



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MÍRIAN CAROLINE FARIAS SANTOS

**MÉTODO PARA INTEGRAÇÃO DO ORÇAMENTO,
PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO COM
APOIO DE BUILDING INFORMATION MODELING**

Salvador

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MÉTODO PARA INTEGRAÇÃO DO ORÇAMENTO, PLANEJAMENTO E
ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO COM APOIO DE *BUILDING*
INFORMATION MODELING

Mírian Caroline Farias Santos

Dissertação de mestrado apresentado ao
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL como requisito à
obtenção do título de MESTRE EM
ENGENHARIA CIVIL

Orientador: Prof. Dr^a. Dayana Bastos Costa

Coorientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Agência Financiadora: CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
de Nível Superior

Salvador

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Santos, Mirian Caroline Farias
Método para Integração do Orçamento, Planejamento e
Acompanhamento da Produção com Apoio de Building
Information Modeling / Mirian Caroline Farias Santos. -
- Salvador, 2018..
208 f. : il

Orientador: Dayana Bastos Costa.
Coorientador: Emerson de Andrade Marques
Ferreira.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil) -- Universidade Federal da Bahia,
Escola Politécnica, 2018.

1. Integração. 2. Planejamento e Acompanhamento da
Produção. 3. Orçamentação. 4. Fluxo de informações. 5.
Modelagem BIM. I. Costa, Dayana Bastos. II. Ferreira,
Emerson de Andrade Marques . III. Título.

FORMAÇÃO DO CANDIDATO

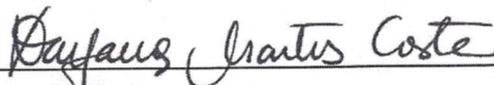
Engenheira Civil, formada pela Universidade Federal da Bahia, UFBA (2016).

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

Albert Einstein

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE **MÍRIAN CAROLINE FARIAS SANTOS**, APRESENTADA AO MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, EM 29 DE JUNHO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof.(a) Dr.(a) **Dayana Bastos Costa**

Orientadora

Universidade Federal da Bahia



Prof.(a) Dr.(a) **Emerson de Andrade Marques Ferreira**

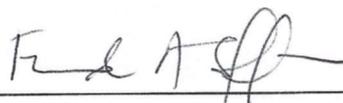
Coorientador

Universidade Federal da Bahia



Prof.(a) Dr.(a) **Sergio Scheer**

Universidade Federal do Paraná



Prof.(a) Dr.(a) **Fernanda Aranha Saffaro**

Universidade Estadual de Londrina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar o privilégio de chegar onde cheguei e pelo dom da paciência de viver cada dia de uma vez.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

A minha orientadora Dayana Bastos, pelas longas horas de orientação, dedicação e paciência, além de ter contribuído para o meu aprendizado e crescimento ao longo desses últimos anos.

Ao meu coorientador Emerson Ferreira, pelos esclarecimentos e apoio, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento da pesquisa.

À empresa participante do projeto, em especial ao estagiário Leonardo Rosa e à bolsista Carolina Ferrari.

A minha amada família e colegas de mestrado, especialmente a minha mãe Edna e ao meu companheiro Anderson Roque.

A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

SANTOS, M. C.F. **Método para Integração do Orçamento, Planejamento e Acompanhamento da Produção com Apoio de Building Information Modeling**. 2018. 209p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFBA, Salvador.

RESUMO

As modernas ferramentas de simulação, tal como o *Building Information Modeling* (BIM), oferecem um excelente meio para integrar informações de diversos ambientes de trabalho e disciplinas. Apesar de vários trabalhos tentarem resolver os problemas de integração, poucos estudos propuseram um fluxo integrados de informações entre os processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção. Este trabalho visa propor um método para a integração entre esses processos, de modo a abranger as pessoas e tecnologias presentes nos ambiente de trabalhos, seja ele, escritório ou campo . A pesquisa foi desenvolvida usando *Design Science Research*. Esta foi dividida em quatro etapas principais: (a) Conhecimento do problema, por meio de revisão bibliográfica, seleção de projetos e diagnóstico do fluxo de informações entre os processos estudados; (b) Sugestão, com o desenvolvimento de artefatos baseados no resultado obtido na primeira etapa; (c) Desenvolvimento, através de um processo participativo entre as equipes da empresa e a pesquisadora para a adaptação de modelos e ferramentas propostas; e (d) Avaliação e Conclusão, por meio da implementação piloto e avaliação do método proposto com base num conjunto de pressupostos, constructos e variáveis. A principal contribuição teórica deste estudo é uma melhor compreensão dos tipos de informações necessárias para integrar os processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção a partir de proposições teóricas adotadas na estrutura conceitual. Além da definição de um conjunto de constructos para avaliação da integração dos processos estudados. Em nível prático, foi estabelecido um método que descreve o fluxo de informações para integração entre processos, tecnologias e pessoas.

Palavras-Chave: Integração; Planejamento e Acompanhamento da Produção; Orçamentação; Fluxo de informações; Modelagem BIM.

ABSTRACT

Modern simulation tools, such as Building Information Modeling (BIM), provide an excellent way to integrate information from a variety of work environments and disciplines. Although several studies have attempt to solve integration problems, few of these studies tried to understand and propose an integrated flow of information between BIM Modeling, Budgeting, Production Planning and Monitoring processes. This work aims to propose a method for the integration between these processes, covering the people and technologies present in the office and field work environments. The research was developed using Design Science Research. It was divided into four main stages: (a) Knowledge of the problem, through bibliographic review, project selection and diagnosis of the information flow among the studied processes; (b) Suggestion, through the development of an artifact based on the result obtained in the first step; (c) Development, through a participatory process between the project team and the researcher for the adaptation of models and tools proposed; and (d) Evaluation and Conclusion, through a pilot implementation and evaluation of the proposed method based on a set of assumptions, constructs and variables. The main theoretical contribution of this study is a better understanding of the types of information needed to integrate the BIM modeling, budgeting, planning and production monitoring processes from the theoretical propositions adopted in the conceptual framework. A set of constructs was defined to evaluate the integration of the studied processes, as well. At the practical level, a method was established, describing the flow of information for integration between processes, technologies and people.

Keywords: Integration; Production Planning and Monitoring; Budgeting; Information flow; BIM Modeling.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Planejamento	18
Figura 2 - Representação esquemática da EAC	25
Figura 3 - Os três pilares da gestão de conhecimento	31
Figura 4 - Diagrama dos processos tradicional e baseado em BIM para levantamento de quantitativo	49
Figura 5 - Representação esquemática do modelo proposto por Jrade e Lessard (2015).....	53
Figura 6 - Representação esquemática dos produtos de entrada e saída do modelo proposto por Jrade e Lessard (2015)	54
Figura 7 - Descrição geral do <i>Design Science Research</i>	58
Figura 8 - Delineamento da Pesquisa	62
Figura 9 - Representação ilustrativa do Empreendimento 1	65
Figura 10 - Representação ilustrativa do Empreendimento 2	65
Figura 11 - Representação da adaptação dos símbolos diagrama de fluxo de dados	70
Figura 12 - Estrutura Conceitual do estudo.....	71
Figura 13 - Representação do modelo (a) “Fixo”, (b) “Apoio” e (c) “Instalações” – Empreendimento 1	80
Figura 14 – Exemplo de codificação de CPS e CPU utilizada pela Empresa A....	81
Figura 15 - Descrição da EAP1 utilizada pela empresa no EC1	82
Figura 16 - Exemplificação de um trecho das rotinas para geração automática de EAP no <i>Dynamo</i> - Janelas, Portas e Pisos	83
Figura 17 - Tabela de levantamento quantitativo gerada pelo <i>Dynamo</i>	84

Figura 18 - DFD para diagnóstico dos processos - Empreendimento 1	85
Figura 19 - Planejamento de Longo Prazo em <i>MS Project</i>	87
Figura 20 - Exemplo do Planejamento de curto prazo adotados pela equipe de campo: (a) Lista das atividades programadas e (b) Representação esquemática do andamento da obra por bloco.	89
Figura 21 - Representação esquemática do Método Proposto 1 – Empreendimento 1	93
Figura 22 - Exemplo de dados do levantamento quantitativo - Planilha 1.....	94
Figura 23 - Simulação de planilha de custos gerada pelo TOTVS – Planilha 2	95
Figura 24 - Exemplo do erro identificado na atividade de Exportação de dados de CPS1 e custos	97
Figura 25 - Representação do modelo (a) “Fixo”, (b) “Apoio” e (c) “Instalações” – Empreendimento 2.....	98
Figura 26 - Descrição da EAP2 utilizada pela empresa no EC2	99
Figura 27 - Exemplo de códigos de serviços desenvolvidos pela Empresa A .	99
Figura 28 - DFD para diagnóstico dos processos - Empreendimento 2.....	101
Figura 29 - Planilha com sequência de atividades	103
Figura 30 - Representação do DFD para o Método Proposto 2	109
Figura 31 - Trecho da Planilha de sequência de atividade 2	117
Figura 32 - Planilha de sequência de atividades 2 com ajustes.....	118
Figura 33 - Descrição da EAP3 utilizada pela empresa no EC2	122
Figura 34 - Representação do DFD para o Método Proposto 3 – Empreendimento 2	123
Figura 35 - Trecho da Linha de Balanço no <i>MS Project</i>	132
Figura 36 - Exemplos de relatório gerado pelo <i>MS Project</i>	133
Figura 37 - Planilha <i>MS Project</i> Integrada	134

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de software BIM para Gerenciamento / Coordenação de Projetos.....	46
Quadro 2 - Descrição dos tipos de Artefatos.....	57
Quadro 3 - Relação dos participantes e atividades desenvolvidas na coleta de dados para diagnóstico do fluxo de informações dos processos	67
Quadro 4 - Descrição dos símbolos utilizados na representação do diagrama de fluxo de dados.....	69
Quadro 5 - Relação dos participantes e tempo envolvidos no desenvolvimento do método	74
Quadro 6 - Constructos, Variáveis e Fonte de Evidência.....	77
Quadro 7 - Relação dos participantes e tempo envolvidos na avaliação do método proposto	78
Quadro 8 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 1	91
Quadro 9 - Quadro resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 1	92
Quadro 10 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2.....	105
Quadro 10 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2 (continuação)	106
Quadro 10 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2 (continuação)	107
Quadro 11 - Resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 2 ...	107
Quadro 11 - Resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 2 (continuação)	108
Quadro 12 - Descrição das atividades desenvolvidas no Método Proposto 2..	114
Quadro 12 -Descrição das atividades desenvolvidas no Método Proposto 2 (continuação)	115
Quadro 13 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 2	115
Quadro 13 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 2 (continuação)	116
Quadro 14 - Descrição das atividades propostas do Método Proposto 3	127
Quadro 14 - Descrição das atividades propostas do Método Proposto 3 (continuação)	128

Quadro 15 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 3	129
Quadro 16 - Análise comparativa dos Método Propostos	137
Quadro 16 - Análise comparativa dos Método Propostos (continuação)	138
Quadro 16 - Análise comparativa dos Método Propostos (continuação)	139
Quadro 17 - Análise comparativa das Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs)	140
Quadro 18 - Principais benefícios e barreiras à implementação do método proposto	148

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação da integração do fluxo de informações entre processos...	141
Tabela 1 - Avaliação da integração do fluxo de informações entre processos (continuação)	142
Tabela 2 - Avaliação da facilidade de uso.....	147

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CICS	<i>Construction Information Classification System</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CPS	Composição de Preço de Serviços
CPU	Composição de Preço Unitário
DFD	Diagramas de Fluxo de Dados
DSR	<i>Design Science Research</i>
EAC	Estrutura Analítica de Custos
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EVA	<i>Earned Value Analysis</i>
EVM	<i>Earned Value Management</i>
IAI	<i>International Alliance of Interoperability</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ITCMS	<i>Integrated Time and Cost Management System</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PPC	Porcentagem da Programação Concluída
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
WPM	<i>Work-packaging Model</i>

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE QUADROS	III
ÍNDICE DE TABELAS	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa do trabalho	1
1.2 Problema de pesquisa	3
1.3 Objetivos	9
1.4 Delimitação da pesquisa.....	10
1.5 Estrutura do trabalho	10
2 INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO A PARTIR DO FLUXO DE INFORMAÇÕES	12
2.1. O Processo de Planejamento e Controle da Produção na Construção	12
2.1.1. <i>Conceitos Básicos sobre Planejamento e Controle da produção</i>	12
2.1.2. <i>A Dimensão Horizontal do Planejamento</i>	17
2.1.3. <i>A Dimensão Vertical do Planejamento</i>	19
2.2. O Processo de Orçamento na Construção	21
2.2.1. <i>Conceitos Básicos</i>	21
2.2.2. <i>Orçamento Convencional</i>	25
2.2.3. <i>Orçamento Operacional ou Executivo</i>	27
2.3. Integração do Fluxo de Informações e dos Processos	29
2.3.1 <i>Integração do Fluxo de Informações na Construção</i>	29
2.3.2 <i>Integração dos Processos de Planejamento e Controle da Produção e Orçamento</i>	33
3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) E SUA INTEGRAÇÃO COM OS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO	40
3.1 Definições Básicas	40
3.2 Modelagem BIM e o Processo de Planejamento e Controle da Produção	42

