamento faz a quebra das etapas da obra, de acordo com o tipo de solução estrutural. Nesta etapa também é realizado o cronograma da obra com base nos projetos preliminares enviados pelo orçamento, sendo sujeito a modificações futuras.

Após a atuação do setor de planejamento, a responsabilidade da obra é enviada para o setor de engenharia, onde passa pelo processo de definição de escopo. É feita uma avaliação da solução utilizada, juntamente com o escopo vendido. Caso haja necessidade de validação do escopo com o cliente, é realizado um Projeto Básico que é uma representação gráfica das informações do escopo contratado. Caso não tenha necessidade de realização do projeto básico, tem início o Projeto Pré-Executivo, ou Projeto de Aprovação, que tem como finalidade formalizar a

aprovação do projeto com o cliente, devendo possuir informações sobre o escopo da obra. Este projeto é enviado juntamente com o Protocolo para Envio de Projetos de Aprovação para o cliente, para que ele seja aprovado integral ou parcialmente, num processo iterativo.

Paralelamente ao projeto de aprovação, tem-se início o processo de cálculo, onde ocorre o pré-dimensionamento da estrutura, que irá abastecer com informações básicas, como alturas de perfis, os responsáveis pelo projeto de aprovação. Após este pré-dimensionamento, é feita uma segunda etapa de cálculo, já com o escopo aprovado pelo cliente, para fazer a liberação da memória de cálculo e pode-se dar início ao detalhamento de projeto. Os Projetos de Detalhamento para fabricação e Projetos Executivos devem ser desenvolvidos com base no Projeto de Aprovação, e devem estar de acordo com o manual de padronização da empresa. Na fase de Montagem, é realizada uma reunião pré-obra com a finalidade de verificar a condição real do canteiro e confirmar se a obra irá acontecer na data acordada com o cliente. Esta reunião também é fundamental para a estratégia da empresa pois define o início da fabricação.

O avanço físico reportado pelo gestor de obra no período de medição determina o avanço para o faturamento referente ao contrato e é baseado no relatório semanal de obra. Este relatório é uma ferramenta de controle da produção de montagem, que auxilia a gestão da obra por meio da análise do avanço físico versus o planejado, Junto deste relatório são enviados diários de obra, planos de ação, entre outros.



(fonte: o autor)

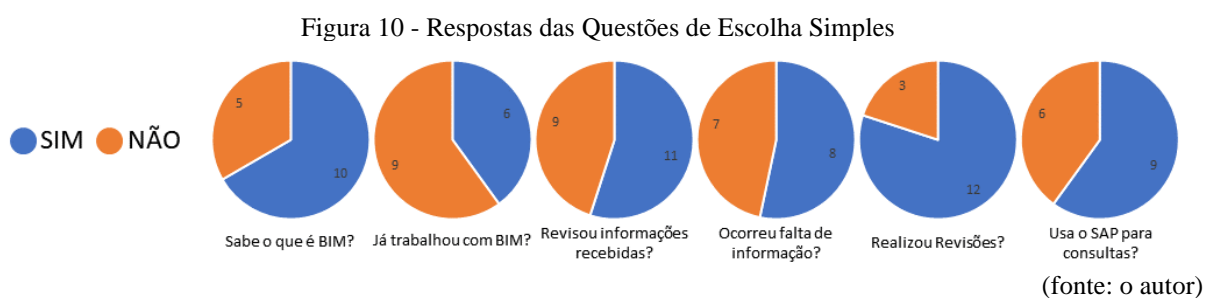
4.1.1 Processo de Desenvolvimento de Produto em Galpões Metálicos

O processo de desenvolvimento de produto (PDP), no caso de obras de galpões metálicos na Empresa A é bem consolidado, tendo modificações apenas na combinação de soluções demandada por cada cliente. Por exemplo, um cliente pode optar pela utilização de pilares de concreto, o que tiraria do escopo da empresa a fabricação de colunas metálicas. Existem ainda as modificações decorrentes da solução estrutural. Por exemplo, para que a estrutura secundária consiga vencer grandes vãos, é comum a adoção de treliças semi espaciais no lugar das tradicionais terças metálicas. Um outro aspecto que demanda modificações é quando são utilizadas soluções viabilizadas por terceiros, e, portanto, não participam de todas as etapas do PDP.

Em obras do tipo Galpão Metálico, a quebra das etapas realizada pelo setor de planejamento depende apenas da área, sendo que cada etapa não poderá ter mais que 3000m² e 60 toneladas, para garantir que a logística de cada etapa demande no máximo 3 caminhões.

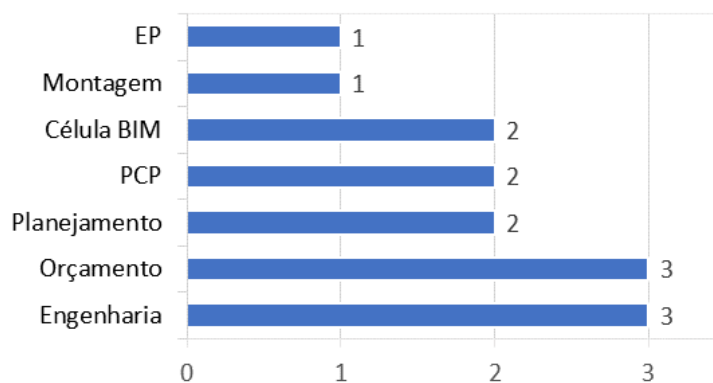
4.1.2 Atual Implementação de BIM

Os resultados para os questionários, seguidos de uma análise baseada nos mesmos, nas entrevistas e na experiência deste autor podem ser verificados nas figuras 10, 11 e 12:



A Figura 11, mostra os setores dos participantes da obra entrevistados. Os setores com maior amostragem foram os setores de Orçamento e Engenharia, setores em que este autor teve atuação durante o processo.

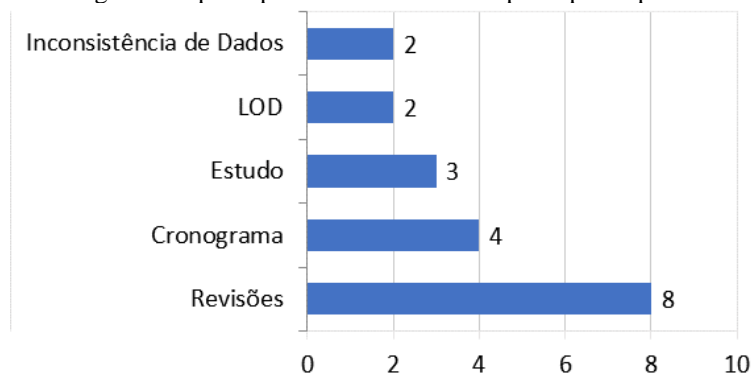
Figura 11 - Setores dos participantes entrevistados



(fonte: o autor)

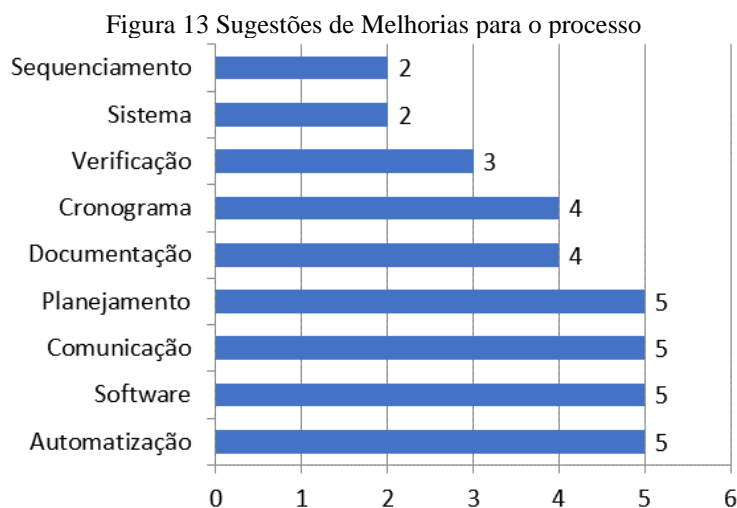
As Figuras 12, mostra os principais desafios relatados pelos participantes do processo, onde o grande número de revisões durante o projeto tem o maior número de citações.

Figura 12 - principais desafios relatados pelos participantes:

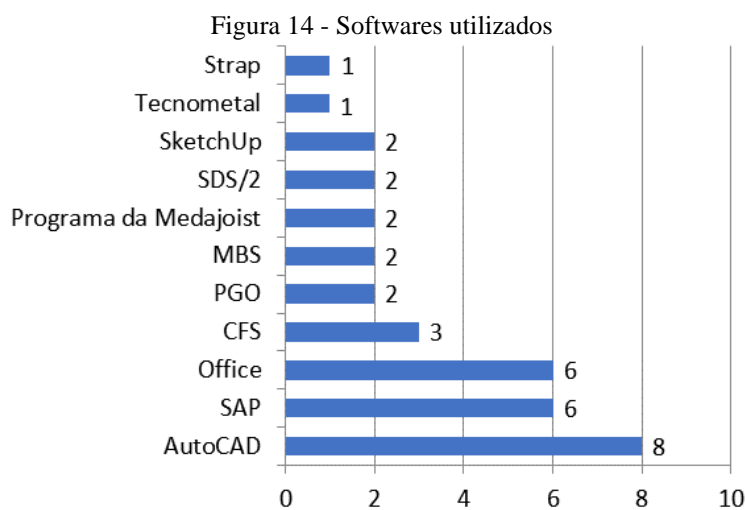


(fonte: o autor)

Uma vez observados os setores dos participantes e os desafios relatados por eles, é possível ver nas figuras 13 e 14 as sugestões de melhorias no processo, e os softwares utilizados pelos participantes da obra, respectivamente:



(fonte: o autor)



(fonte: o autor)

O questionário e as entrevistas atuam nesta análise como uma forma de avaliar o nível de desenvolvimento perante o BIM dos participantes, identificando os maiores problemas enfrentados, e a demanda por melhorias por parte dos envolvidos entrevistados.