3.3	Modelagem BIM e o Processo de Orçamentação	47
3.4	BIM e a Integração dos Processos de Planejamento e Orçamentação	50
4	MÉTODO DE PESQUISA	56
4.1.	Estratégia de Pesquisa	56
4.2.	Delineamento da Pesquisa	61
4.3.	Detalhamento das Etapas de Pesquisa	63
4.3.1.	<i>Conhecimento do problema</i>	63
4.3.2.	<i>Sugestão</i>	70
4.3.3.	<i>Desenvolvimento</i>	73
4.3.4.	<i>Avaliação e Conclusão do Método Proposto</i>	75
5	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
5.1.	Resultados do Estágio A da Pesquisa	79
5.1.1.	<i>Diagnóstico do fluxo de informações entre os processos – Empreendimento 1</i>	79
5.1.2.	<i>Método Proposto 1 – Empreendimento 1</i>	92
5.2.	Resultados do Estágio B da Pesquisa	97
5.2.1.	<i>Diagnóstico do fluxo de informações entre os processos – Empreendimento 2</i>	97
5.2.2.	<i>Método proposto 2 – Empreendimento 2</i>	108
5.2.3.	<i>Método proposto 3 (Método final) – Empreendimento 2</i>	121
5.3.	Discussão dos Resultados	135
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS ...	155
	REFERÊNCIAS	162
	APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	173
	ANEXO 1 – BANCO DE DADOS DE CODIFICAÇÃO - EMPREENDIMENTO 2	179
	ANEXO 2 – PLANILHA MS PROJECT INTEGRADA E LINHA DE BALANÇO - EMPREENDIMENTO 2	184
	ANEXO 3 – RELATÓRIOS DO MS PROJECT INTEGRADA - EMPREENDIMENTO 2	186

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do Trabalho

A indústria da construção é um setor complexo e dinâmico que envolve várias pessoas em diferentes estágios da construção do empreendimento, cobrindo funções como planejamento, projeto, construção e manutenção (NAWI; BALUCH; BAHAUDDIN, 2014). Devido às suas características dinâmicas e ao ambiente diversificado em que as atividades são desenvolvidas, a fragmentação representa um problema comum na construção (ALASHWAL; FONG, 2015).

A fragmentação pode ser entendida como a falta de integração, coordenação, colaboração, limites e ampliação do conhecimento (ALASHWAL; FONG, 2015). Devido a esta fragmentação, a indústria da construção está sujeita a uma fraca comunicação entre as partes interessadas. Assim, como na maioria dos projetos onde existe diferentes organizações envolvidas, com diversas responsabilidades em relação às tarefas do projeto, um bom fluxo de conhecimento em todos os estágios do projeto é um grande desafio (DAVE; KOSKELA, 2009).

Um sistema de controle permite coletar os dados atualizados de planejamento, custos e uso dos recursos para comparar o progresso existente com o planejado, destacando áreas de potenciais problemas. Contudo, a maioria dos projetos está sujeita a um controle ineficaz devido a um fluxo de informações ineficiente, o qual se apresenta como um problema fundamental no gerenciamento das construções, principalmente, no que tange à qualidade da informação que é conduzida através desses sistemas de controle (RASDORF; ABUDAYYEH, 1991).

Para Wayne (2013), a tendência de automatizar as informações dos processos construtivos tem trazido uma enorme vantagem para a indústria da construção. Os dados são coletados, agrupados, atualizados, filtrados e, finalmente, lançados para que o gerente de projeto possa analisar e interpretar, de forma que as informações resultantes possam conduzir a uma tomada de decisão mais fundamentada.

As ferramentas modernas de simulação permitem integrar múltiplas representações e vistas de um projeto, incluindo seus produtos, ambiente, processos, recursos, entre outros. Isso permite aos usuários gerar rapidamente planejamentos, orçamentos, recursos requeridos e cronograma de aquisição de materiais (ABOURIZK, 2010). Segundo Hallberg e Tarandi (2011), existe uma rápida evolução na área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), não somente em relação ao desenvolvimento de hardware e software, mas também em termos de conceitos, abrindo para novas e inovadoras soluções em muitas disciplinas de projeto.

Um dos conceitos mais recentes associados às TIC é o BIM (*Building Information Modeling*), cujo crescimento de suas aplicações emerge novas possibilidades para tornar o gerenciamento da informação mais eficiente para arquitetos, engenheiros e construtores (HALLBERG; TARANDI, 2011).

O BIM pode ser entendido como uma simulação de projeto composta pelos modelos 3D dos componentes do projeto, associados a todas as informações relacionadas ao planejamento, construção ou operação do projeto, e sua desconstrução (KYMMELL, 2008). Assim, as informações para o gerenciamento de projetos de construção podem ser automaticamente obtidas a partir de um modelo BIM (LEE *et al.*, 2014). Ao se associar o modelo 3D com o cronograma de construção tem-se o modelo 4D, utilizado principalmente para planejamento e gerenciamento da construção (CHEN *et al.*, 2013). Além disso, integrando a dimensão de custo de material, equipamento e pessoal, tem-se o modelo 5D, o qual pode ser utilizado para dar aos projetistas um retorno mais ágil e preciso de informações sobre o custo de um projeto (SATTINENI; MACDONALD, 2014).

Nesse contexto, este trabalho se justifica por utilizar o BIM para auxiliar a integração das informações entre os processos de modelagem, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção, abrangendo equipes e softwares utilizados desde a elaboração do projeto do empreendimento até a sua execução.

1.2 Problema de Pesquisa

As principais técnicas de planejamento de construção, tais como, gráfico de Gantt, diagrama de rede e o método de caminho crítico (CPM) geram planos de construção que não representam as características espaciais reais da construção (WANG, 2004). Do mesmo modo, a forma tradicional como as estimativas detalhadas de custo é realizada consome uma quantidade significativa de tempo com a visualização, interpretação, esclarecimentos de desenhos e especificações de projetos, além dos cálculos de quantidades de trabalho, materiais e equipamentos (SHEN; ISSA, 2010).

Um bom sistema de controle de projeto deve integrar o controle de custos e do progresso da construção, simplificar ou até automatizar os processos de coleta de dados, ter funções de análise automatizadas e ser aplicável a todos os tipos de obras (WANG *et al.*, 2014). Por isso, a integração de sistemas de controle de custos e planejamento tem sido uma questão de grande preocupação para pesquisadores e profissionais da indústria da construção (FAN *et al.*, 2015).

Assim, muitos trabalhos foram desenvolvidos enfatizando os benefícios dessa integração, abrangendo metodologias diferentes para associar dados de custo e planejamento (RASDORF; ABUDAYYEH, 1991; CARR, 1993; KNOLSEISEN, 2003; JUNG; KANG, 2007; CHO; RUSSEL; CHOI, 2012; TIWARI; JOHARI, 2015), incluindo também a coleta de dados para controle da produção (ABUDAYYEH; RASDORF, 1993; MARCHESAN; FORMOSO, 2001; MARCHESAN, 2001; KERN, 2005; KERN; SOARES; FORMOSO, 2006; DE MARCO; BRICCARELLO; RAFELE, 2009; CHO; HONG; HYUN, 2010). Destacam-se também, estudos sobre o desenvolvimento de codificação para integração de informações de custos e planejamento (KANG e PAULSON, 1998; JUNG e WOO, 2004), análise probabilística para definição da redução do tempo de programação da atividade e dos custos da construção (ISIDORE; BACK, 2001; ISIDORE; BACK, 2002), uso de conceitos Lean aplicados ao planejamento e controle de da produção (BERNARDES, 2001), uso de orçamento operacional (SANTOS; TURRA; PANZETER, 2002; FENATO; SAFFARO; BARISON, 2016), entre outros. Alguns destes trabalhos serão discutidos a seguir.

Em estudos realizados por Rasdorf e Abudayyeh (1991) foram levantados os principais problemas e necessidades relacionados à integração do controle de custos e planejamento. Os referidos autores discutiram modelos integrados de controle de custos e planejamento por meio da associação da EAP (Estrutura Analítica de Projeto) e da EAC (Estrutura Analítica de Custo) da construção, os quais foram propostos por TEICHOLZ (1987)¹ e HENDRICKSON e AU (1989)². Rasdorf e Abudayyeh (1991) observaram que no trabalho de Teicholz (1987), o modelo não promovia uma adequada integração devido à incoerência, ou seja, incompatibilidades, no nível de detalhe das estruturas analíticas com o número de atividades do planejamento e dos itens de custo. Em ambos os trabalhos citados pelos autores, essas duas visões diferentes de dados de projeto (EAP e EAC) poderiam gerar custos indiretos na obtenção dos dados coletados e uma sobrecarga computacional para processamento dos dados.

Rasdorf e Abudayyeh (1991), ainda citaram que no trabalho realizado por Kim (1989)³, que utilizou a programação orientada a objetos, a integração contemplava tanto dados de representação geométrica do projeto como dados de custos e planejamento. Contudo, o trabalho além de manter a visão dupla das estruturas analíticas de custo e planejamento, não explicou como se daria o processo de aquisição de dados de campo, uma vez que o modelo possuía um nível muito alto de detalhe de informações.

Por fim, Rasdorf e Abudayyeh (1991) discutiram um modelo de integração baseado em pacotes de trabalhos, o qual se apoiava na EAP para desmembrar um projeto em pacotes de trabalho gerenciáveis e com escopo de trabalho bem definido. Segundo os referidos autores, esse modelo cria uma visão unificada dos dados do projeto adicionando dados de custo à EAP e elimina a necessidade

¹ TEICHOLZ, P. Current needs for cost control systems. **Project controls: Needs and solutions (Proc. Speciality Conf.)**. C. W. Ibbs, D. B. Ashley, eds., ASCE, 47-57, 1987

² HENDRICKSON, T.; AU, T. **Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1989.

³ KIM, J. **An object-oriented database management system approach to improve construction project planning and control**. Ph.D. thesis, University of Illinois, Urbana, Ill, 1989.

de EAC. Rasdorf e Abudayyeh (1991) consideraram que esse tipo de modelo facilita a integração por utilizar a EAP como um denominador comum para a integração de custos e planejamento, embora existam limitações relacionadas à automação do armazenamento de dados e da aquisição de dados.

A partir do mesmo princípio de utilizar uma EAP padrão para promover a integração dos dados de orçamento e planejamento, Knolseisen (2003) propôs uma metodologia baseada em uma terminologia e codificação única. A integração se deu por meio da exportação dos dados do programa Singe (orçamento) para o programa *MS Project* (planejamento). As limitações do método proposto Knolseisen (2003) referem-se ao levantamento manual dos quantitativos para elaboração do planejamento, uma vez que não foram utilizados programas para extração automática de quantitativos, à visualização limitada das atividades de planejamento com uso do gráfico de Gantt, além de não ter sido abordado o retorno das informações reais de custo e planejamento.

Para preencher a lacuna de trabalhos que abrangessem o acompanhamento do progresso da construção, Marco, Briccarello e Rafele (2009) buscaram monitorar os dados de planejamento e custos de projetos de construções industriais por meio do desenvolvimento de uma EAP para integração dessas informações, em que os pacotes de trabalhos eram atualizados à medida em que as atividades a eles associadas eram executadas. Neste trabalho, foram gerados relatórios de custos utilizando análise de valor agregado e curva S. Contudo, o trabalho não contemplou a integração com a geometria do projeto, além disso, a visualização do fluxo de trabalho desenvolvido era precariamente fornecida pela marcação em cores das células na planilha de progresso da construção.

Cho, Hong e Hyun (2010) também se propuseram a apresentar um modelo que permitisse o *feedback* dos dados do controle da produção. Embora esse trabalho apresentasse um sucinto fluxo de conceitos para a integração entre planejamento e custo, o mesmo não foi aplicado a um projeto como um todo, se limitando ao acompanhamento da execução de paredes em construções repetitivas, carecendo também de recursos que facilitasse a visualização do progresso da construção.

Em termos de análise e proposição de fluxo de informações/dados, Marchesan (2001) desenvolveu um método que integrava um sistema de custeio ao processo de planejamento e controle da produção. Para isso, foram desenvolvidos os diagramas dos fluxos de dados do sistema de gestão da produção e dos sistemas de custeio em dois estudos de casos, o que resultou na proposição de modificações nos sistemas de gestão estudados, além do desenvolvimento de um software para automatizar o tratamento dos dados. Embora, bastante completo em termos de informações de custos, algumas das limitações encontradas nesse trabalho dizem respeito à falta de integração com o modelo geométrico de forma a facilitar a visualização dos processos construtivos. Também não havia um padrão na descrição das atividades ou uma linguagem comum de comunicação que facilitasse a integração das informações e a atualização das mesmas.

Outro trabalho que envolveu a avaliação do fluxo de informações/dados dos sistemas de gestão de custos foi o de Kern (2005), o qual realizou um diagnóstico em quatro empresas para propor um modelo de planejamento e controle de custos. Partindo-se das deficiências encontradas, principalmente no que tange à dificuldade de atualizar o banco de dados de orçamento, à utilização de informações de custos para a tomada de decisão e ao controle ineficaz, a referida autora apresentou melhorias e propôs um modelo da integração com diretrizes para sua implementação. Como o método se deteve ao uso das ferramentas tradicionais de planejamento e orçamentação, dentre os trabalhos futuros propostos pela autora, destacou-se o desenvolvimento de programas computacionais para facilitar a implementação do modelo.

Com o intuito de facilitar a integração entre os processos de planejamento e orçamentação, alguns estudos foram desenvolvidos como o uso do *Building Information Modeling* (BIM) afim de automatizar processos, melhorar a visualização de etapas da produção, agregar mais informações ao projeto, facilitar a interoperabilidade entre programas e melhorar a comunicação entre as equipes envolvidas na elaboração do projeto e no controle da produção (FENG, CHEN; HUANG, 2010; SCHEER *et al.*, 2014; FAN; WU; HUN, 2015; JRADE; LESSARD, 2015; FAN *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2016, entre outros).

Para Hartmann *et al.* (2012), a introdução de ferramentas baseadas em BIM para apoiar o trabalho das organizações de gestão da construção ainda é uma tarefa problemática em termos práticos. Embora, teoricamente, as informações para o gerenciamento de projetos de construção possam ser automaticamente obtidas a partir de um modelo BIM, na prática, essas informações podem ser muito limitadas, a menos que este modelo contenha informações completas (LEE *et al.*, 2014).

A maioria dos sistemas de controle de projeto baseado em computadores se concentra apenas no controle dos dados de planejamento, abordando muito pouco o controle de custos (WANG *et al.*, 2014). Ademais, os poucos estudos recentes em BIM 5D se limitam a descrição do seu conceito e a geração automática de quantitativos, devido principalmente à dificuldade de coleta de dados de controle de custos. Com o intuito de prover mais estudos sobre o controle de custos com BIM, Wang *et al.* (2014) se propuseram a explorar como um modelo 5D pode auxiliar o controle de projeto através do desenvolvimento de um protótipo de sistema para integração de dados de planejamento e custos. O modelo mostrou-se apto a fazer a integração dos dados e fornecer análises e relatórios de custos baseados na análise do valor agregado. Embora os referidos autores tenham apresentado os benefícios do método quando comparado aos atuais softwares 5D, alguns problemas foram identificados: (a) o modelo careceu de uma aplicação mais generalizada, já que era voltado para indústrias de gás natural liquefeito; (b) não havia integração em termos de pessoas e ambientes envolvidos; e (c) era necessário um método de avaliação que tornasse mais evidentes seus benefícios.

Por outro lado, com o objetivo de resolver o problema de integração das informações de custos e planejamento, Fan *et al.* (2015) propuseram um modelo para vincular automaticamente os itens de custo, as atividades de programação e os elementos do modelo BIM, realizando a análise das relações dessas informações. Assim, resolvendo a incompatibilidade dos níveis de detalhes entre as codificações empregadas para custos e planejamento. Embora o problema da vinculação das informações de custos e atividades tenha sido resolvido no

referido trabalho, as vinculações dos dados de custo e planejamento ao modelo BIM ainda permaneceram manual.

Em outro estudo de Fan *et al.* (2016), as relações entre os itens de custos e planejamento foram ampliadas abordando itens de pagamento, horas de trabalho, equipe técnica e a área de desenvolvimento das atividades. Nesse estudo foi desenvolvido um sistema em *Microsoft Visual C#* baseado no critério da integração do planejamento e da alocação de recursos utilizando a abordagem de objetos orientados. Contudo, o trabalho se limitou ao gerenciamento de recursos, não abordando dados de *feedback* de campo, ou seja, os dados reais de execução das atividades e de custos.

Para garantir uma melhor integração de informações e funcionamento dos sistemas integrados de custo e planejamento, Jrade e Lessard (2015) levantaram uma série de requisitos, tanto do ponto de vista dos usuários, como de especificações técnicas dos sistemas, para propor um sistema integrado de gerenciamento de tempo e custo. Assim, com base nesses requisitos, o trabalho de Jrade e Lessard (2015) propôs um método que abrangesse o fluxo de informações entre os módulos de visualização, de gerenciamento de custo e tempo, de planejamento e de análise de valor agregado, para que pudesse ser utilizado desde a fase de concepção ao acompanhamento da produção em campo. Apesar dos requisitos apresentados em relação aos usuários, o método proposto não foi bem avaliado, principalmente, em termos do atendimento desses requisitos.

Observa-se que, apesar dos trabalhos apresentados anteriormente sobre a integração de planejamento e orçamentação terem obtidos resultados bem-sucedidos e terem empreendido esforços para resolver os problemas de integração, não há consenso quanto a um fluxo de informações proposto, devido, essencialmente, à diversidade de métodos e ferramentas utilizadas pelos autores. Além disso, poucos desses estudos se propuseram a compreender o fluxo e a integração de informações entre os processos de planejamento, orçamentação, acompanhamento e controle de produção e modelagem BIM, bem como entre as pessoas responsáveis por esses processos e as tecnologias envolvidas.

Dessa forma, a partir da identificação dessa problemática, foi definida a seguinte questão de pesquisa: “Como deve se dar o fluxo de informações ao longo dos processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção de forma a permitir o controle integrado das informações, tanto em nível de pessoas como de tecnologias envolvidas nos ambientes de trabalho de campo e escritório?”

Como questões secundárias tem-se:

- Quais são as informações necessárias para o desenvolvimento de modelos que integrem os processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção em nível de pessoas e tecnologias?
- Como integrar as ferramentas e softwares utilizados nos processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção, bem como os seus respectivos responsáveis?
- Quais os principais benefícios e dificuldades encontrados na implementação de um método para a integração dos processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção?

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é **propor um método para integrar os fluxos de informações entre os processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção, envolvendo pessoas e tecnologias, desde a elaboração do projeto do empreendimento até o controle da produção em campo.**

Como objetivos secundários, tem-se:

- Identificar e definir requisitos de informações para desenvolvimento de modelos que suportem a integração entre os processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção, bem como entre as pessoas e tecnologias envolvidas.

- Estabelecer comunicação entre ferramentas e softwares, bem como atribuir responsabilidades às pessoas envolvidas na integração dos processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção.
- Identificar benefícios e dificuldades da implementação do método para integração dos processos de modelagem BIM, orçamentação, planejamento e acompanhamento da produção.

1.4 Delimitação da Pesquisa

A principal delimitação do presente trabalho é o uso dos softwares e ferramentas utilizados pela empresa participante, não havendo inserção de novas tecnologias.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos principais. O presente capítulo apresentou a justificativa, o problema de pesquisa, a questão principal e as questões secundárias de pesquisa, além do objetivo principal e os objetivos secundários, seguidos da delimitação de pesquisa e estruturação do trabalho.

O capítulo 2 apresenta os conceitos relativos à integração dos processos de orçamentação, planejamento e controle da produção, bem como do fluxo de informações ao longo dos mesmos. Também são apresentadas algumas reflexões acerca da integração de planejamento e custos, bem como o exemplo de um estudo desenvolvido sobre o assunto.

O capítulo 3 introduz os conceitos básicos sobre *Building Information Modeling* (BIM) e sua aplicação nos processos de planejamento e orçamentação. No final do capítulo, encontram-se alguns requisitos para desenvolvimento de sistemas de integração dos processos de planejamento e orçamentação da construção, os quais foram levantados a partir de um trabalho que utilizou softwares BIM para promover um melhor fluxo de informações entre esses processos.

O capítulo 4 aborda a descrição do Método de Pesquisa, detalhando as etapas e estágios da pesquisa.

O capítulo 5 apresenta a descrição e evolução dos métodos propostos. Nele são discutidos os resultados da implementação piloto do método final proposto e da sua avaliação.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e propostas de trabalhos futuros.

2 INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO A PARTIR DO FLUXO DE INFORMAÇÕES

Este capítulo apresenta uma breve descrição dos principais conceitos relativos aos processos de planejamento e controle da produção e orçamentação. Em seguida são exibidos alguns conceitos sobre integração de processos e fluxo de informações, além de serem apresentados alguns trabalhos abordando a integração dos processos de planejamento e orçamentação.

2.1. O Processo de Planejamento e Controle da Produção na Construção

Esta seção tem por finalidade apresentar os principais conceitos sobre planejamento e controle da produção, sendo discutidas as dimensões horizontal e vertical do processo de planejamento, bem como a integração entre as fases que as compõem.

2.1.1. Conceitos básicos sobre Planejamento e Controle da Produção

Para a execução de qualquer empreendimento é necessário que exista um planejamento no qual será definido o método de execução, um cronograma de execução e um controle, o qual permitirá o acompanhamento e verificação do andamento do projeto (KNOLSEISEN, 2003) através da medição e avaliação do desempenho na execução dos processos (FORMOSO, 1991).

O planejamento compreende a definição das atividades a serem executadas, o método e os recursos empregados à sua execução, bem como a definição do tempo e sequenciamento dessas atividades (LAUFER; TUCKER, 1987). O planejamento também pode ser entendido como um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando acompanhado de controle (FORMOSO, 1991).

O controle é necessário para identificar divergências significativas entre o planejado e o desempenho real dos trabalhos (AL-JIBOURI, 2003). O controle garante que o curso de ação seja mantido e os objetivos desejados sejam

alcançados. Dessa forma, o desempenho é medido e avaliado e são tomadas medidas corretivas quando o desempenho diverge dos planos programados (LAUFER; TUCKER, 1987).

De forma mais detalhada, pode ser entendido como um conjunto de ações que visam o direcionamento do plano, incluindo o monitoramento da realidade, a comparação com o que foi planejado, e as ações para providenciar as mudanças necessárias de realinhamento do plano (SLACK *et al.*, 1997⁴ *apud* KNOLSEISEN, 2003). Para ser eficaz, um sistema de controle deve ser desenvolvido juntamente com o sistema de planejamento. Geralmente, o planejamento e controle estão profundamente interligados, formando um ciclo contínuo de planejamento e controle (DERMER, 1977⁵; HARRISON, 1981⁶ *apud* LAUFER; TUCKER, 1987).

A atividade de monitoramento⁷ está relacionada ao levantamento de dados da produção para que seja feita a comparação do previsto e do executado. Esse processo é baseado no *feedback*, por meio de: comunicações verbais, relatórios diários escritos do campo, relatórios de acompanhamento de mão de obra e entregas de material, entre outros (WAYNE, 2013). Para que o acompanhamento da produção comece é necessário que uma linha base de medição de desempenho tenha sido estabelecida e acordada pelas partes interessadas (WAYNE, 2013). Para o referido autor, a linha de base de medição de desempenho fornece parâmetros de custo e tempo que a equipe do projeto define como padrão para medir o desempenho, ou seja, representa a forma como o projeto seria executado se seguisse exatamente o cronograma planejado.

⁴ SLACK, N., et al. **Administração da Produção**. Ed. Atlas. São Paulo/SP, 1997.

⁵ Dermer, J. **Management Planning and Control Systems**. Irwin-Dorsey, Georgetown, Ontario, 1977.

⁶ Harrison, F.L. **Advanced Project Management**. John Wiley and Sons, New York, 1981.

⁷ Nota da autora: a atividade de monitoramento também é chamada de acompanhamento da produção.

2.3.1.1. Estrutura Analítica de Projeto (EAP)

A elaboração do planejamento envolve a criação de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP), a qual é responsável por prover uma estrutura detalhada e hierarquizada dos pacotes de trabalho que serão desenvolvidos.

Segundo Bernardes (2001), uma forma de se estabelecer uma hierarquização padronizada das metas dos planos adotados para o planejamento de uma obra é utilizando uma Estrutura Analítica de Projeto. A EAP é composta de várias camadas ou níveis que começam com uma visão geral até abranger os detalhes do projeto. Dessa forma, a EAP é usada como guia para garantir que nada seja negligenciado (WAYNE, 2013).

A Estrutura Analítica de Projeto é constituída por pacotes de trabalho individuais ou grupos de tarefas, que podem ser monitorados, rastreados e medidos separadamente (WAYNE, 2013).

Na literatura existem várias definições para pacotes de trabalho. Martins (2007) traz que pacote de trabalho corresponde a uma atividade que será atribuída a uma pessoa ou equipe. Já o PMBOK (2000) traz o pacote de trabalho como o elemento de trabalho de nível mais baixo na EAP, o qual fornece uma base lógica para definir atividades ou atribuir responsabilidade a uma pessoa ou organização específica.