É importante ressaltar que o processo neste tipo de obra, de Galpões Metálicos, segue uma lógica diferente da verificada em obras de múltiplos andares, onde o BIM, apesar de não ter um fluxo único e bem estabelecido, já é utilizado para obter ganhos de qualidade e tempo na etapa de Engenharia.

Este autor teve a oportunidade de participar de vários projetos utilizando BIM nas fases de pré-venda e pós-venda. A utilização na fase de pré-venda se dá por meio da criação de modelos para aprovação de escopo junto aos clientes. Muitas vezes, estes modelos são utilizados em apresentações em vídeo, perdendo todo seu potencial para a procura de uma solução em conjunto com o cliente ou outros participantes externos à obra. Este modelo perde sua utilidade após a efetivação da venda. Quando se faz necessária a geração de documentação 2D, este modelo também não é utilizado, ocasionando um grande retrabalho em outros softwares de projeto bidimensional. Este retrabalho também é decorrente da quantidade de estudos e revisões que se fazem necessárias nestas fases iniciais, onde ainda está se definindo o escopo do projeto.

Atualmente, uma revisão solicitada pelo cliente, impacta em uma série de novas ações que contemplam: um novo modelo de cálculo estrutural, novas análises quantitativas, novo planejamento de montagem e, por fim, novos projetos de aprovação de escopo. Estas tarefas contribuem para que ocorram ruídos na comunicação entre os participantes e, conseqüentemente, inconsistência nos dados gerados. Isto é decorrente também, da falta de interoperabilidade entre muitos dos softwares, já que cada setor utiliza uma tecnologia diferente do próximo setor.

Na fase de pré-venda, perde-se muito tempo na passagem das informações resultantes das análises estruturais e quantitativas para o Sistema de Gestão de Orçamento, o que ocasiona a necessidade de uma tarefa exclusiva para tradução da informação para o sistema ERP.

Também houve a participação deste autor em algumas fases de pós-venda, onde se constatou a mesma demanda por melhorias na comunicação, interoperabilidade entre os softwares, e a não integração entre os setores, evidenciando uma prática conhecida como *over-the-wall*, onde cada etapa entrega seu desenvolvimento para a etapa seguinte por cima de um muro.

Esta prática leva a uma considerável taxa de retrabalho entre as etapas, uma vez que cada participante precisa gerar a sua documentação não utilizando de forma efetiva o material recebido.

O setor de engenharia, um dos mais importantes do processo, conta com 3 etapas básicas: a etapa de cálculo, que usa os projetos arquitetônicos do cliente como base para o modelo estrutural; a etapa de projeto de aprovação, que tem como base os projetos arquitetônicos do cliente e projetos 2D provenientes do cálculo; e a etapa de detalhamento e projetos de execução, na qual são utilizados os projetos de aprovação.

Cada uma destas etapas poderia ser facilmente integrada, caso o software de cálculo fosse capaz de importar e extrair um formato interoperável, como IFC e CIS2. Este tipo de linguagem computacional facilitaria o projeto de aprovação e automatizaria a extração de documentações para o corte de peças. O número de revisões e a falta de informações diminuiria, uma vez que cada setor seria responsável pelo preenchimento das informações pertinentes ao modelo, o que tornaria o projeto mais confiável. Porém, dentre os softwares utilizados pelos participantes, apenas o SDS/2 e o AutoCAD são aplicações certificadas pela BuildingSMART.

Esta etapa que contempla a análise estrutural e a posterior documentação dos projetos é um dos pontos mais críticos para implementação do BIM. Atualmente, para realizar a análise estrutural, no caso de galpões, são utilizados 3 softwares distintos, cada qual com uma lógica de exportação de arquivos diferente. Para o cálculo da estrutura principal, é utilizado o software MBS (*Metal Building Software*). Porém, no entendimento dos responsáveis pelo cálculo estrutural, este software não otimiza de forma correta as estruturas secundárias, sendo necessária a utilização de 2 outros softwares: o CFS (*Cold Formed Steel Design Software*), que realiza o cálculo e a extração dos detalhamentos das terças metálicas tanto para a cobertura quanto para os fechamentos e um programa criado dentro da empresa para o cálculo de treliças semi espaciais utilizadas em grandes vãos.

O fato de nenhum dos 3 softwares permitir a exportação de um formato interoperável com um software BIM inviabiliza a colaboração em um fluxo contínuo entre as etapas dentro do setor de Engenharia, uma das premissas básicas para implementação.

Outro fato observado foi a falta de participação do setor de montagem durante o planejamento, o que ficou evidenciado pelo sequenciamento das cargas não ter sido otimizado. Este sequenciamento poderia ser simulado em software, como o NavisWorks, garantindo que as demandas para a fábrica obedecessem às demandas reais da obra, evitando a acumulação de peças no pátio por conta de peças anteriores, no sequenciamento, não terem sido priorizadas.

Através dos questionários e das entrevistas, pode-se evidenciar o fato de apenas 1/3 dos envolvidos na obra, já terem tido contato com BIM, sendo que apenas 2/5 admitem já terem trabalhado com esta metodologia. Isto evidencia o quanto o BIM ainda é pouco difundido, o que atrapalha substancialmente a sua possibilidade de implementação, já que o sucesso desta depende de uma mudança cultural da organização no sentido da colaboração e interoperabilidade. Isto também é evidenciado à medida que apenas um dos participantes cita o

uso do BIM como uma melhoria necessária.

A implementação do sistema ERP, da empresa SAP, no ano de 2012, foi o grande avanço do fluxo organizacional da empresa, sendo que uma tentativa frustrada de implementação de um sistema central de Gerenciamento de Dados (PDM), integrado ao software de modelagem Siemens NX ocorreu em 2017. Esta tentativa de implementação frustrada também é responsável por parte dos participantes não se entusiasmarem com uma nova metodologia de projeto.

Além deste motivo, foram constatadas outras motivações para a resistência à implementação de BIM identificada durante a pesquisa: (i) não valorização do planejamento como meio de melhorar o processo; (ii) o fato de o BIM aumentar o escopo de projeto e a responsabilidade dos participantes; (iii) a falta de interesse de alguns participantes por processos mais eficazes e transparentes; (iv) falta de interesse em trabalhar de forma colaborativa; (v) a impressão por parte de alguns participantes de que o BIM é uma tecnologia passageira.

Um dos princípios básicos para o uso do BIM, a interoperabilidade depende, em grande parte, dos softwares utilizados pela empresa. No caso desta obra, os softwares e suas respectivas tecnologias estão presentes da Figura 15:

Figura 15 - Softwares Utilizados e suas Tecnologias

Tecnologia	Descrição
CAD	Ferramentas: AutoCAD, DWG True View e ZWCAD Uso: Visualização de Desenhos 2D, Criação de Desenhos 2D.
CAE	Ferramentas: Strap, MBS, CFS e Programa de Cálculo de treliças semi-espaciais específico da empresa (programa da Medajoist). Uso: Cálculo de Estruturas de Galpão para estimar peso e custos.
CAM	Ferramentas: Diferentes máquinas CNC Uso: Geração de desenhos de fabricação, específicos para Corte e Furação de Chapas Metálicas.
BIM	Ferramentas: SDS/2, TecnoMETAL e SketchUp Uso: Detalhamento para geração de CAM e modelagem BIM para compatibilização por parte do Cliente. Criação de modelos 3D para apresentações.
ERP	Ferramentas: SAP e PGO (Programa de Gestão de Orçamento) Uso: Atualização de status de processos e peças, lista de materiais, gerenciamento das etapas, gerenciamento de documentação para integração dos sistemas CAD/CAM. PGO realiza a gestão do orçamento inserindo-se a lista de materiais da obra e está conectada ao SAP.
Suite de Aplicativos	Ferramentas: Word e Excel Uso: Geração de Planilhas de Cálculo, Planilhas de Quantitativos, Planilha de Materiais, criação de propostas técnicas e comerciais, e relatórios de revisões.

(fonte: o autor)

As melhorias citadas pelos participantes do projeto, serão utilizadas para traçar os objetivos da utilização do BIM, assim como a análise citada acima. Como melhorias citadas pelos participantes, pode-se destacar as seguintes:

- Melhoria na comunicação
- Automatização de processos
- Planejamento integrado ao projeto
- Automatização da documentação gerada nas etapas da engenharia.
- Integração de etapas
- Melhoria e interoperabilidade entre Softwares
- Otimização das cargas através de um cronograma de fabricação melhor definido
- Conexão entre o Programa de Gestão de Orçamento e o ERP.
- Clarificar o sequenciamento de peças necessárias em obra.
- Clareza nas expectativas de entrega
- Verificação dos Projetos de engenharia antes da liberação para EP.
- Softwares de cálculo mais simples para o Orçamento
- Utilização de um software de coordenação espacial para compreensão da Obra e planejamento.
- Melhoria da comunicação com o Cliente
- Organização da documentação.