Choo *et al.* (1999) definem o pacote de trabalho com um conjunto de tarefas, muitas vezes numa área bem definida, as quais se utilizam de informações específicas de projeto, material, mão de obra e equipamentos.

Diante do que foi apresentado, os pacotes de trabalho, neste trabalho, representam o menor nível de gerenciamento que se deseja para o projeto, ou seja, o elemento de trabalho de nível mais baixo na EAP. Esse pacote de trabalho é composto por um grupo de atividades ou tarefas atribuídas à uma pessoa ou equipes específicas, as quais utilizam informações específicas de projeto, material, mão de obra e equipamentos para desenvolver essas atividades em uma área previamente definida no planejamento. Os pacotes de trabalho também servem de base para o planejamento, acompanhamento e controle da produção.

Para entender melhor o conceito de tarefas e atividades, no seu glossário, Greiman (2013) traz o conceito de tarefa como um trabalho que exige esforço e recursos e possui um resultado concreto (um produto). Já uma atividade, segundo Greiman (2013), pode ser sinônimo de tarefa. Contudo, em alguns casos, principalmente quando se refere a uma EAP, uma atividade pode ser decomposta em uma série de tarefas. Esta deve ter duração e resultar em um ou mais produtos, além de ter custos e recursos associados. Apesar da hierarquia apresentada por Greiman (2013), neste trabalho, as atividades não foram decompostas em tarefas. Portanto, foi considerado que as atividades e tarefas têm o mesmo nível hierárquico e possuem conceitos equivalentes, correspondendo às operações ou ações executadas com duração, custo e requisitos específicos, as quais resultam em produtos entregáveis.

A partir da EAP, o planejador ajuda a equipe a decompor o projeto em atividades e identificar os principais marcos que são fundamentais para medição de desempenho (WAYNE, 2013). Segundo Haugan (2001), ao se desenvolver uma EAP, a codificação ou numeração de vários elementos e níveis podem melhorar significativamente a funcionalidade da EAP nas mais diversas aplicações relacionadas. Independente do código utilizado nessa EAP, é importante que a mesma seja consistente, pois a EAP deve prover uma legenda para planejar, orçar, rastrear, replanejar e, em geral, promover a comunicação ao longo do projeto.

2.3.1.2. Técnicas de Programação

Para programar as atividades que compõem os pacotes de trabalho são utilizadas técnicas de programação, tais como, a rede PERT/CPM, diagrama de barras e linha de balanço para facilitar a visualização da sequência de atividades.

Por meio da rede CPM (Critical Path Method - Método do Caminho Crítico), os planejadores avaliam diferentes alternativas de sequenciamento de atividades, sua viabilidade e se os prazos dos projetos serão cumpridos (KOO, FISCHER; KUNZ, 2007; FENG; CHEN; HUANG, 2010). Esse sequenciamento de atividades está relacionado com a elaboração de uma sequência lógica das atividades de projeto, na qual é estabelecida uma dependência entre essas

atividades planejadas. O sequenciamento de atividade envolve uma análise criteriosa das relações entre as atividades do cronograma e seus relacionamentos de precedência (PMBOK, 2000).

Bernardes (2001) fez um levantamento sob a ótica de diversos autores sobre as principais deficiências de se utilizar as técnicas de rede, das quais destacam-se:

- dificuldade de aplicação pela variabilidade das durações e falta de precisão na estimativa de atividades e recursos;
- dificuldade dos profissionais encarregados do gerenciamento em entender a complexidade das redes;

Um dos grandes problemas associados à outra técnica comumente utilizada, o gráfico de Gantt, é que este não possibilita a visualização da rede de atividades, não sendo possível observar as folgas nem o caminho crítico das atividades (MATTOS, 2010; LAUFER; TUCKER, 1987).

Através da linha de balanço é possível explicitar ritmos de produção e fluxos de trabalho, dando visibilidade ao processo produtivo, já que é possível visualizar como a produção está se desenvolvendo em termos de tempo e espaço (BERNARDES, 2001). Embora esse tipo de técnica explicita o fluxo de mão de obra, a mesma não possibilita uma análise de fluxo de materiais (TOMMELEIN, 1998).

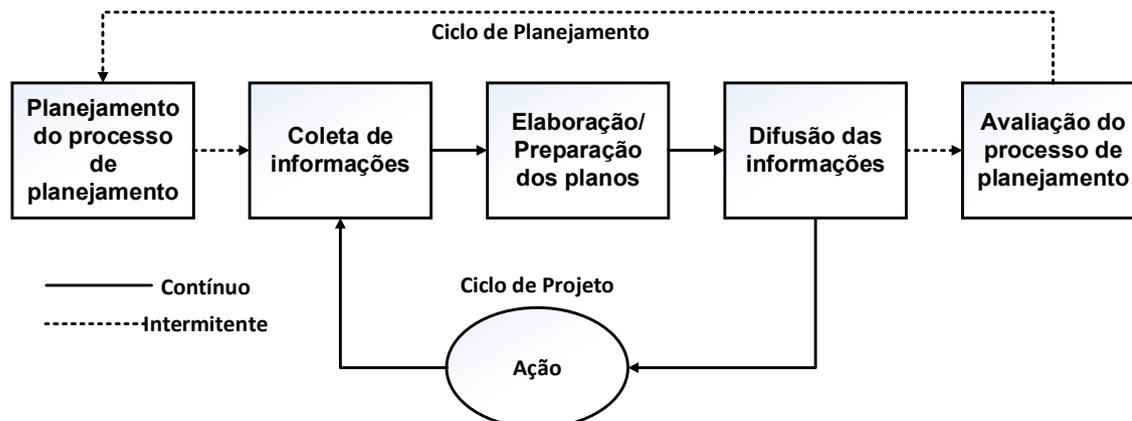
De um modo geral, as técnicas apresentadas anteriormente não representam de forma eficaz a visualização do sequenciamento das atividades, demandando tempo e esforço para a elaboração do planejamento. Este planejamento pode estar sujeito, muitas vezes, ao retrabalho, por ausência de alguma atividade não considerada, ou carecer de integração com os dados de custos. Isso dificulta a visualização comparativa dos dados de planejamento com os dados de progresso da produção, prejudicando a tomada de decisão em tempo hábil.

2.1.2. A Dimensão Horizontal do Planejamento

A dimensão horizontal do planejamento corresponde ao contínuo processo de planejamento, o qual pode ser dividido em cinco fases (Figura 1), conforme divisão apresentada por Laufer e Tucker (1987):

- **Planejamento do processo de Planejamento** – a base para a elaboração do processo de planejamento são as características ambiental, tecnológica e organizacional que tornam o empreendimento único. São tomadas decisões relativas ao esforço e tempo dedicados a cada estágio do planejamento, frequência de atualização, nível de detalhe e grau do planejamento, além da forma como as informações serão coletadas e difundidas, técnicas e ferramentas de programação a serem utilizadas;
- **Coleta de informações** – esta fase requer uma quantidade de recursos consideráveis para extrair informações de documentos como contratos, especificações, condições do local e do ambiente, produtividade de mão de obra e equipamentos, entre outros;
- **Elaboração dos planos** – nesta fase as decisões são tomadas com base na avaliação da informação coletada na fase anterior. São utilizadas técnicas de planejamento de recursos e programação (Gantt, Linha de balanço, CPM, PERT, entre outros) e são avaliadas suas respectivas implicações de custos (fluxo de caixa e análise de risco);
- **Difusão das informações** – as informações dos planos devem ser transmitidas de acordo com as necessidades de seus usuários;
- **Avaliação do processo de planejamento** – avaliações periódicas de todo o processo de planejamento são realizadas com base nas informações de controle, o que servirá de base para melhorar o processo de planejamento durante a execução do projeto ou em empreendimentos futuros.

Figura 1 - Processo de Planejamento



Fonte: Adaptado de Laufer e Tucker (1987)

A primeira e última fase, representadas na Figura 1, se associam em caráter intermitente, ou seja, ocorrem em períodos específicos como o lançamento de novos empreendimentos, término da construção ou alguma etapa importante da obra. Enquanto que as fases intermediárias formam um ciclo contínuo durante a etapa de produção do empreendimento (BERNARDES, 2001).

Esse ciclo contínuo representa um ciclo de replanejamento, em que as informações são coletadas e processadas na fase de preparação dos planos, em seguida as informações são difundidas para aqueles que as necessitam. Com base nessas informações são tomadas atitudes (ações) para que as metas estabelecidas sejam cumpridas. Mais uma vez as informações são coletadas, os planos são reformulados e difundidos, e o ciclo se repete mais uma vez (BERNARDES, 2001).

Embora composto por diferentes fases, é possível perceber o caráter integrado e cíclico da dimensão horizontal do planejamento. Na fase de planejamento da produção e coleta de informações para preparação dos planos, fica evidente que ao se elaborar o planejamento é necessário conhecer informações do ambiente em que será desenvolvida a construção, quais equipamentos e técnicas construtivas serão empregados, e também como será realizado o controle, bem como seu nível de detalhe. Tudo isso terá impacto na forma como o planejamento será delineado e posteriormente controlado.

Portanto, a definição de um planejamento eficaz, com uma programação que possa ser facilmente implementada e controlada, tem por pré-requisito o entendimento de como a construção se desenvolverá em campo, para isso, é fundamental que haja uma troca de informações entre as equipes de produção e a de planejamento.

Além disso, durante a fase de elaboração/ preparação dos planos, as ferramentas utilizadas devem permitir a difusão das informações entre as equipes participantes, ou seja, essas informações devem ser claras, de fácil entendimento e disponíveis no momento em que foram requeridas. Quando isso ocorre, a tomada de decisão, isto é a ação, para medidas corretivas, seja através de pequenas alterações na programação ou do replanejamento das atividades, fica facilitada.

2.1.3. A Dimensão Vertical do Planejamento

Durante o processo de planejamento são tomadas decisões acerca do nível de detalhe que os planos devem ter, o que corresponde na literatura à dimensão vertical do planejamento. Laufer e Tucker (1987) dividem a dimensão vertical do planejamento em três níveis hierárquicos: Estratégico, Tático e Operacional, os quais serão discutidos a seguir.

- **Planejamento Estratégico ou de Longo Prazo:** esse tipo de planejamento está relacionado à definição dos objetivos do empreendimento a partir da perspectiva do perfil do cliente (FORMOSO *et al.*, 2001).

Segundo Bernardes (2001) e Formoso *et al.* (2001), as atividades desenvolvidas nesse tipo de planejamento englobam a coleta de informações provenientes da preparação do processo de planejamento, ou seja, da primeira fase da dimensão horizontal. Em seguida é elaborado e difundido um plano de longo prazo (chamado de Plano mestre), onde são definidos os ritmos de produção para as equipes de produção e são empregadas técnicas de planejamento, tais como as discutidas no item 2.2.1.2. Com base nessas informações é gerado um

fluxo de caixa mais detalhado do que o que existia no início do empreendimento.

A partir do plano de longo prazo também é definida a programação de compra de recursos cujo o ciclo de aquisição é longo e possui baixa repetitividade, onde o lote de compra, geralmente, é adquirido com o total da quantidade a ser utilizada na construção. Após a difusão da programação desses recursos, segue-se a compra, a contratação de mão de obra e compra/aluguel de equipamentos (BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 2001).

- **Planejamento tático ou de Médio Prazo:** gerencia um intervalo de tempo de uma semana a um ano (HOPP; SPEARMAN, 2000). Este nível é responsável por fazer a associação entre o planejamento de longo prazo e o de curto prazo. Como tende a ser móvel, é comumente denominado de *look ahead planning*, ou seja, “planejamento olhado para frente”. (BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 2001).

Uma das principais funções do planejamento de médio prazo é a remoção de restrições associadas à realização dos pacotes de trabalho no sistema de produção. Uma vez definidos estes pacotes, identificam-se informações ou recursos (materiais, mão de obra, espaço, equipamentos) necessários à execução e que ainda não estão disponíveis. Os pacotes de trabalho com suas restrições removidas podem ser selecionados para o plano de curto prazo (BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 2001).

- **Planejamento operacional ou de Curto Prazo:** em geral, tem um horizonte de planejamento maior ou igual a uma semana (HOPP; SPEARMAN, 2000). Esse tipo de planejamento tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Nele são atribuídos recursos físicos (mão de obra, equipamentos e ferramentas) às atividades programadas no plano de médio prazo, bem como é feito a divisão dessas atividades em pacotes menores, denominados de tarefas (BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 2001), como visto anteriormente no item 2.1.1.

Esse tipo de planejamento se inicia com a elaboração de uma lista de tarefas que podem ser realizadas por possuírem recursos disponíveis. Essas tarefas são atribuídas às equipes de trabalho em função da sua prioridade, de forma a compor os pacotes de trabalhos semanais. O critério de escolhas de prioridade dessas tarefas refere-se ao quão críticas elas se apresentam no planejamento de médio prazo. Por ter ênfase no comprometimento das equipes com as metas estabelecidas, na literatura pode-se encontrar esse tipo de planejamento denominado por *commitment planning* (BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 2001). Durante a execução da obra, são identificados os motivos pelos quais o planejamento não está sendo cumprido, de forma a se definir medidas corretivas para evitar a reincidência. Para isso, são utilizados indicadores como o PPC (Porcentagem da Programação Concluída), o qual estabelece uma razão entre o total de pacotes de trabalho concluídos e o total de pacotes de trabalho programados (BERNARDES, 2001).

2.2. O Processo de Orçamentação na Construção

Esta seção tem por objetivo apresentar os principais conceitos de orçamentação, além de trazer uma breve discussão acerca do orçamento convencional e do orçamento operacional.

2.2.1. Conceitos Básicos

No setor de construção, o sucesso de uma empresa pode estar diretamente relacionado à sua capacidade de estimar um projeto com precisão e controlar os custos, bem como completar o projeto dentro do orçamento (POPESCU; PHAOBUNJONG; OVARARIN, 2003). Dentro do processo de orçamentação na construção civil existem três grandes atividades: a estimativa de custos, a elaboração do orçamento e o controle de custo.

A estimativa de custos é o processo de previsão de custos de construção, assim a determinação de preços é realizada a partir das listas de quantidades que são preparadas de acordo com um método de medição padrão da empresa

(AKINTOYE; FITZGERALD, 2000). A quantidade de serviço é calculada, geralmente, a partir de projetos, ou quando não existirem, são feitas correlações com características de outros projetos ou de outros serviços anteriormente executados (ANDRADE; SOUZA, 2003). Uma das formas de se determinar o custo estimado, de acordo com a NBR 12721, é utilizando-se o custo unitário básico (CUB) correspondente ao projeto-padrão que mais se assemelhe ao do empreendimento a ser construído.

O levantamento de quantitativo, por ser um processo manual, pode ser muito tedioso e demorado (FORMOSO *et al.*, 1984⁸ *apud* CABRAL, 1988), contudo, pode-se utilizar recursos eletrônicos a depender da preferência ou da disponibilidade de ferramentas que o orçamentista tem acesso (ALDER, 2006). Alguns desses recursos podem ser: planilhas eletrônicas e banco de dados, CAD e o *Building Information Modeling* (BIM) (ALDER, 2006), cujas propriedades e aplicações para orçamento serão discutidas no Capítulo 3.

A elaboração do orçamento se dá com base na discriminação dos serviços a serem realizados, do levantamento dos quantitativos a eles associados e com a definição dos custos unitários oriundos da composição de serviços. A partir do orçamento é possível analisar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento, gerar cronogramas físico-financeiros, avaliar cenários alternativos com diferentes orçamentos, realizar o acompanhamento sistemático da aplicação da mão de obra e materiais para cada etapa das atividades executadas; além de ser possível conhecer o número de operários para cada uma dessas etapas (KNOLSEISEN, 2003). A descrição de dois dos principais tipos de orçamento encontrados da literatura é apresentada nos itens 2.2.2 e 2.2.3.

Com relação ao controle de custos, um sistema de controle consiste em fazer medidas de desempenho, julgando-as contra valores referenciais e tomando as devidas ações de controle necessárias. Na ausência de informações

⁸ FORMOSO, C. T. et al. **Construção civil; orçamento de obra: uma nova visão**. Cotação da construção, v.2, p. 6-7, 1984.

formais de monitoramento, essa ação de controle pode ocorrer com base em sistemas de informação informais, tais como, palpites; crenças e conselhos (AL-JIBOURI, 2003).

Segundo o PMBOK (2000), o controle dos custos inclui:

- monitorar o desempenho do custo para detectar as variações;
- assegurar que todas as mudanças pertinentes estão registradas corretamente na linha de base de custo;
- impedir que mudanças incorretas, não apropriadas ou não autorizadas sejam incluídas na linha de base de custo;
- informar adequadamente as partes envolvidas das mudanças realizadas.

Algumas técnicas tradicionais de acompanhamento e controle de custos são as unidades físicas completadas, percentual (*ratios*), curva ABC, entre outros. As unidades físicas completadas e os percentuais permitem o controle através da comparação dos custos previstos com os custos executados. Segundo Solano⁹ (1995) *apud* Solano (2003), é possível fazer o controle através da comparação da curva ABC real do projeto a ser executado, com as curvas praticadas pela empresa, de forma a corrigir rumos e estabelecer os objetivos gerais e específicos da política de suprimentos e mão-de-obra.

Outra técnica que permite o controle integrado de informações de custos e planejamento é Análise do Valor Agregado ou *Earned Value Analysis* (EVA). A Análise do Valor Agregado integra medições custo e acompanhamento do cronograma para auxiliar a equipe de gerência do projeto a avaliar o desempenho do projeto (PMBOK, 2000). Com essa técnica, os preços originais da proposta são usados, juntamente com o cronograma, para estabelecer metas de custos em função do tempo. Assim, à medida em que o serviço progride, o valor real executado é avaliado tanto em função dos valores originais planejados quanto do valor orçado para aquele serviço que foi executado (AL-JIBOURI, 2003). Embora essa técnica seja relativamente popular, ela requer muito mais

⁹ SOLANO, R. **Qualidade em Gerenciamento**. CPGEC/PUCRS. Porto Alegre, 1995. 43p

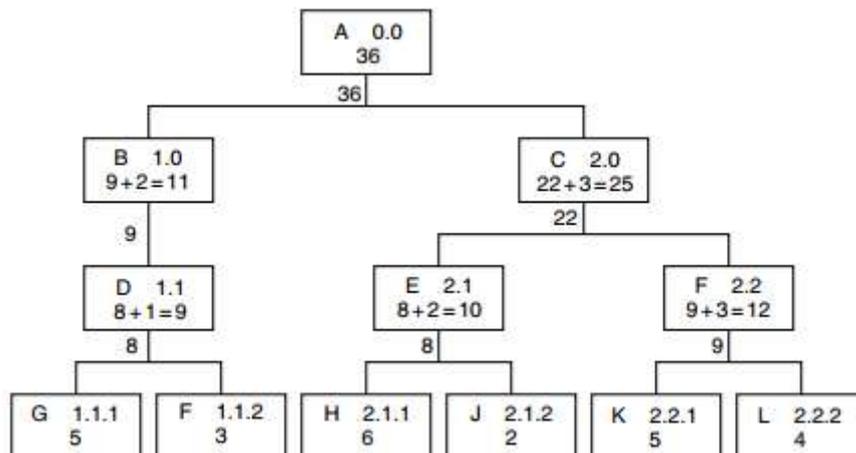
dados e esforço para calcular do que os outros tipos de técnicas, e como produz um grande número de parâmetros de comparação, o seu uso e a comunicação entre os envolvidos ficam dificultados (AL-JIBOURI, 2003).

2.3.1.1. Estrutura Analítica de Custos (EAC)

Do mesmo modo que ocorre com os itens de planejamento, os itens de custos do orçamento podem ser decompostos e hierarquizados por pacotes de trabalho para facilitar seu processo de discriminação e controle dos serviços executados.

A Estrutura Analítica de Custos (EAC) é similar à EAP utilizado no planejamento, com a diferença que o foco está na forma como os custos do empreendimento são orçados e organizados (WAYNE, 2013). Para o autor, a EAC é a decomposição da estimativa de custos em tarefas individuais ou grupos de tarefas para uso no orçamento e controle de custos. Assim, enquanto que a EAP é detalhada em nível dos pacotes de trabalho a serem executados em campo pelos trabalhadores, a EAC é detalhada a nível do custo de cada um desses pacotes de trabalho.

A Figura 2 representa esquematicamente um exemplo de EAC. A EAC é composta de múltiplas camadas ou níveis que começam com uma visão geral até chegar aos custos detalhados. Assim, é mais fácil revisar os custos a um nível geral, para em seguida concentrar-se nos detalhes, conforme necessário, e analisar as variações identificadas (WAYNE, 2013). Para o referido autor, existem semelhanças significativas entre EAP e EAC, não é incomum, e na verdade o ideal é que para cada tarefa do planejamento exista um custo associado ao seu desenvolvimento. Além disso, as hierarquias dessas estruturas devem se corresponder numericamente.

Figura 2 - Representação esquemática da EAC

Fonte: Lester (2006)

A correspondência numérica da EAP com a EAC se justifica quando se pensa a nível de controle do planejamento e dos custos do empreendimento. Por isso, Jung e Kang (2007) trazem que o conceito de progresso da construção mais comumente entendido implica em “trabalho concluído” e ao seu “custo associado”.

Portanto, quando é utilizada a mesma estrutura de controle tanto para o acompanhamento da execução dos serviços como para a aferição dos custos reais de produção, ou seja, quando os pacotes de trabalho adotados por ambas as equipes se correspondem, o controle é mais efetivo. O fato do controle ser simplificado e ser mais efetivo traz como benefício a redução de custos não planejados, já que qualquer desvio nos custos será imediatamente identificado, além de promover a integração entre as equipes de orçamento e planejamento, e também permite um melhor planejamento e controle do fluxo de caixa do empreendimento.

2.2.2. Orçamento Convencional

Os dois tipos de orçamento mais comumente encontrados na literatura são o orçamento convencional e o orçamento operacional ou executivo. Eles diferem entre si essencialmente pela maneira como a orçamentação é realizada.

Segundo Cabral (1988), o orçamento convencional é uma estimativa de custos que resulta na discriminação da obra em seus diferentes serviços, os

quais têm suas quantidades determinadas e associadas a um custo unitário. Portanto, o parâmetro orçado neste caso é o serviço.

Antes de se dar início ao processo de orçamentação convencional, é necessário saber quais serviços serão orçados e como serão executados. Essas informações são encontradas na discriminação orçamentária e nos cadernos de encargos. Assim, de posse dessas informações é feita a orçamentação independente de cada um desses serviços a partir de três variáveis: quantitativo dos serviços, composição unitária dos serviços e preço dos insumos (CABRAL, 1988).

Segundo Barnes e Thompson (1971)¹⁰ *apud* Kern (2005), os orçamentos convencionais não passam de uma simples lista de preços estimados dos elementos construtivos, sem considerar custos relacionados aos métodos e duração das atividades de produção. Ainda segundo os autores, este tipo de orçamento não produz valores reais, tendo em vista o grande número de situações na construção nas quais os custos não são proporcionais às quantidades levantadas.

Outro problema, é que o orçamento tradicional também não reflete a maneira pela qual o trabalho é conduzido no canteiro, pois os itens são agrupados por equipes, independentemente de onde o trabalho ocorre ou da dificuldade de construção (STONE, 1975¹¹ *apud* CABRAL, 1988).

De um modo geral, ao se executar o orçamento convencional, ou seja, como ele é mais tradicionalmente elaborado, mesmo que o orçamentista esteja ciente da técnica construtiva que vai ser empregada em campo, as particularidades no que diz respeito à sua influência no custo do empreendimento não é considerada. O orçamentista não tem conhecimento de como a organização espacial do ambiente de construção ou das equipes vai afetar o custo final do empreendimento.

¹⁰ BARNES; N.M.; THOMPSON, P.A. **Civil engineering bill quantities**. London: CIRIA, 1971.

¹¹ STONE, P. A. Building economy. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1975.

2.2.3. Orçamento Operacional ou Executivo

A noção de orçamento operacional surgiu para adequar as informações fornecidas pelo orçamento aos dados obtidos em campo segundo o conceito de operação. Assim, o orçamento operacional está estreitamente relacionando ao momento (tempo) de execução das operações na obra (CABRAL, 1988).

No orçamento operacional, ao contrário do orçamento convencional, o trabalho não é adotado apenas como unidades de trabalho, mas como uma operação completa, ou seja, na forma que se espera que o trabalho seja realizado (CABRAL, 1988).

A maior distinção entre o orçamento convencional e o operacional é o fator tempo. Enquanto o primeiro é feito com base na obra finalizada, ou seja, desconsiderando a etapa de execução, o segundo baseia-se numa programação prévia analisando o processo executivo para estimar um valor final de orçamento (CABRAL, 1988). Assim, o orçamento pode ser elaborado para cada período desejado, ou seja, semanas, quinzenas ou meses (SANTOS *et al.*, 2009).

Segundo Cabral (1988), esse tipo de orçamento está diretamente ligado a três funções da administração: planejamento, controle e coordenação. Em relação ao planejamento, ao fazer a programação da obra, o orçamento operacional estará criando também metas ao longo da execução do empreendimento. O controle se dará por meio da comparação dos resultados com as metas de orçamento programadas, fazendo as devidas correções caso necessário. Já em relação à coordenação, o orçamento operacional permite uma maior integração entre os diversos departamentos ou funções da empresa, já que a sua elaboração envolve a participação de vários departamentos.