Esta análise possibilita visualizar um panorama de como está a implementação de BIM na empresa e como seus funcionários reagem atualmente ao contato com a metodologia. Fica evidente que a empresa teria um longo percurso para atingir um nível mais razoável de implementação de BIM.

Os próximos resultados têm como objetivo traçar um Plano de Execução de Projeto em BIM, tendo em vista a obra dos Galpões em estrutura metálica utilizada como objeto de estudo.

4.2 FLUXO BASEADO NA METODOLOGIA BIM

Para possibilitar a comparação entre a metodologia de processo tradicional e a metodologia baseada em BIM, para a obra dos galpões metálicos, foi realizado um Plano de Execução de Projetos em BIM baseado no Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM (Penn State). A execução de cada uma das 4 etapas sugeridas pelo guia, foi baseada na análise dos

resultados obtidos através das entrevistas com os participantes da obra, bem como com na análise das respostas dos questionários enviados aos mesmos. Complementando estas análises, as observações realizadas por este autor durante a participação no desenvolvimento da obra, e que estão presentes no capítulo 4.1.2, auxiliaram para que os objetivos da implementação fossem mais realistas.

4.2.1 Objetivos e Usos de BIM

Para os objetivos do uso de BIM, foram utilizadas as etapas anteriores de análise e compreensão da obra dos Galpões. Os objetivos foram escolhidos principalmente visando a integração de processos e melhoria de atividades consideradas pouco otimizadas. A Figura 16 mostra os objetivos e seus usos potenciais associados e a Figura 17 mostra a quantidade de vezes que cada um dos 25 usos aparece como solução:

Figura 16: objetivos e usos de BIM associados

Objetivos e Usos		
Objetivos do Projeto	#	Usos Potenciais de BIM
Otimização do Canteiro de Obras	22	Planejamento (Modelo 4D)
	12	Design Autoral
	10	Planejamento de Controle 3D
	11	Coordenação Espacial 3D
	19	Revisão de Projetos
Melhorar produtividade no processo de geração de arquivos	12	Design Autoral
	9	Fabricação Digital
Diminuição no número de revisões.	11	Coordenação Espacial 3D
	15	Análise Estrutural
Aumento da colaboração Entre os participantes do Projeto	12	Design Autoral
	19	Revisão de Projetos
Melhoria no Tempo e qualidade entre cálculo e detalhamento.	15	Análise Estrutural
	12	Design Autoral
	11	Coordenação Espacial 3D
Melhoria na eficiência do Orçamento	12	Design Autoral
	23	Estimativas de Custos (Quantitativos)
	22	Planejamento (Modelo 4D)
Redução do impacto de mudanças repentinas no escopo da obra no tempo de entrega	9	Fabricação Digital
	11	Coordenação Espacial 3D
	12	Design Autoral
	15	Análise Estrutural
Realizar Reports de Obra Com mais precisão	23	Estimativas de Custos (Quantitativos)
	22	Planejamento (Modelo 4D)
Melhoria na interoperabilidade entre modelo de análise	19	Revisão de Projetos
	15	Análise Estrutural
	12	Design Autoral

(fonte: o autor)

Figura 17: Quantidade de aparições dos 25 usos de BIM

Aparições		
24	Modelagem de Condições Existentes	0
23	Estimativas de Custos (Quantitativos)	2
22	Planejamento (Modelo 4D)	3
20	Programação	0
21	Análises Locais	0
19	Revisão de Projetos	3
12	Design Autoral	7
15	Análise Estrutural	4
16	Análise Luminotécnica	0
14	Análise Energética	0
13	Análise Mecânica	0
13	Análise de Outras Engenharias	0
17	Avaliação LEED Sustentabilidade	0
18	Validação de códigos	0
11	Coordenação Espacial 3D	4
7	Planejamento de Utilização	0
8	Projeto do Sistema Construção	0
9	Fabricação Digital	2
10	Planejamento de Controle 3D	1
6	Modelagem de Registro	0
1	Planejamento de Manutenção	0
2	Análise do Sistema de Construção	0
3	Gestão de Ativos	0
4	Gerenc. de Espaços/Rastreamento	0
5	Planejamento contra Desastres	0
Total		26
Usos Distintos		8

(fonte: o autor)

Os usos de BIM identificados para esta obra típica foram escolhidos para alinharem-se com os objetivos pré-definidos no item anterior. Podem existir outros usos com considerável ganho para os setores envolvidos neste tipo de obra, porém, partiu-se da premissa de que os objetivos deveriam ser realistas, considerando-se o ambiente da empresa. A figura 18 mostra uma tabela contendo os usos de BIM propostos, seu valor para o projeto, a parte responsável, a capacitação dos responsáveis perante o uso e os recursos adicionais necessários para a implementação.

Figura 18 Análise dos usos de BIM escolhidos

Uso BIM	Valor p/ o Projeto			Parte Responsável	Valor p/a parte Responsável			Classificação da Capacitação			Recursos adicionais competências necessárias para implementação	Observações	Prosseguir com o Uso		
	Alto-Médio-Baixo				Alto-Médio-Baixo			1 a 3					Sim	Talvez	Não
	Alto	Médio	Baixo		Alto	Médio	Baixo	Recursos	Competências	Experiência					
Estimativas de Custos (Quantitativos)	A			Orçamento	A			2	1	1	Requer Software específico e treinamento	Requer link entre PGO e Software BIM e entre Software de Cálculo e Software BIM	Sim		
															Sim
Planejamento (Modelo 4D)			M	Orçamento	A			2	1	1	Requer Software específico e treinamento	Requer Treinamento	Sim		
				Planejamento		M		1	1	1	Requer Software específico e treinamento	Não tem programas capacitados para análise de modelo, e nem mesmo para modelagem total do galpão		Sim	
Revisão de Projetos			M	Orçamento		M		2	2	2	Requer cliente trabalhando em BIM	Requer Conversão do modelo analítico em IFC ou CIS2		Talvez	
				Engenharia		A		1	1	1	Requer Software e cliente trabalhando em BIM	Requer Conversão do modelo analítico em IFC ou CIS2			
Design Autoral	A			Orçamento		M		2	2	2	Requer treinamento e maior quantidade de licenças e um	Para integração entre Modelo de cálculo e modelo BIM, precisaria trocar o software de modelagem BIM para Tekla.	Sim		
				Engenharia		M		2	1	1	Requer treinamento e Software	Requer interoperabilidade entre Modelo de cálculo e Modelo BIM, com Tekla. Melhoraria Output			
Análise Estrutural	A			Orçamento	A			2	2	3	Requer troca de software para garantir interoperabilidade		Sim		
				Engenharia		A		2	2	3	Requer troca de software para garantir interoperabilidade				
Coordenação Espacial 3D			M	Engenharia	A			1	1	2	Requer Treinamento e Interoperabilidade entre	Existe o Software de Design Review, porém não se extrai modelo BIM do Modelo de Cálculo.		Talvez	
				Montagem		M		1	1	2	Requer Treinamento e Interoperabilidade entre				
				Planejamento			B	1	1	2	Requer Treinamento e Interoperabilidade entre				
Fabricação Digital			M	Engenharia	A			3	2	3	Requer conversão p/ fabricação digital	Apenas uma parte do Galpão é modelado para extração do arquivo CAM.	Sim		
				Fabrica		M		3	3	3					
Planejamento de Controle 3D			B	Planejamento			B	1	1	1	Requer Software específico e treinamento		Sim		
				Montagem		A		1	1	1	Requer Software específico e treinamento				

(fonte: o autor)

4.2.2 Mapas de Processos BIM

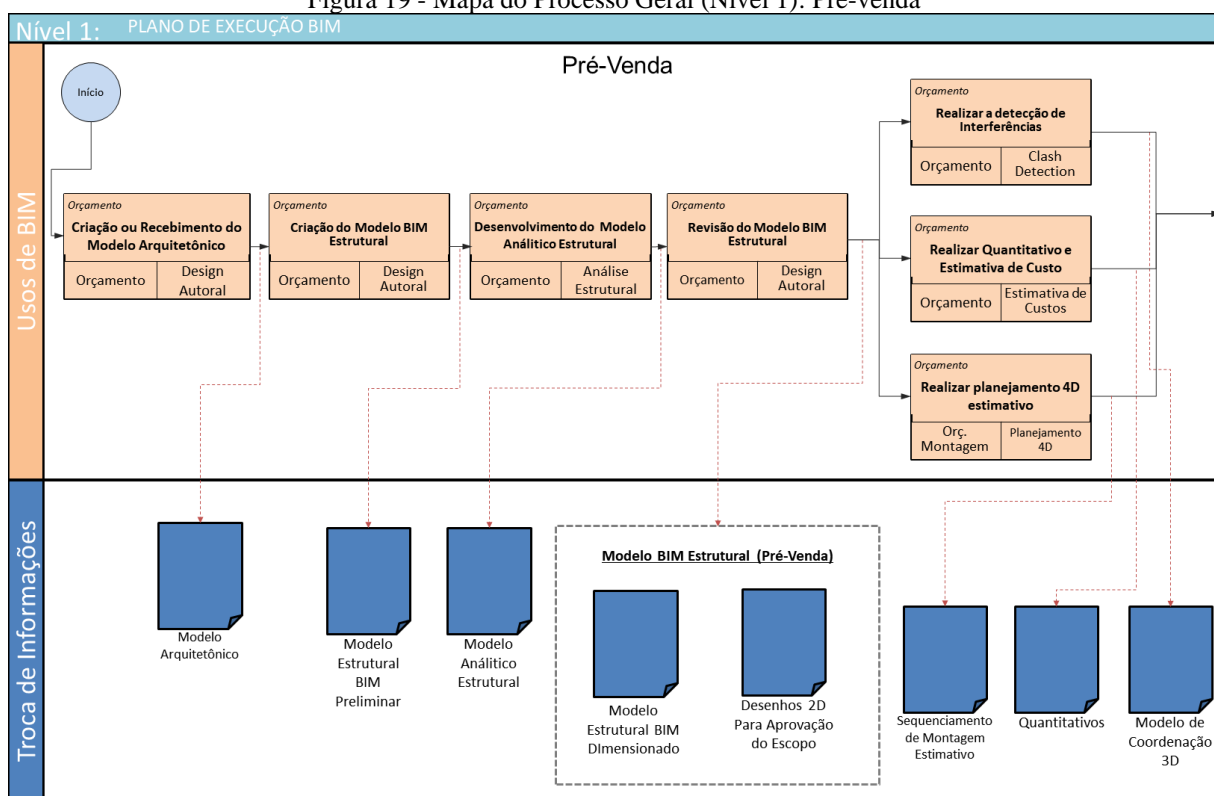
Após a identificação dos usos de BIM, é necessário entender o processo de implementação de cada um destes usos na organização. Para tanto, foi realizado um mapeamento do processo em BIM em dois diferentes níveis. O nível 1, representa um mapeamento geral, demonstrando como ocorreria a relação entre os diferentes usos de BIM em uma obra do tipo Galpão Metálico. No nível 2, é realizado um mapeamento detalhado de cada um dos potenciais usos de BIM