Algumas das vantagens do uso do orçamento operacional apresentadas por Formoso *et al.* (1984) *apud* Cabral (1988) são citadas a seguir:

- aumento do poder de tomada de decisão;
- balanceamento das equipes a partir de uma pré-programação;
- previsão de custo de mobilização e desmobilização de mão de obra ao longo do tempo;

- melhor administração da compra de materiais e equipamentos, pois é possível saber quando material e equipamento será utilizado, e em que quantidade;
- previsão de custos improdutivos de algumas operações, inclusive de equipamentos.

Dentre as desvantagens do orçamento operacional, os referidos autores citam:

- aumento do trabalho despendido pelo orçamentista;
- maior necessidade de conhecimento do processo executivo quando comparado com o convencional;
- maior tempo de elaboração;
- imposição de uma rigidez à programação da obra, já que a alocação dos custos é atrelada a períodos pré-determinados.

O orçamento operacional traz uma visão mais integrada dos custos com o planejamento da produção, seja na definição dos custos estimados ou no controle dos custos desenvolvidos. Ele requer uma visão holística das técnicas empregadas, da definição das equipes, da organização espacial da construção e, principalmente, do período de execução das atividades conforme os pacotes de trabalho definidos.

2.3. Integração do Fluxo de Informações e dos Processos

Esta seção tem a finalidade de apresentar conceitos básicos sobre a integração do fluxo de informações e a integração dos processos de planejamento e orçamentação na construção civil por meio da exposição de alguns estudos sobre o tema.

2.3.1 Integração do Fluxo de Informações na Construção

Num contexto onde conhecimentos e experiências se encontram dispersos pela organização e se concentram geralmente em determinados indivíduos ou unidades de trabalho (CHOO, 1996), a disponibilidade de informações seguras e confiáveis para basear a tomada de decisão e a definição de objetivos estratégicos da empresa, torna-se fundamental (ANGELONI *et al.*, 1999).

A integração de informações visa facilitar o fluxo de informações entre os processos. Com a integração, o esforço de comunicação e coordenação entre as atividades desenvolvidas pelos processos é minimizado. Como o tempo associado ao fluxo de informações entre atividades é um indicador-chave do nível de integração de um processo, quanto menos etapas e transferências de informações requeridas, maior a integração do processo (BERENTE; VANDENBOSCH; AUBERT, 2009).

Berente, Vandenbosch e Aubert (2009) copilaram quatro princípios presentes na literatura para integração de processos, tanto sobre o ponto de vista da integração organizacional como da integração de informações, são eles:

- **acessibilidade** - a informação está disponível para ser utilizada e compartilhada pelas atividades desenvolvidas;
- **prontidão** - a informação está disponível no instante em que for requerida;
- **transparência** – a informação é compreensível e passada de um processo para outro de forma que possa ser entendida, principalmente por meio de uma linguagem comum aos processos;
- **granularidade** - a informação está no nível certo de detalhes requerido, quando em nível adequado permite a eliminação de

atividades que seriam necessárias para decompor ou resumir as informações.

O fluxo de informações é definido, segundo Bernardes (1996), como o ato ou o modo como a informação flui dentro da organização. Já o método utilizado para identificar quais informações são requeridas por cada entidade e onde estas são obtidas é chamado de análise do fluxo de informações (BURCH; STRATER, 1974¹² *apud* BERNARDES, 1996). Uma das técnicas para representar o fluxo de informações é o diagrama de fluxo de dados (DFD), o qual será discutido no capítulo 4 de Método de Pesquisa.

O gerenciamento do fluxo de informações dentro da empresa permeia a gestão do conhecimento, uma vez que a informação é um dos elementos que compõe o conhecimento. Portanto, ao falar em gestão do conhecimento é necessário esclarecer alguns conceitos teóricos, principalmente no que tange à diferenciação entre dados, informação e conhecimento.

Os dados podem ser entendidos como registros ou fatos em sua forma primária, assim quando esses dados são organizados ou combinados de forma significativa (com relevância e propósito), eles se transformam numa informação (DAVENPORT; PRUZAK, 1997). A informação, para os referidos autores, ao contrário dos dados, exige análise e é mais difícil de ser transferida com absoluta fidelidade. Já o conhecimento, é uma informação mais valiosa e difícil de ser gerenciada. Valiosa porque alguém deu à informação um contexto, um significado, uma interpretação, ou seja, alguém acrescentou sua própria experiência à informação.

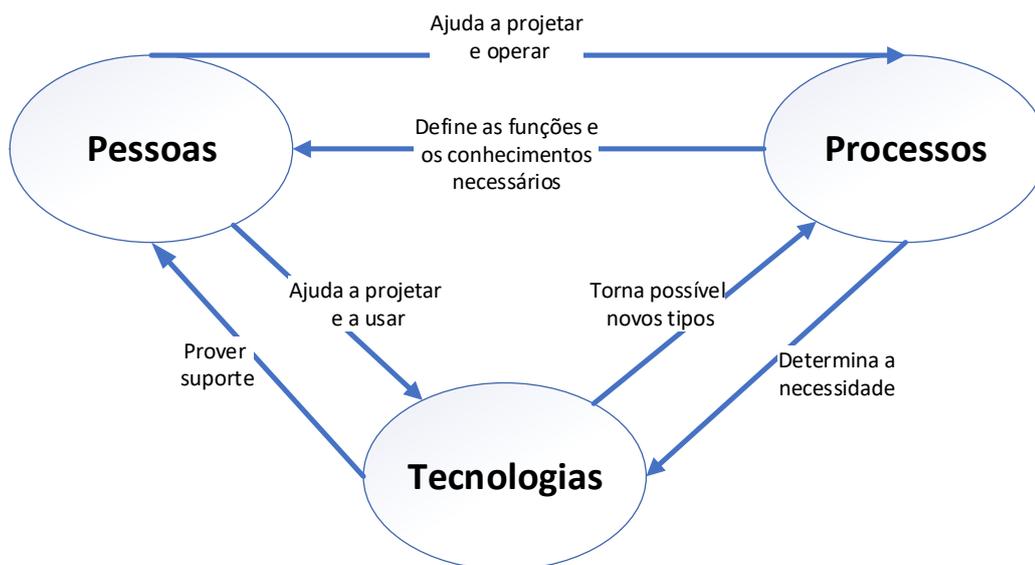
A gestão do conhecimento dentro de uma empresa tem por objetivo organizar e distribuir as informações entre as pessoas e os processos desenvolvidos de forma a aumentar a eficiência na comunicação. Esse tipo de gestão é um processo de gerenciamento contínuo de todos os tipos de conhecimento e requer a adoção de políticas para garantir que o conhecimento

¹² BURCH, J.; STRATER, F. **Information Systems: Theory and Practice**. United States: Wiley/Hamilton Publication, 1974.

esteja disponível quando e onde for necessário, além de poder ser adquirido tanto por fontes externas como internas (QUINTAS; LEFRERE; JONES, 1997).

Segundo Edwards (2011), a gestão do conhecimento é frequentemente descrita compreendendo três elementos básicos: pessoas, processos e tecnologias (Figura 3).

Figura 3 - Os três pilares da gestão de conhecimento



Fonte: Adaptado de Edwards (2011)

As pessoas geram e aplicam conhecimento, além de estimular o seu compartilhamento. As pessoas também ajudam a projetar e operar os processos (EDWARDS, 2011; HOSSEINI *et al.*, 2014).

O processo diz respeito aos métodos para obter, gerar, organizar, compartilhar e transferir conhecimento. É através dele que são definidas as funções de cada pessoa na organização. Neste caso, o termo processo se refere aos negócios da organização em questão, não apenas às atividades de gestão de conhecimento dentro da empresa (EDWARDS, 2011; HOSSEINI *et al.*, 2014).

Já a tecnologia envolve mecanismos que armazenam e fornecem acesso a bancos de dados e a conhecimentos gerado por pessoas em diferentes locais, o que não precisa ser necessariamente um software (EDWARDS, 2011; HOSSEINI *et al.*, 2014).

Portanto, as pessoas desenvolvem e operam os processos, bem como desenvolvem e fazem uso das tecnologias. Já os processos definem as funções

das pessoas e os conhecimentos necessários para que estas os operem, e eles também são responsáveis por definir o tipo de tecnologia que será usada. Por fim, a tecnologia dá suporte às pessoas que operam os processos e permite o desenvolvimento de novos processos.

Como a informação constitui-se a base do conhecimento em qualquer tipo de empresa, seja ele entre pessoas, processos ou tecnologias, a empresa deve promover a captação, o tratamento, o armazenamento e a difusão de informações internas e externas ao seu ambiente (ANGELONI *et al.*, 1999). Da mesma forma que nas empresas, o contínuo compartilhamento interdisciplinar de dados, conhecimentos e objetivos entre os participantes do projeto de construção é um processo que deve ser integral (KHALFAN; RAJA, 2012).

Na construção civil, a integração entre as pessoas ocorre desde a fase de projeto até o estágio de manutenção e operação. Para Lin *et al.* (2005), quando a gestão do conhecimento se dá na fase de construção, esta visa coletar e compartilhar, de forma efetiva e sistemática, a experiência e o conhecimento do projeto através das tecnologias adotadas pela empresa. Assim, a reutilização de informações e conhecimento adquiridos reduz o tempo e o custo para resolver problemas desnecessários, além de melhorar a qualidade das soluções durante a fase de construção de um empreendimento.

Ao longo dos estágios da construção, vários processos são desenvolvidos, tais como, o desenvolvimento de projetos, orçamentos e planejamento de produção, execução da obra, acompanhamento e controle da produção, entre outros. Para isso, cada pessoa envolvida nos processos precisa de informações específicas para desenvolver seu trabalho. Essas informações, além de serem transferidas e compartilhadas entre pessoas diferentes, também são compartilhadas entre esses diferentes processos. Tais processos usam diferentes tecnologias que precisam se comunicar de forma que a informação não esteja desagregada ou confusa, mas que tenha qualidade suficiente para permitir a integração em todas as etapas da construção.

Algumas vantagens de se adotar uma abordagem integrada foram sintetizadas por Khalfan e Raja (2012), conforme estudos sobre o tema pesquisados pelos autores. Nas vantagens listadas a seguir é possível visualizar

os benefícios sob uma perspectiva de pessoas, processos e das tecnologias envolvidos:

- todas as pessoas têm acesso aos dados e informações mais recentes;
- armazenamento mais eficiente de dados;
- sistemas mais facilmente mantidos;
- fluxo rápido de informação;
- melhor tomada de decisão;
- melhor coordenação;
- melhores soluções técnicas devido ao *feedback* eficaz;
- controle e gerenciamento de qualidade aprimorados devido a melhores procedimentos e monitoramento.

Independentemente dos benefícios alcançados, para Davenport e Prusak (1997), a verdadeira integração não ocorre sem que haja mudanças nas abordagens de gerenciamento e na estrutura organizacional da empresa.

2.3.2 Integração dos Processos de Planejamento e Controle da Produção e Orçamentação

O principal objetivo de se monitorar o escopo, o custo e o tempo ao longo da construção do empreendimento é facilitar a detecção antecipada de atividades problemáticas que estão ultrapassando o orçamento ou que estão atrasadas. Contudo, na prática o acompanhamento dessas informações é realizado usando processos separados, o que leva a inconsistências entre as informações e a imprecisões ao se determinar o status do custo e do cronograma (STAUB; FISCHER, 1999). Além disso, segundo os referidos autores, as informações de custo e planejamento são geradas e mantidas por diferentes pessoas que organizam as informações de maneiras diferentes para apoiar sua própria visão do projeto.

O controle de custo e de planejamento compartilham dados de custo orçado, os recursos e as quantidades de serviços, além de compartilhar os dados reais de recursos empregados e as quantidades produzidas (CARR, 1993). Devido a essa característica, a definição do prazo de execução da obra influencia

diretamente nos custos da mesma, principalmente, quando se considera os diferentes equipamentos utilizados, os materiais e número de equipes contratadas, impactando diretamente no desembolso mensal (ANDRADE; SOUZA, 2003).

A integração de informações de custo e planejamento pode ser entendida como um esforço para controlar as informações de custo e programação, simultaneamente, por meio de um único parâmetro controlável (CHO; RUSSEL; CHOI, 2012). A descoberta desse fator em comum é o principal desafio na integração de sistemas. Com sua descoberta, os processos podem torna-se consistentes entre as disciplinas e ambientes de trabalho, além de permitir a transferência de dados e informações entre as disciplinas (MUELLER, 1986).

Segundo Staub e Fischer (1999), ao se pensar num modelo integrado alguns problemas devem ser discutidos, tais como, a integração das informações desde o início da construção, as relações entre as diferentes representações hierárquicas de escopo, a definição de custo e tempo, e a definição da informação a ser compartilhada.

Com o objetivo de integrar dados de custos, planejamento e acompanhamento da produção, Cho, Russel e Choi (2012) apresentaram uma nova abordagem de integração a partir de quatro problemáticas identificadas: (a) falta de um esquema integrado de informação; (b) modelos com estrutura fixa e unidirecional; (c) falta de aplicação de técnicas sofisticadas; e (d) ausência de um método de validação apropriado. Para isso o trabalho se propôs a atender quatro objetivos: (a) prover uma estrutura de banco de dados integrada; (b) prover um banco de dados significativo, multifuncional e com múltiplas perspectivas; (c) prover um sistema de implementação de fácil acesso e flexível; e (d) prover um método apropriado para medir a praticidade do sistema proposto.

Cho, Russel e Choi (2012) identificaram alguns dos principais entraves relacionados à integração, dentre os quais está a diferença no nível de detalhe entre as estruturas analíticas de custos e projeto (EAC e EAP). Para superar este problema e propor seu próprio método, os autores fizeram um levantamento dos principais modelos propostos para integração identificando os problemas associados aos mesmos, os quais estão resumidamente descritos a seguir:

Os primeiros modelos foram os “**Modelos baseados em EAP**” ou “*WBS-based Models*” (TEICHOLZ, 1987¹³; KIM, 1989¹⁴; ELDIN, 1989¹⁵; HENDRICKSON AND AU, 1989¹⁶), os quais vinculavam um item de custo a um item de programação com base na suposição de que a EAC fornece funções de custo e a EAP fornece funções de planejamento. Ou seja, são estruturas independentes que podem ser associadas umas às outras. Contudo, a estrutura hierárquica permite apenas uma representação fixa e direcional entre EAP e EAC, o que dificulta a representação sob várias perspectivas. Além disso, um nível mais baixo de informação é sempre dependente de um nível mais alto de item, o que é inadequado para representar vários níveis de detalhes, já que pode causar uma estrutura de dados complexa e com redundâncias de dados.

O “**Modelo de Classificação Facetada**” ou *Faceted Classification Model* (KANG; PAULSON, 1998) propôs uma classificação padrão chamado de Sistema de classificação de informações de construção, ou *Construction Information Classification System (CICS)*, combinado com um sistema de codificação de projeto. O sistema de notação era composto de quatro facetas: “Facilidade, Espaço, Elemento e Operação”. Este modelo era inadequado para projetos de construção que têm relações complexas entre dados elementares, operacionais, organizacionais e espaciais. Além disso, embora sendo possível que o sistema de codificação envolvesse todas as unidades de informação em sua série de códigos, era inevitável que o sistema de codificação exigisse um código consideravelmente mais longo e um sistema de banco de dados complexo para suportar perfeitamente várias funções de controle.

O **Modelo de Pacote de Trabalho** ou *Work-packaging Model (WPM)* vem sendo aceito como a maneira mais ampla de integrar dados de custo e

¹³ TEICHOLZ, P. **Current needs for cost control systems**. Project controls: Needs and solutions (Proc. Speciality Conf.), C. W. Ibbs, D. B. Ashley, eds., ASCE, 47-57, 1987

¹⁴ KIM, J. **An object-oriented database management system approach to improve construction project planning and control**. PH.D. THESIS, UNIVERSITY OF ILLINOIS, URBANA, ILL, 1989.

¹⁵ Eldin, N. N. Measurement of work progress: quantitative technique. **J. Constr. Eng. Manage.**, v.115(3), p.462-474, 1989.

¹⁶ HENDRICKSON, T.; AU, T. *Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1989.

cronograma. Dentre os benefícios citados pelos autores, este tipo de modelo elimina a EAC e adiciona dados de custo na EAP. Contudo, este modelo ainda depende da estrutura hierárquica fixa com perspectivas e níveis de detalhamento limitados.

Diante dos modelos expostos, Cho, Russel e Choi (2012) listaram os seguintes requisitos para um método de integração de planejamento e custos:

- permitir que o usuário acesse informações multifuncionais, com múltiplas perspectivas e com nível de detalhe que permita um número tão pequeno de contas de controle quanto possível;
- deve ser funcional e com capacidade de suportar múltiplas perspectivas e níveis de detalhe, a fim de satisfazer vários aspectos desejados de acordo com várias equipes de projeto; e
- deve ser compatível com bancos de dados históricos, padrões de classificação e práticas estabelecidas.

Dessa forma, Cho, Russel e Choi (2012) propuseram um modelo baseado nas unidades de informação essenciais: O QUE (componente físico ou funcional identificado por codificação), COMO (métodos de construção e relações contratuais), ONDE (localização), QUEM (responsáveis), POR QUÊ (consulta a documentos referencias para concluir uma tarefa) E QUANDO (previsão de início e fim). Embora os referidos autores admitam o avanço na área de tecnologia da informação, o método é baseado em planilhas de *Excel*, já que considera que é uma ferramenta familiar, fácil, flexível e poderosa, além de ser comumente acessível em todos os computadores pessoais, ao contrário de alguns softwares que normalmente exigem conhecimento profissional ou contratação de funcionários qualificados.

O método de Cho, Russel e Choi (2012) foi implementado em um estudo de caso piloto e avaliado, considerando aspectos qualitativos, ou seja, que a informação deve ser significativa e suficiente, e aspectos quantitativos, ou seja, que informação deve ser eficiente o suficiente para controlar, reduzindo tempo, esforço e despesas para entrada, processamento e saída de dados.

O método proposto apresentou alguns benefícios em relação ao método do pacote de trabalho, tais como, uma estrutura flexível e composta de pequenos

lotes de unidades de informação em vez de uma estrutura hierárquica fixa, além de clareza e facilidade de uso por utilizar ferramentas acessíveis e de fácil entendimento. Contudo, não promoveu a integração entre as equipes de campo e escritório para definição das unidades de controle, e também não favoreceu o uso de novas tecnologias para facilitar o desenvolvimento das atividades associadas ao método proposto. Como exemplo, tem-se o levantamento quantitativo que não contemplou a integração com as informações geométricas do projeto de forma a melhorar a visualização das atividades programadas e a análise de cenários alternativos de construção.

Assim como Cho, Russel e Choi (2012), Kern (2005) também propôs um modelo para integração de dados de custos e planejamento. Um breve resumo deste trabalho já foi apresentado no capítulo de introdução, contudo destacam-se as diretrizes gerais estabelecida pela autora para implementação do modelo integrado desenvolvido pela mesma. As diretrizes, descritas a seguir, trazem alguns conceitos importantes para servirem de base tanto para orientar a implementação como identificar requisitos para desenvolvimento de modelo integrados.

- **Evento inicial** – deverá ser realizada uma reunião com as pessoas envolvidas na implementação do modelo para apresentar e discutir os principais conceitos e ferramentas que compõem o modelo de planejamento e controle de custos. Essa reunião deve ocorrer no início do empreendimento, para que se possa integrar, motivar e comprometer os processos e seus respectivos responsáveis em rumo ao sucesso do empreendimento.
- **Definir papéis dos envolvidos** – o papel das pessoas nos processos deve estar claramente definido. Além disso, deve-se estabelecer o fluxo de informação na empresa, ou seja, qual pessoa e qual processo disponibiliza que tipo de informação e para quem. Essa definição deve ser feita em conjunto com os envolvidos, uma vez que pode variar de empresa para empresa.

- **Treinamento dos envolvidos** – o treinamento já é previsto durante o evento inicial, mas outros treinamentos podem ser programados para fazer simulações do funcionamento do modelo.
- **Criar documentos da empresa** – as empresas devem criar, adaptar e registrar os documentos necessários para a integração em função dos programas e ferramentas computacionais disponíveis em cada empresa.
- **Realização de reuniões para apresentação dos resultados** – a participação de diretoria é de fundamental importância, a qual será responsável por motivar a participação dos funcionários. Essa reunião deve ter um caráter formal, com dia e horários marcados e participação obrigatória dos envolvidos.
- **Analisar causas de desvios para tomar decisão** – os desvios de planejamento e custos identificados devem ser corrigidos a tempo e algumas das suas principais causas podem ser: orçamento equivocado; alterações no projeto, processo construtivo, contrato ou fornecedores; e/ou atraso na produção.
- **Implementar o modelo a partir do sistema de planejamento e controle da produção** – a implementação do modelo deve partir de uma perspectiva do planejamento de longo prazo, considerando que podem ocorrer alterações nos níveis de médio e curto prazo.

A integração entre os processos dentro de uma empresa é facilitada quando se dispõe de um fluxo adequado de informações. Essa integração permite uma melhor comunicação quando as informações se encontram acessíveis e transparentes ao longo dos processos. Devendo contar com o nível adequado de detalhes para suprir os requisitos de informações de todos os envolvidos. A gestão desse conhecimento compreende os processos desenvolvidos pela empresa, as pessoas responsáveis pelos mesmos, bem como as tecnologias adotadas. Esses três elementos interagem entre si e provocam transformações uns nos outros conforme as suas demandas.

Na construção civil, a integração ocorre entre os mais diversos processos desenvolvidos nas fases de projeto, orçamento, planejamento, execução e operação. A associação das informações de orçamento e planejamento é fundamental, principalmente, devido ao compartilhamento de dados de custos, recursos e quantidades de serviços, tanto previstos como empregados. Vários modelos foram propostos para facilitar a integração de planejamento e orçamento, dentre eles destaca-se o modelo de pacote de trabalho que elimina o uso de uma estrutura de custos independente associando os dados de custos à estrutura analítica de projeto. Para se implementar modelos integrados de custo e planejamento deve-se observar que alguns dos requisitos são que todos os participantes tenham conhecimento do método de integração, bem como de suas responsabilidades. Estes também devem participar dos treinamentos e das reuniões para discussão dos resultados, de forma a agilizar a tomada de decisão.

3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) E SUA INTEGRAÇÃO COM OS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os principais conceitos relacionado ao *Building Information Modeling* e o seu uso para planejamento e controle da produção, bem como na estimativa de custos da construção.

3.1 Definições Básicas

O BIM permite que uma construção seja representada por objetos inteligentes que contêm informações detalhadas do projeto de construção, as quais se relacionam entre si (EASTMAN *et al.*, 2011). Para Eastman *et al.* (2011), o BIM não só altera a forma como os desenhos e as visualizações das construções são criados, mas também alteram os processos-chave envolvidos na sua criação, tais como, a forma como os requisitos dos clientes são coletadas para a conceituação de projeto, a análise de alternativas de configuração de projeto, a colaboração entre membros da mesma equipe e entre diferentes disciplinas de projeto, a operação e manutenção da edificação, entre outros processos.

Para Kymmell (2008), os principais benefícios associados ao uso do BIM são a melhoria da visualização e da colaboração, além da possível eliminação de riscos e desperdícios. A visualização está relacionada à melhoria no entendimento do que está sendo representado no projeto devido ao uso de modelos 3D. A colaboração refere-se à melhoria da comunicação entre os envolvidos, já que o BIM fornece uma fonte para o gerenciamento de informações que também podem ser retroalimentadas ao BIM. Já a eliminação, segundo o referido autor, compreende à redução de riscos e desperdícios, através da identificação antecipada de conflitos ou de procedimentos mais eficientes de construção.

Existem dois conceitos importantes relacionados ao entendimento do BIM, são eles: Modelagem paramétrica e Interoperabilidade. Segundo Eastman *et al.* (2011), o primeiro refere-se um tipo de modelagem onde os objetos são representados por parâmetros e regras que determinam a geometria, bem como

algumas propriedades e recursos não-geométricos. Já o segundo pode ser entendido como a capacidade de troca de dados entre aplicativos, melhorando os fluxos de trabalho e, às vezes, facilitando sua automação.

A modelagem pode ser entendida como o processo de inserção dos diferentes objetos que representam elementos construtivos em um modelo do edifício (SCHEER; AYRES FILHO, 2009). A modelagem paramétrica permite testar diferentes configurações sem recomeçar do início, pois pode-se alterar os parâmetros no modelo paramétrico para procurar diferentes alternativas de soluções para um problema em questão. A partir dessas alterações, o modelo paramétrico responde às mudanças adaptando ou reconfigurando os novos valores dos parâmetros sem a necessidade de apagar ou redesenhar componentes (HERNANDEZ, 2006; FLORIO, 2009).

A interoperabilidade, segundo Eastman *et al.* (2011), representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão. Dessa forma, ela se baseia no intercâmbio de formatos de arquivos. Diante disso, por iniciativa da *International Alliance of Interoperability* (IAI) foi desenvolvido um padrão aberto para captura e troca de informações comuns de estruturas de dados chamado IFC (*Industry Foundation Classes*). O padrão IFC tornou possível compartilhar e exportar informações de construção entre diferentes IFCs compatíveis com aplicações BIM (HALLBERG; TARANDI, 2011). Esse formato pode ser utilizado no planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edificações, mas para que um fluxo contínuo de informações possa ocorrer, três fatores devem ser considerados: o formato no qual a informação é trocada, um entendimento comum a respeito do significado da informação que está sendo trocada, e a definição de qual informação deve ser trocada e quando essa troca deve ocorrer (SCHEER; AYRES FILHO, 2009).