identificados no projeto, para definir de forma clara a sequência dos processos necessários para desempenhar cada um dos usos. Este mapa detalhado também identifica as partes responsáveis por cada processo, a informação de referência utilizada, e as trocas de informações que serão criadas e compartilhada com outros processos.

O mapeamento geral (nível 1) foi dividido em 3 fases: pré-venda, pós-venda e montagem para melhor definição das responsabilidades.

No caso desta obra, o cliente não forneceu um modelo dos Galpões, apenas desenhos em arquivo CAD. Por este motivo, se faz necessária a criação de um Modelo BIM baseado nos arquivos enviados pelo cliente. Após a modelagem desta estrutura, existe a necessidade da importação deste modelo para um software de análise estrutural, através de um arquivo interoperável, como IFC ou CIS/2, garantindo-se que não haja perda de nenhuma informação necessária para a esta análise, através da utilização de listas predefinidas de informações e ferramentas de validação de dados. Os usos subsequentes à fase de pré-venda são responsáveis, junto a outros cálculos, como frete por exemplo, pelo preço que é apresentado ao cliente em uma proposta comercial. Em obras deste tipo, o preço é afetado de forma direta por duas questões: peso da estrutura e prazo final de montagem, por este motivo, aparecem no mapa de usos do BIM as estimativas de quantitativos e o planejamento. A detecção das interferências aparece como uma forma de agilizar o processo de aprovação do escopo na proposta comercial, comparando-se o projeto arquitetônico proposto pelo cliente com a estrutura metálica prevista pela empresa, o que é inviabilizado pelo fato de o cliente não ter um modelo BIM do seu projeto. Outro benefício da utilização do BIM nesta fase, é a integração de dois usos distintos: a detecção de interferências e o planejamento 4D da montagem. Desta forma, podem ser identificadas interferências entre as frentes de montagem ao longo do tempo, obtendo-se uma estimativa de prazos mais correta em relação às estimativas baseadas em número de peças por montador por dia. O mapeamento desta primeira fase em Nível Geral está representado na Figura 19.

Figura 19 - Mapa do Processo Geral (Nível 1): Pré-venda

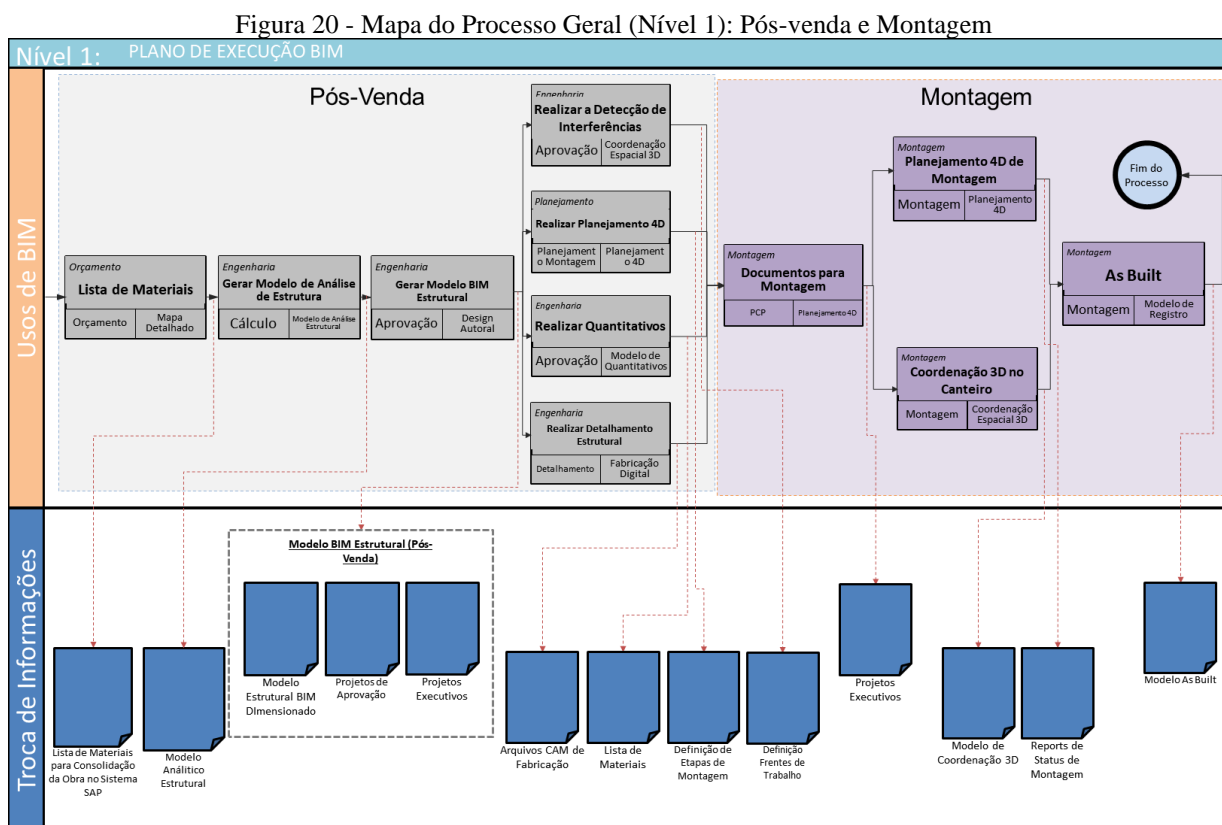


Para as fases de pós-venda, a sequência de usos é semelhante à etapa de pré-venda, uma vez que se trata da modelagem da estrutura e subsequente análise dela, e esta transição entre modelos também é garantida pela interoperabilidade entre os softwares. Como ponto adicional nas etapas que são de responsabilidade do setor de engenharia, se adiciona um uso em relação ao orçamento: o detalhamento dos elementos estruturais para fabricação e projetos de execução. Este uso demanda que o software seja capaz de gerar arquivos CNC para fabricação.

O setor de PCP está representado na etapa de montagem, pois ele é responsável pela vinculação dos projetos executivos às cargas provenientes da fábrica com destino ao canteiro de obra. A ordem em que estes documentos serão enviados depende da integração da documentação com o sequenciamento de montagem pré-estabelecido no Modelo 4D. Este planejamento é então utilizado pelo próprio setor de montagem a fim de direcionar as frentes de trabalho de forma otimizada e, inclusive, incorporar neste modelo o status de avanço de obra, possibilitando que o planejamento consiga traçar planos de ataque de curto prazo para evitar atrasos na entrega das etapas. A utilização do modelo de coordenação 3D em obra visa facilitar o entendimento da montagem em associação com os projetos executivos.

O modelo de registros, ou *as-built*, é fornecido ao cliente no intuito de documentar, de forma clara, a estrutura que foi entregue, além de obter um valioso ativo para a empresa A, que pode

comparar o modelo de registros com os modelos criados na etapa de orçamento e de engenharia, a fim de obter dados sobre erros comuns de escopo e possíveis melhorias no projeto. Esta segunda parte do mapeamento geral pode ser melhor entendida através da Figura 20.



(fonte: o autor)

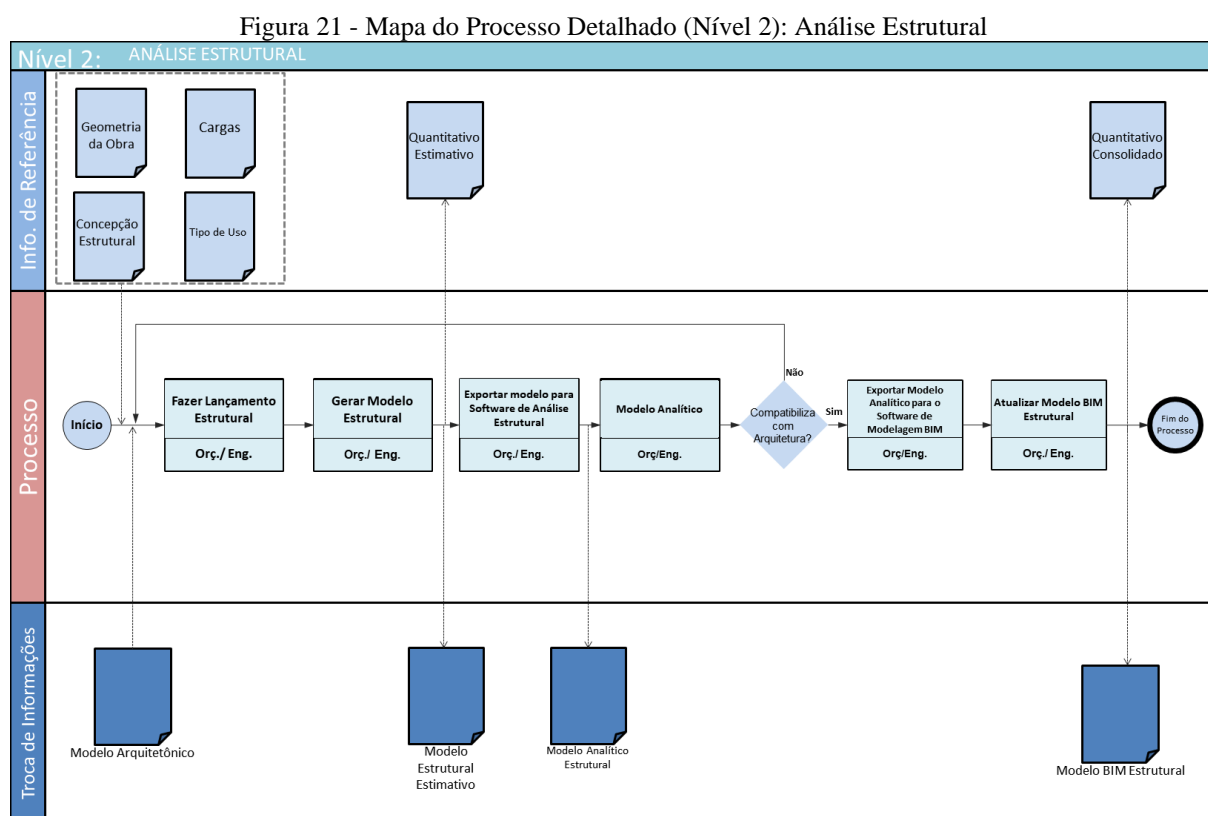
Para o mapeamento detalhado dos usos de BIM (nível 2), dentre os 8 usos de BIM identificados na etapa anterior, optou-se por realizar o mapeamento do uso mais crítico no processo geral: a Análise Estrutural.

O processo de análise estrutural ocorre em duas etapas distintas, na etapa de pré-venda, através do setor de orçamentos, e na etapa de pós-venda dentro da equipe de cálculo no setor de engenharia. Embora semelhantes, os dois processos contam com duas diferenças principais: o tempo dedicado à análise e a documentação resultante.

No setor de engenharia, a otimização da solução estrutural visa garantir ganhos para empresa, uma vez que a obra já foi vendida. Por conta disto, o tempo dedicado a esta análise deve ser maior e mais bem aproveitado. Por outro lado, no setor de orçamento, o tempo dedicado à escolha pela solução estrutural é infinitamente menor, deixando menos margens para erros projetuais, pois o intuito da otimização da solução estrutural é viabilizar a venda da obra por um preço competitivo. Além disto, a documentação resultante das análises estruturais na fase

de orçamento se resume a estimativas de quantidade e projetos para aprovação de escopo, enquanto o setor de engenharia precisa garantir que haja como saída destas análises as documentações necessárias para o detalhamento de elementos para fabricação, além dos projetos executivos, e, principalmente, que haja a possibilidade de vinculação das marcas dos elementos estruturais modelados, com o sistema ERP que gere a produção e o planejamento da empresa.

O mapeamento detalhado do uso de BIM análise estrutural, que está de acordo com a implementação de BIM proposta para a obra dos galpões metálicos está presente na Figura 21.



(fonte: o autor)

É importante ressaltar que estamos tratando de um processo a nível organizacional, e, portanto, todos os usos são voltados para os interesses da Empresa A, em obras do tipo Galpão Metálico.

4.2.3 Troca de Informações BIM

Após o mapeamento geral, e a nível detalhado dos processos, foram definidas as trocas de informações entre eles. Para tanto, foi necessário delimitar quais elementos do projeto precisam ser inclusos em cada fase para implementar de forma satisfatória os usos de BIM propostos.

Para a realização desta etapa, foi utilizada uma planilha intitulada: *Model Development Specification*, criada pela BIMForum, que deve ser utilizada junto com o documento *Level of Development Specification Part I & Commentary*. O documento define uma estrutura para cada tipo de sistema construtivo, baseada nas classificações de sistemas construtivos Uniformat e Omniclass, sendo que, no caso de galpões metálicos, a estrutura proposta pela BIMForum está representada na Figura 22:

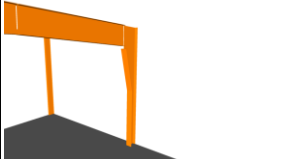
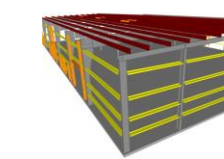
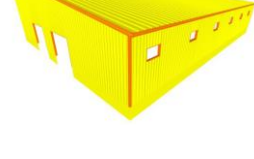
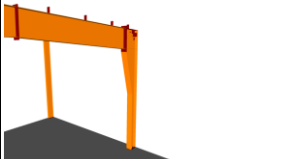
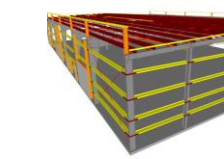
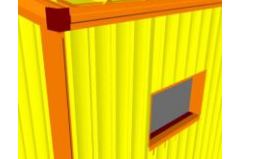
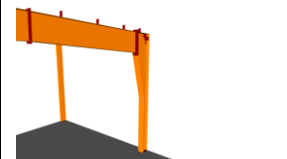
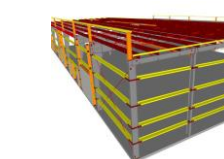
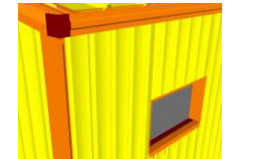
Figura 22 - Classificação dos Sistema Construtivos Uniformat e Omniclass

Uniformat	Omniclass	Elementos
F	21-06 00 00	Construções Especiais & Demolição
F10	21-06 10	Construções Especiais
F1020	21- 06 10 20	Estruturas Especiais
F1020.40	21-06 10 20 40	Estruturas Especiais: Sistemas De Construções Metálicas
F1020.40.10	21-06 10 20 40	Estruturas Especiais: Sistemas De Construções Metálicas - Estrutura Principal e Contraventamento
F1020.40.20	21-06 10 20 40	Estruturas Especiais: Sistemas De Construções Metálicas - Estrutura Secundária
F1020.40.30	21-06 10 20 40	Estruturas Especiais: Sistemas De Construções Metálicas - Fechamentos e Arremates Externos

(fonte: o autor)

Para a fase de orçamentação, por exemplo, o modelo deve permitir que sejam extraídos quantitativos de forma rápida, não sendo necessário que estejam detalhadas as quantidades de parafusos necessárias para as estruturas principais. Entretanto, é importante que estejam definidas as seções dos perfis das vigas e colunas, pois estas impactam diretamente no peso da estrutura e portanto, no preço final da proposta. A Figura 23 exemplifica 3 diferentes LODs para diferentes usos de BIM para o caso dos galpões metálicos.

Figura 23 - LOD em Sistemas de Construções Metálicas

Trocas de Informação			
Sistemas de Classificação da Construção	Elementos		
	Sistemas de Construções Metálicas		
Uniformat	F 10 20 40 10	F 10 20 40 20	F 10 20 40 30
Omniclass	06 10 10 10 30	06 10 10 10 40	06 10 10 10 40
Elementos	Estrutura Pincipal e Contraventamento	Estrutura Secundária	Fechamentos e Arremates Externos
Fase	Pré-Venda		
Uso de BIM	Extração de Quantitativos		
LOD			
	LOD 300	LOD 300	LOD 300
MEA (Responsável pela modelagem do Comentários	Orçamento	Orçamento	Orçamento
Elementos	Modelos Utilizados para Extração de Quantitativos		
Elementos	Estrutura Pincipal e Contraventamento	Estrutura Secundária	Fechamentos e Arremates Externos
Fase	Engenharia de Aprovação		
Uso de BIM	Coordenação Espacial 3D		
LOD			
	LOD 350	LOD 350	LOD 350
MEA (Responsável pela modelagem do Comentários	Eng. Aprovação	Eng. Aprovação	Eng. Aprovação
Elementos	Modelos Utilizados para Compatibilização e Documentação		
Elementos	Estrutura Pincipal e Contraventamento	Estrutura Secundária	Fechamentos e Arremates Externos
Fase	Engenharia de Detalhamento		
Uso de BIM	Fabricação Digital		
LOD			
	LOD 400	LOD 400	LOD 400
MEA (Responsável pela modelagem do Comentários	Eng. Detalhamento	Eng. Detalhamento	Eng. Detalhamento
Comentários	Modelo Utilizado para Detalhamento e Extração dos Projetos Executivos de Montagem		

(fonte: o autor)

Após a definição do LOD para cada um dos tipos de estruturas presentes no Galpão Metálico em cada um dos usos de BIM identificados anteriormente, deveria ser preenchida uma tabela com o conteúdo de cada elemento, em cada um dos LODs, para cada um dos usos. Como exemplo, a Figura 24 demonstra os atributos necessários para os elementos de estruturas principais e contraventamentos com o intuito da Extração de Quantitativos na fase de orçamentação.

Figura 24 - Tabela de Atributos dos Elementos de Estrutura Principal

F - Construções Metálicas			
Atributos	Tipo de Info.	Unidades	Exemplos
Largura do Galpão	Número	m	340
Comprimento do Galpão	Número	m	
Altura	Número	m	
Número de Águas	Número		1, 2
Inclinação da Cobertura	Número	%	3% ou 5%
LOD a ser Atingido	Texto	300	100, 200, 300, 350, 400
LOD atual	Texto	100	100, 200, 300, 350, 400
Tipo de Estrutura	Texto		Estrutura Principal
Material das Estruturas Metálicas	Texto		
Tipo de Seção e Tamanho	Texto		opções: [W310x21, PS50-100kg/m, RB3/4"]
Peso em Kilos por metro	Número	Kg/m	21, 38,8
Proteção da estrutura metálica	Texto		opções: [nenhum, primer, galvanizado, epóxi, pó, poliuretano, outros]
Cor			Branco RAL9010, Preto RAL5010
Acabamento dos Perfis	Texto		opções: [galvanizado, PU, etc]
Acabamento dos Parafusos	Texto		opções: [preto, galvanizado a fogo, outros]
Proteção Passiva das Estruturas Metálicas	Texto		TRRF 60 minutos

(fonte: o autor)

É importante observar que, apesar de, eventualmente, alguns elementos não aparentarem uma diferença visual significativa quando comparados em diferentes LODs, muitas vezes as diferenças estão na quantidade e qualidade da informação presente naquele elemento, que exemplifica perfeitamente a diferença entre nível de detalhamento e nível de desenvolvimento. Como exemplo, podemos utilizar os elementos de estrutura principal, nos LODs 350 e 400. Para o LOD 350, devem ser representados, segundo o documento da BIMForum, a locação das placas base, chapas gusset, elementos de ligação, elementos de miscelânea, todos com tamanho, forma, orientação e material corretos. Isto complementa os componentes e informações presentes no LOD 300, como a diferenciação entre colunas e vigas, a presença de elementos de contraventamento e tamanhos de elementos estruturais. Já para o LOD 400, apenas são incluídos elementos ou informações necessárias para a fabricação dos membros, como: soldas, chapas de reforço, parafusos, furos e elementos para que irão ser montados. Esta definição é extremamente importante, pois o Nível de Desenvolvimento do modelo precisa ser crescente,

e as responsabilidades na evolução deste nível precisam estar bem estabelecidas para garantir um modelo satisfatório para cada fase.

Um exemplo de nível de desenvolvimento inadequado é um Modelo Estrutural desenvolvido para a fase de pré-venda com LOD 400, pois um modelo em fase embrionária de projeto está sujeito a diversas revisões, e este nível de desenvolvimento é extremamente difícil de ser atingido. Sendo assim, estaria se utilizando um Modelo com mais informações do que as necessárias, para a realização de estimativas de quantitativos.

Para facilitar as etapas de modelagem, grupos de objetos paramétricos, devem ser utilizados para viabilizar agilidade nas etapas projetuais, uma vez que não seria necessária a criação de cada elemento para execução do modelo, e, principalmente, ter-se-ia uma uniformidade das informações, que dependeria do LOD de cada elemento. Esta criação de elementos típicos auxiliaria de forma indireta a criação de laços com clientes. Uma vez fornecidas as soluções padrão parametrizadas, o cliente teria condições de conceber seu projeto já utilizando as soluções da empresa A, e provocando uma diminuição no tempo de interpretação dos projetos recebidos nas fases de orçamento e engenharia, assim estimulando a fidelização do cliente.

4.2.4 Infraestrutura

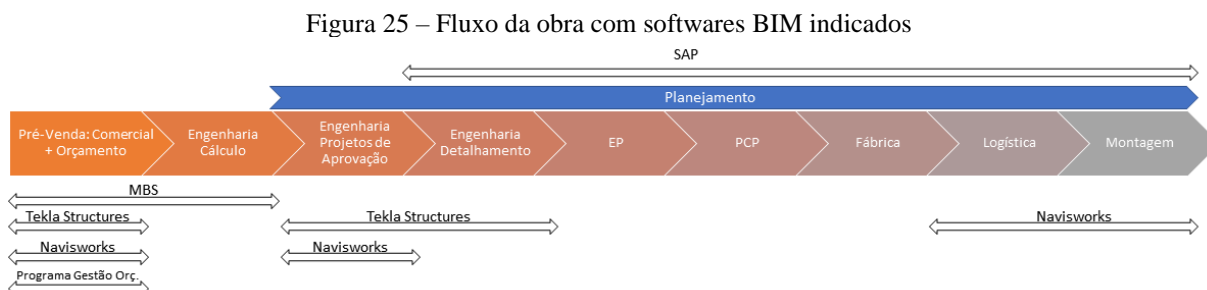
Outro fator que está diretamente ligado ao sucesso da implementação de um projeto em BIM é a infraestrutura necessária. Nesta etapa, o foco da análise foram os softwares necessários para realizar o fluxo proposto anteriormente, tendo como ponto chave a garantia da interoperabilidade entre os usos de BIM consecutivos. Esta análise baseou-se nos softwares utilizados atualmente na Empresa A, a fim de otimizar a proposição de compra de novas aplicações.

Na empresa em questão, esta interoperabilidade não ocorre, pois o Software de Análise Estrutural, o MBS (*Metal Building Software*), não apresenta condições, de exportar um formato do tipo IFC ou CIS2, o que garantiria a possibilidade de importar este modelo para um software de Modelagem de Estruturas, como o Autodesk Revit, ou o Software de Detalhamento e Fabricação de Estruturas utilizado na empresa: o SDS2.

Através de um contato, via e-mail, com o Responsável pelo software MBS, este autor pode ter conhecimento de uma nova parceria entre a empresa responsável por este software de análise estrutural, dedicado exclusivamente para galpões metálicos, e a empresa Trimble, através do

Software Tekla Structures. Desta forma, ficaria garantida a possibilidade de interoperabilidade entre o Modelo Analítico e o Modelo Estrutural BIM, possibilitando os demais usos dependentes do Modelo Autoral, como a extração de quantitativos e o planejamento 4D.

A Figura 25 propõe um fluxo com os softwares e tecnologias indicadas para cada etapa.



(Fonte: o autor)

Além dos softwares, é necessário garantir que os computadores possuam capacidade de desempenho compatível com a necessidade de cada aplicação, sendo observada a proporcionalidade da complexidade dos softwares e do uso de BIM com a potência do Hardware para desempenhar tal função. Por este motivo, pode ser necessário um rearranjo dos computadores entre os participantes do projeto. Ainda se faz necessária uma estratégia de integração das documentações e dos modelos. No caso da empresa A, esta integração é feita através do sistema ERP desenvolvido pela empresa SAP, sendo necessária apenas uma adequação dos relatórios extraídos dos modelos com o sistema. O guia propõe que sejam criados padrões para nomenclatura dos arquivos para cada fase, um diagrama de como os modelos serão separados, e o tipo de formato que será exportado de cada um dos modelos.

Esta proposição de Fluxo baseado na metodologia BIM, visa facilitar a comparação com o fluxo anterior, mas não necessariamente representa a única forma de atingir o objetivo da implementação. O objetivo foi ter o menor número possível de intervenções no processo atual da Empresa A, no caso de obras de galpões metálicos, mas ao mesmo tempo garantir os principais benefícios do BIM propostos pela bibliografia.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DE BIM

A A realização do Plano de Execução de Projeto em BIM, definiu um caminho ideal para a implementação, caso a obra utilizada para este estudo fosse concebida através da metodologia BIM dentro da Empresa A. Desta forma, tendo a análise da execução Real e um Processo considerado ideal, pode ser traçado o caminho para que, futuramente, este tipo específico de

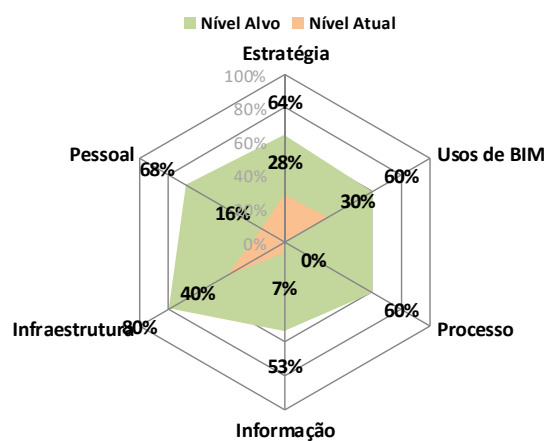
obra possa vir a ser desenvolvida em BIM.

A Figura 26 tem como objetivo ilustrar o nível de implementação de BIM atual da empresa e onde ela chegaria através do Plano de Execução desenvolvido anteriormente. Esta análise é baseada em uma série de 20 afirmações, também desenvolvidas pela Penn State, e aborda temas como: estratégia, usos de BIM, processos, informação, infraestrutura e organização. Um exemplo de como foram respondidas estas afirmações está presente na Figura 27.

O nível atual da empresa é baseado na análise do processo da obra dos galpões metálicos e o nível alvo do perfil organizacional foi baseado nas premissas adotadas durante a elaboração do Plano de Execução de Projetos BIM.

Figura 26 - Perfil Organizacional BIM da Empresa A

Perfil BIM Organizacional			
Implementação de BIM	Nível Atual	Nível Alvo	Total Possível
Estratégia	7	16	25
Usos de BIM	3	6	10
Processo	0	6	10
Informação	1	8	15
Infraestrutura	6	12	15
Organização	4	17	25
Total	21	65	100



(fonte: o autor)

Figura 27 – Afirmações sobre o Nível de Implementação de BIM em empresas

	Descrição	Nível de Implementação						Nível Atual	Nível Alvo	Total Possível
		0 Inexistente	1 Inicial	2 Administrado	3 Definido	4 Administrado de forma quantitativa	5 Otimizado			
Estratégia	Missão, Visão e Objetivos, juntamente com os gestores, BIM Champions, e Equipe BIM.							7	16	25
BIM Champion	BIM Champion é uma pessoa com conhecimento técnico e motivação para guiar uma organização para melhorar seus processos, incentivando a adoção de BIM, administrando a resistência às mudanças e assegurando que ocorra a implementação	Não existe um BIM Champion	O BIM Champion existe mas tem pouco tempo para dedicar-se à iniciativa BIM	BIM Champion com tempo adequado para dedicação ao BIM	Um BIM Champions em cada equipe	BIM Champion a nível executivo com tempo limitado dedicado ao BIM	BIM Champion à nível executivo, trabalhando próximo à equipe	1	3	5
Equipe de Planejamento BIM	Uma Equipe de planejamento de BIM é responsável pelo desenvolvimento da estratégia BIM dentro da organização.	Não existe uma equipe BIM estabelecida	Pequena equipe destinada àqueles com interesse em BIM	Equipe BIM está formalizada mas não inclui todos os setores	Equipe BIM Multi-disciplinas estabelecida com membros de todos os setores	Equipe BIM inclui participantes de todos os níveis organizacionais, incluindo executivos.	As decisões do planejamento BIM é integrada ao planejamento estratégico da empresa.	2	4	5

● Nível Atual
● Nível Alvo

Fonte: Penn State (2011)

Este perfil nos ajuda a entender o patamar geral da empresa em relação à implementação de BIM, em comparação ao nível atingido caso fosse implementado conforme o Plano de Execução de Projetos em BIM. Através de uma análise comparativa entre os dois processos, utilizando-se como base os elementos de implementação: Estratégia, Usos de BIM, Processo, Informação, Infraestrutura e Organização, algumas conclusões podem ser tiradas.

Não existe uma estratégia bem definida para a implementação de BIM, uma vez que a compreensão a respeito da metodologia nas pessoas que conhecem, mesmo que superficialmente, do que se trata, é restrita a alguns usos de BIM, deixando de lado toda mudança de cultura e os ganhos em tempo, qualidade e produtividade de projetos. Todavia, o fato de já existir uma célula BIM dentro da fase de pré-venda, demonstra que uma pequena parte da organização enxerga alguma vantagem na utilização (não na implementação), de recursos proporcionados pelo BIM.

O fato de, durante o ano 2019, a Célula BIM do setor de orçamentos ter sido cada vez mais requisitada para desempenhar alguns usos de BIM, demonstra que existe uma urgência na implementação de BIM, porém, isto não se reflete na busca por uma organização para capacitar a empresa. Demonstrando exatamente o contrário, durante o projeto da obra dos galpões executada pela empresa, houve a demanda por parte do cliente pela criação de um Modelo, o que culminou na oportunidade de o setor de engenharia da empresa utilizar a metodologia BIM pela primeira vez, e ainda agilizaria a documentação de detalhamentos para fabricação.

No processo reverso do que é proposto em um Plano de Execução de Projetos em BIM, o setor de engenharia utilizou-se das tradicionais tecnologias CAD para produção dos projetos de aprovação, enviando-os para que a Célula BIM do setor de orçamentos realizasse a produção do Modelo Estrutural, o que ocasionou uma perda de tempo importante. Como primeiro passo, o treinamento de uma equipe dentro da Engenharia, aliada a um programa de educação a respeito do assunto BIM, ajudaria a suprir esta necessidade recorrente por Modelos BIM, podendo, ainda, ser evoluído para realização da interface com os Modelos de Análise Estrutural, e ainda, ajudaria na documentação de projetos executivos e detalhamento para a produção. Além do ganho substancial de tempo nesta etapa tão importante, a definição de uma equipe responsável pelo BIM dentro da engenharia desoneraria a Célula BIM da fase de pré-venda, o que permitiria um desenvolvimento desta no sentido de integração dos Modelos com os programas utilizados para estimativos de orçamento.

Em termos de infraestrutura, a integração do Modelo Estrutural BIM com o Modelo de Análise Estrutural demanda um investimento para aquisição de um software que permita a interoperabilidade dos dois. O que seria conseguido através da compra do Software Tekla Structures, que atualmente permite a integração direta com o software utilizado para o cálculo estrutural.

Outro passo primordial para implementação do BIM, tanto dentro do setor de orçamento quanto no setor de engenharia é a definição de como será realizada a estruturação dos elementos dos modelos, o que não seria, necessariamente, uma tarefa difícil, já que o entendimento da estrutura de um galpão na empresa é bastante semelhante a encontrada no documento *Model Development Specification*.

Para o setor de montagem, tanto na fase em que estima-se o tempo de montagem para obtenção de um orçamento, quanto na fase pós fabricação em que se desenvolvem estratégias de ataque, é necessário um treinamento específico para a vinculação das planilhas utilizadas para criação das linhas de balanço e histogramas com os softwares de Coordenação Espacial 3D.

A mudança para o BIM, na organização, deve ter seu primeiro passo na utilização da Célula BIM como canal de informação para toda a empresa da cultura BIM, já que é a única que detém conhecimento associado à metodologia e compreende o processo como um todo. Esta disseminação se daria por meio de ações educativas sobre os benefícios esperados, a fim de adequar culturalmente a organização para a implementação.

Além disto, deve ser criado um projeto específico para criação de objetos paramétricos padronizados dos elementos utilizados nas soluções da empresa, para garantia da diminuição dos *lead times* projetuais e para viabilizar a harmonia entre os modelos desenvolvidos por diferentes participantes do projeto. Este projeto de criação dos elementos paramétricos, facilitaria a utilização de padrões para extração das informações e documentação provenientes do modelo BIM.

O primeiro setor a ser contemplado com estas ações deve ser o Setor de Engenharia, que deveria receber um investimento para compra do software Tekla Structures, aliado ao treinamento das etapas de Cálculo, de Projetos de Aprovação e de Detalhamento. A mudança para o BIM nesta fase, demandaria uma mudança na forma como os projetos são concebidos, pois para garantir uma automatização do detalhamento estrutural, a definição da estrutura na fase de cálculo e de projeto de aprovação precisaria ser mais criteriosa. Mas isto já é esperado com a implementação

do BIM, uma vez que se investe mais tempo nas fases iniciais do projeto, para garantir menos retrabalho e facilitar a documentação. Esta modelagem mais criteriosa também facilita a coordenação espacial 3D para verificação de interferências, no caso de o cliente fornecer seu modelo arquitetônico e de outras disciplinas para permitir a compatibilização, auxiliando ainda mais a diminuição do índice de retrabalho. Todas estas mudanças no setor de engenharia são dependentes da mudança de cultura projetual e, portanto, do entendimento dos objetivos desta mudança, por isso a necessidade das ações educacionais relacionadas ao BIM.

Posteriormente, seria interessante intervir no setor de orçamentos, que já está próximo a Célula BIM e por isso já teve um contato com alguns usos metodologia. Nesta fase, também se faria necessária a compra do software Tekla Structures, mas seu uso seria restrito a obras consideradas mais próximas da venda, que dependam de um ajuste fino no orçamento, uma vez que o software de análise estrutural já fornece o peso da estrutura, deixando a cargo de planilhas estimativas os quantitativos de telhas de fechamento, telhas de cobertura, arremates e outros itens não estruturais. Também nesta fase, no caso de fornecimento de um modelo por parte do cliente, seria possível a coordenação espacial 3D.

O setor de montagem poderia iniciar sua implementação de BIM através da visualização do modelo 4D em obra, para entendimento do sequenciamento de montagem, visualização tridimensional auxiliando os projetos de execução, facilitando o processo de montagem e evitando erros decorrentes do não entendimento dos projetos. Além disto, o uso do BIM facilitaria o report de avanço de obra, o que é, atualmente, realizado de maneira estimativa para o caso de galpões na empresa.

Como última etapa da implementação, estaria a integração entre os setores, através da utilização do sistema ERP. Esta integração se daria através de um programa de Design Review, como o Navisworks, presente na empresa apenas na Célula BIM. A Célula BIM já tem, inclusive, um método de integração do sistema ERP com o Modelo estrutural, porém, apenas em obras de múltiplos andares específicas, em que o cliente requisita a atualização de status das etapas de detalhamento, fabricação, logística e montagem. Este método poderia ser desenvolvido dentro do planejamento e do PCP, para possibilitar um melhor acompanhamento e proposição de estratégias melhores para a ordens de fabricação, e otimização logística.

O fato de, no passado, a empresa já ter feito uma tentativa de implementação de uma tecnologia para auxílio da concepção de projeto e integração ao sistema ERP, e esta tentativa ter sido

frustrada após um alto investimento, trouxe sequelas que fazem a implementação de um novo sistema muito difícil de ser aceito. Isto é aliado ao fato de a metodologia BIM ser considerada por muitos colaboradores da empresa, como um “modismo” passageiro, e, portanto, indigno de esforços para sua implementação.

O BIM também traz consigo a transparência dos processos e projetos, fazendo com que muitos participantes saiam da zona de conforto em que se situam atualmente, onde é possível mascarar erros pois eles se diluem ao longo do processo.

Estes dois fatores culturais fazem com que o caminho para implementação de BIM na empresa dependa principalmente de uma estratégia incisiva para divulgação da metodologia, seus benefícios para a organização e conseqüente valorização dos colaboradores que se interessarem em participar desta mudança. Evidentemente isto só pode ocorrer se os responsáveis pela tomada de decisões na empresa possuírem entendimento do que se trata o BIM, e tenham coragem e interesse para mudar o paradigma cultural de projeto da organização, ainda mais do que o investimento financeiro em softwares.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou entender o caminho de implementação de um projeto em BIM em uma obra do tipo Galpão em uma Empresa de Estruturas Metálicas do tipo ETO. Como principal aspecto curioso deste documento, é o fato de a empresa contar, atualmente, com um setor BIM, responsável, inicialmente, por atender a etapa de pré-venda, na integração dos setores comercial e orçamento. Posteriormente, este setor começou a atender uma demanda por parte dos setores de engenharia e planejamento, uma vez que os clientes solicitavam estes serviços, o que culminou na modelagem dos dois Galpões mencionados anteriormente, como modelos para compatibilização. Porém, este modelo era apenas uma representação geométrica do empreendimento, não carregando consigo, as tão importantes informações para ser caracterizado como um BIM. Sendo assim, este trabalho identificou as adversidades enfrentadas por uma organização que é forçada, pelo mercado, a fazer a utilização da metodologia BIM, mas não o faz de uma forma organizada, impossibilitando a exploração dos recursos, mesmo que diminutos, que o BIM pode oferecer.

Este desperdício de recursos, exemplifica umas das diversas barreiras a serem enfrentadas para implementação do BIM em projetos deste tipo. Como principais barreiras para esta transição podemos citar:

- Falta de entendimento dos ganhos trazidos pelos diversos usos da metodologia BIM neste tipo de organização;
- A apreensão por parte de alguns participantes do projeto, uma vez que o BIM traz transparência ao processo;
- O fato de o BIM demandar um esforço maior nas fases embrionárias do projeto, visando ganho de tempo e qualidade nas fases de documentação e execução;
- A falta de cultura colaborativa;

O tipo de estrutura de Galpões Metálicos, traz particularidades de extrema importância, em relação a obras de edifícios de múltiplos andares, por exemplo, quando considerada a implementação do BIM em um projeto. Neste tipo de obra, dificilmente a estrutura estará colocada de maneira inferior na hierarquia para uma compatibilização, por conta disto, pode-se, por vezes, iniciar o processo já com o modelo analítico, eliminando a fase de compatibilização com o projeto arquitetônico. Outro aspecto importante do uso de BIM neste

tipo de estrutura, é o fato de haver alturas variáveis para as vigas principais, o que dificulta, ou até mesmo inviabiliza o uso de alguns softwares de Detalhamento de estruturas metálicas.

A análise do projeto, da forma como ocorreu, assemelha-se a praticamente todas as obras do tipo galpão metálico desenvolvidas na Empresa A. Por este motivo, um gestor que vislumbre a implementação de BIM, pode comparar seu processo ao processo da obra dos dois Galpões Metálicos, e buscar, no processo obtido através do Guia de Planejamento de Execução de Projetos em BIM (Penn State, 2019), similaridades com suas respectivas dificuldades, e vir, futuramente, a desenvolver um plano de execução de projetos em BIM.

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se apontar: (a) desenvolvimento do plano de execução de projetos em BIM levando em consideração as trocas de informação e colaboração com agentes externos, responsáveis por outras disciplinas. Este estudo abordaria as dificuldades de ter um ambiente virtual único para diversas empresas; (b) Implementação de BIM em uma obra, para obtenção de comparativos de tempo e qualidade dos projetos; (c) Realização de um comparativo do quantitativo realizado atualmente, baseado na interpretação dos projetos arquitetônicos enviados pelo cliente e o quantitativo extraído de um BIM; (d) Desenvolver este estudo em outras empresas que utilizam o sistema de manufatura do tipo ETO, mas que demandam uma quebra de elementos mais complexa que as estruturas metálicas;

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS - AIA. **Document G202TM–2013 – Project Building Information Modeling Protocol**. US: AIA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. **Guia de Boas Práticas em BIM**. São Paulo, 2015.

BERTRAND, J.; MUNTSLAG, D. Production control in engineer-to-order firms. **International Journal of Production Economics**, v. 30-31, p. 3–22, 1993.

BHUSAR, A; AKHARE, A (2014), Application of BIM in Structural Engineering. **SSRG International Journal of Civil Engineering**, v. 1, p. 11 – 17, India, 2014.

BIM COMMUNITY. **Ifc: Why Now?** Disponível em <<https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc-why-now>>. Acesso em: 12 nov. 2019

BIMForum. **Level of Development Specification Guide: For Building Information Models.v.2019**. Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

BSI. **PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling**. The British Standards Institution, 2013.

buildingSmart. **Industry Foundation Classes (IFC): An Introduction**. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/>>. Acesso em 12 nov. 2019.

BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY. **Singapore BIM Guide**. v. 2. 2013. Disponível em: <https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY. **Singapore BIM Guide**. v. 2. 2013. Disponível em: <https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

BURT, Bruce. BIM Interoperability: The Promise and the Reality. **Structure Magazine**, USA, p.19-21, dez. 2009.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Coletânea de Implementação BIM para Construtoras e Incorporadoras – vols. 1-5**. Brasília, 2016.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Constructors**. New York: John Wiley & Sons, 2011.

ELFVING, J.; TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. **Improving the delivery process for Engineered-To-Order products - Lessons learned from power distribution equipment**. Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Denmark: 2004.

ERGEN, E.; AKINCI, B. Formalization of the Flow of Component-Related Information in Precast Concrete Supply Chains. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 2, p. 112-121, 2008.

FORSMAN, S. *et al.* Need for innovation in supplying engineer-to-order joinery products to

construction: A case study in Sweden. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 12, n. 4, p. 464–491, 2012.

GAYER, Andrew. BIM Power: Interoperability. **Structure Magazine**, USA, p.14-16, out. 2009.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION – GSA. **GSA BIM Guide Series 01 – BIM Guide Overview**. Disponível em: <<https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling/bim-guides/bim-guide-01-bim-overview>>. Acesso em: 10 out.2019

HARTMANN, Thomas. BIM, CIS/2 and the Future: Retooling the Steel Industry to Add More Value. **Structure Magazine**, p.50-50, abr. 2011.

HICKS, C.; MCGOVERN, T.; EARL, C. . Supply chain management: a strategic issue in engineer to order manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 65, n. 2, p. 179–190, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the New Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, 1992.

KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation In Construction**, Hong Kong, China, p.409-415, 2000.

LEON, Cesar Augusto Hunt de. **THE BENEFITS OF USING BUILDING INFORMATION MODELING IN STRUCTURAL ENGINEERING**. 43 f. (Tese de Doutorado). Curso de Civil And Environmental Engineering, Utah State University, Logan, Utah, 2013. Disponível em: <<https://digitalcommons.usu.edu/gradreports/319>>

LIU, Zhao-qiu; ZHANG, Fei; ZHANG, Ji. The Building Information Modeling and its Use for Data Transformation in the Structural Design Stage. **Journal Of Applied Science And Engineering**. Taiwan, p. 273-284. set. 2016.

MCGRAW&HILL, Construction.. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. SmartMarket Report no. 202014**. United States, 2014

MCPARTLAND, Richard. **What is a BIM execution Plan (BEP)**. 2017. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>>. Acesso em: 25 set. 2019

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES BUILDING SMART ALLIANCE. **National BIM Standard – United States Version 3 (NBIMS-US™ V3)**. United States, 2015.

NBS (2016) **What is Building Information Modelling (BIM)?** Disponível em <www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim> . Acesso em 10 nov. 2019

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Penn State: BIM Execution Planning Guide, v. 2.2, 2019.

ROBINSON, Clive. **STRUCTURAL BIM: DISCUSSION, CASE STUDIES AND LATEST DEVELOPMENTS**. 2007. Disponível em: <www.interscience.wiley.com>. Acesso em: 23 out. 2019.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information

modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641–655, 2010.

SANGUINETTI ET AL.: General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis, **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, p. 317-333, (2012)

SCHWARTZ, James. (2010) – Building Information Modeling: Instructional interfacing information for SDS/2 Detailers. **Design Data Building Solutions**. Disponível em: <http://content.dsndata.com/docs/support/packages/BIMandSDS2_Issue_1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation In Construction**, Melbourne, Australia, v. 57, p.64-79, ago. 2015.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G.; KAMINSKY, P. Supply Chain Management for Lean Project Delivery. In: O'BRIEN, W. J. *et al.* (Eds.). **Construction Supply Chain Management Handbook**. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group, 2009.

USACE – United States Army Corps of Engineers. Construction Operations Building Information Exchange (COBie): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard, Washington, 2006.

VIANA, D. **An Integrated Production Planning and Control Model for Engineer-to-Order Prefabricated Building Systems**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil: UFRGS. Porto Alegre, 2015.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. **Revisiting the three peculiarities of production in construction**. Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Sydney, Australia: 2005.

WOMACK , J. P. , AND D. T. JONES. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation** . New York , Simon & Schuster . 2003

KAMAT, V.; LIPMAN, R. Evaluation of standard product models for supporting automated erection of structural steelwork. **Automation in Construction**, v. 16, p. 232–241, 2007.