Para Eastman *et al.* (2011), também é necessário entender o nível de detalhamento que os proprietários desejam para um modelo de construção de seu projeto. O nível de detalhamento ou *Level of Detail* teve seu conceito ampliado para nível de desenvolvimento ou *Level of Development* (LOD) por

aumentar o nível de confiança que os usuários têm nas informações contidas no modelo BIM (Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, 2016).

O *Level of Development* (LOD) especifica a informação que o modelo deve conter, de acordo com seu uso, em diferentes estágios do ciclo de vida do projeto (BONTON; KUBICKI; HALIN, 2015). Assim, o LOD permite que os usos e níveis de confiabilidade dos modelos BIM sejam definidos pelos seus autores de forma que outros usuários possam compreender com clareza os limites de utilização desses modelos (CBIC, 2016). O *American Institute of Architects* apresenta cinco níveis de desenvolvimento que abrange do LOD 100 ao LOD 500. Estes evoluem gradualmente em nível de informações no modelo desde uma representação genérica da construção para uso no projeto conceitual, até modelos com elemento de construção mais específicos. Assim, com mais informações associadas, os modelos com maior LOD podem ser utilizados para gerar documentos de construção, para projetos de fabricação ou até mesmo incorporar elementos para operação e gerenciamento de *facilities*.

3.2 Modelagem BIM e o Processo de Planejamento e Controle da Produção

As tradicionais ferramentas de planejamento de atividades da construção, como mencionando no capítulo anterior de integração do planejamento e controle da produção, falham em representar e comunicar os componentes espacial e temporal do planejamento de construção eficientemente, o que não permite aos gerentes de projeto produzir rapidamente alternativas para obter a melhor solução para desenvolver certos tipos de projetos (UMAR *et al.*, 2015).

Quando informações temporais são integradas ao modelo BIM 3D, sejam dados previstos ou reais de produção, tem-se o modelo BIM 4D. A partir do modelo BIM 4D é possível testar diferentes cenários de construção segundo a perspectiva de programação de atividades e equipes, além das técnicas construtivas adotadas.

Segundo Umar *et al.* (2015), com a modelagem 4D, todo o período de uma sequência de atividades que é executado por aqueles que estão envolvidos no projeto pode ser apresentado visualmente. Isto pode facilitar a geração de

informações importantes para a equipe, tais como, datas de início e fim dos elementos e sua criticidade, além de visualizações da construção do projeto ao longo do tempo. Assim, a capacidade do modelo 4D em compartilhar conhecimentos minimiza a necessidade de reunir e reformatar essas informações, o que resulta numa melhor precisão e aumenta velocidade no repasso dessas informações.

Alguns dos benefícios da modelagem 4D referem-se ao fato dos modelos 4D poderem ser aplicados para mostrar a sequência de execução, avaliar disponibilidade de espaço, a logística e a solidez do cronograma de execução. Além de permitir aos especialistas avaliar as opções e escolher a melhor delas ainda em fase de concepção (UMAR *et al.*, 2015).

Segundo Eastman *et al.* (2011), existe uma variedade de ferramentas e processos para a elaboração de um modelo 4D, são eles:

- **Método manual utilizando ferramentas 2D ou 3D:** A partir de projetos em CAD 2D ou fornecidos em papel, são criados modelos CAD 3D que são manualmente associados a dados do cronograma de construção para gerar animações 4D. Esse tipo de modelo 4D não contém componentes paramétricos ou relações entre si, ou seja, este fornece apenas uma representação visual do empreendimento.
- **Ferramentas BIM com capacidade 4D:** Pode-se atribuir informações de datas ou períodos de construção a cada objeto, assim pode-se gerar registros ou fotos instantâneas em 4D (“snapshots 4D”) baseados em propriedades ou parâmetros correspondentes a esses períodos. Esse tipo de funcionalidade limita-se à geração de fotos instantâneas em 4D, ou seja, não possui animação.
- **Exportação de 3D/BIM para uma ferramenta 4D e importação do cronograma:** A geometria e algumas propriedades dos componentes do modelo 3D BIM são exportadas para uma ferramenta 4D que é responsável por conectar esses componentes às atividades da construção. Esses componentes podem ter o

comportamento de aparecer e ficar visível na simulação (construção) ou de desaparecer durante a simulação (demolição).

Outras formas de modelagem vêm sendo propostas para a confecção do modelo 4D, principalmente, no que tange a automatização da modelagem e a sua melhor utilização no planejamento e controle da produção.

Ospina-Alvarado *et al.* (2010) sugerem que primeiramente as informações requeridas (quantitativos, geometria, materiais, equipamento, localização espacial, entre outros) devem ser retiradas do modelo 3D, em seguida os pacotes de trabalho devem ser definidos em função desses dados extraídos. Na sequência, deve-se elaborar interativamente um cronograma otimizado, o qual basea-se em fatores como recursos, custo e tempo. Por fim, deve-se executar este cronograma em forma de um modelo 4D.

Chen *et al.* (2013) desenvolveram uma plataforma de trabalho baseada em BIM, simulação de eventos discretos e funções de gerenciamento de banco de dados em MS Access. Primeiramente, as informações do modelo CAD 3D, tais como, levantamentos de quantitativos e a identificação dos elementos do modelo são armazenadas em um banco de dados. Em seguida, estas informações são transferidas para um sistema inteligente de gerenciamento, desenvolvido pelos referidos autores, cuja função é fazer a associação automática das tarefas e otimizar o processo de planejamento, através da busca da melhor solução de acordo com critérios, tais como, duração mínima do projeto e custo mínimo do projeto. Por fim, um sistema dinâmico de banco de dados, também desenvolvido por Chen *et al.* (2013), gera simulação do progresso da construção e permite, ao mesmo tempo, o acesso às anotações e às considerações sobre o projeto do empreendimento.

A abordagem integrada de planejamento baseada em BIM apresentada por Liu *et al.* (2015) se propõe a facilitar a geração automática de um planejamento otimizado sob a ótica da restrição de recursos. Para isto, do modelo BIM são extraídos quantitativos e informações para o planejamento, tais como, a localização e o tipo de elemento de construção. Em seguida, as informações sobre os pacotes de trabalho, definidas por meio de uma Estrutura Analítica de Projetos, armazenadas no MS Access são integradas num ambiente

de simulação denominado *Symphony*. O modelo é otimizado utilizando algoritmos genéticos, conforme informações de prioridades fornecidas pelos pacotes de trabalho e é gerado um planejamento em *MS Project* baseado nesses resultados.

Embora as formas de modelagem possam ser distintas, para Eastman *et al.* (2011), ao se elaborar um modelo 4D existem algumas questões que a equipe de modelagem e o planejador devem considerar, tais como: a finalidade do modelo; o nível de detalhe, a presença de componentes temporários; e a possibilidade de decompor e agregar as atividades planejadas.

O tipo de software utilizado tem grande importância no processo de modelagem 4D, já que pode facilitar ou tornar a modelagem mais trabalhosa em função dos seus recursos. Para Eastman *et al.* (2011), deve-se observar se o software escolhido para modelagem irá atender as necessidades do usuário. Portanto, algumas considerações devem ser realizadas ao se avaliar as ferramentas 4D que serão utilizadas, dentre elas destacam-se:

- capacidade de Importação de BIM: quais formatos de arquivos de BIM os usuários podem importar e que tipos de dados dos objetos a ferramenta importa;
- atualização do modelo BIM 3D: se os usuários podem fundir múltiplos arquivos num único modelo e atualizar partes ou todo o modelo;
- reorganização: se os dados podem ser reorganizados depois de importados;
- componentes temporários: se os usuários podem adicionar, remover e simular o comportamento de componentes temporários;
- análise: se a ferramenta dá suporte a análises específicas, por exemplo, a análise de conflito tempo-espço;
- conexão automática: se os usuários podem conectar automaticamente componentes da edificação aos itens do cronograma baseados em campos ou regras.

Como intuito de avaliar os softwares BIM, Abanda *et al.* (2015) realizaram um estudo sobre 150 pacotes de softwares BIM. Estes foram classificados conforme aplicação, seja ela, arquitetura, infraestrutura, engenharia estrutural,

sustentabilidade, entre outros. Foi realizado um levantamento bibliográfico, pesquisa com empresas e usuários, pesquisa nos sites dos desenvolvedores e consulta à vídeos e blogs na internet, objetivando: (a) a identificação das especificações de cada software; (b) seu formato de importação e exportação, ou seja, sua interoperabilidade; (c) os *plugins* associados; e (d) se estes eram comercializados ou gratuitos. O estudo não se aprofundou em determinar as vantagens e desvantagens, mas procurou esclarecer suas funcionalidades para auxiliar na escolha dos softwares, conforme as necessidades dos usuários.

No Quadro 1 é possível observar características de alguns dos principais softwares para gerenciamento de projetos de construção listados por Abanda *et al.* (2015).

Quadro 1 - Exemplos de software BIM para Gerenciamento / Coordenação de Projetos

Software	Synchro	Aplicações	Detecção de interferências; Otimização de cronograma (4D)
		Formato de Entrada	DWF, IFC
		Formato de Saída	IFC, Primavera P6, <i>MS Project XML</i> , <i>MS Excel</i>
		<i>Plugins</i>	Primavera API <i>Revit</i> , <i>Projectwise</i> , <i>MicroStation</i> , <i>SketchUp</i>
		Disponibilidade	Comercial
	Vico	Aplicações	Coordenação; Levantamento quantitativo; Estimativa de custo (5D); Planejamento; Controle da produção
		Formato de Entrada	IFC, DWG, DXF
		Formato de Saída	XML
		<i>Plugins</i>	<i>Revit</i>
		Disponibilidade	Comercial
	Navisworks	Aplicações	Ferramentas de integração, análise e comunicação que ajudam equipes a coordenar disciplinas, resolver conflitos e planejar projetos antes do começo da construção ou renovação.
		Formato de Entrada	DWF, IFC
		Formato de Saída	3D DWF, DWFx, Google Earth KML
		<i>Plugins</i>	<i>Simlab 3D PDF Exporter</i>
		Disponibilidade	Comercial
Innovaya	Aplicações	Visualização; Coordenação - Programação 4D; Levantamento quantitativo - Estimativa 5D.	
	Formato de Entrada	RVT	
	Formato de Saída	DWG, DXF, IFC	
	<i>Plugins</i>	<i>Innovaya Composer for Revit</i>	
	Disponibilidade	Comercial	

Fonte: Adaptado de Abanda *et al.* (2015)

Fischer *et al.* (2005) argumentam que a construção de um modelo 4D possui numerosos desafios relacionados a geometria, ao planejamento e à associação entre eles. Esses problemas são comuns durante o desenvolvimento do modelo, especialmente, quando os modelos 3D são criados sem conhecimento das necessidades da modelagem 4D e do planejamento da construção, por esse motivo, quando isso ocorre serão despendidos esforços de remodelagem para adaptar a ligação dos elementos do modelo às atividades do planejamento (KYMMEL, 2008). Além disso, outra razão para esses problemas é que a construção do modelo 4D também requer significativa informação de escopo de projeto e do cronograma para que os participantes do projeto possam desenvolver e refinar o processo de modelagem (FISCHER *et al.*, 2005). O escopo, pode ser entendido, segundo o PMBOK (2000), como a soma dos produtos, serviços e resultados a serem fornecidos como um projeto.

3.3 Modelagem BIM e o Processo de Orçamentação

Segundo Shen e Issa (2010), no modo tradicional de estimativas baseado em papel, o tempo gasto no levantamento quantitativo pode ser dividido em três etapas: (a) identificação de itens e suas inter-relações nos projetos e nas especificações; (b) busca das dimensões (leitura direta ou inferência a partir de outros desenhos); e (c) cálculo e agregação das quantidades, comprimentos, áreas e volumes dos itens identificados.

Devido à complexidade desse processo e tendo em conta os seus desvios associados, a estimativa de custos ainda é uma atividade demorada e propensa a erros (FIRAT *et al.*, 2010). Por isso, muitas ferramentas foram desenvolvidas para ajudar o estimador a executar esse trabalho com agilidade e com maior precisão.

Uma dessa ferramentas é o BIM, o qual é capaz de gerar levantamentos quantitativos, contagens e medições diretamente de um modelo (EASTMAN *et al.*, 2011). Para os referidos autores, o principal benefício de aplicar BIM como ferramenta para estimativa de custos ocorre na etapa de levantamento de quantitativo, já que torna o processo mais rápido e preciso.

Além da possibilidade de extrair automaticamente os dados de quantitativos, as visualizações 3D geradas a partir das informações do BIM também podem fornecer informações importantes, pois permite ao estimador analisar a configuração de desenho do empreendimento de diferentes maneiras (HARTMANN *et al.*, 2012). Segundos os referidos autores, o BIM deve atender os seguintes requisitos para uso em estimativa de custos:

- detalhes suficientes devem ser fornecidos para gerar uma estimativa;
- as estimativas devem permitir a extração de quantidades dos componentes de construção agrupado por EAP da empresa;
- o levantamento quantitativo deve fornecer quantidades precisas para cada um dos itens de custo definido pela EAP.

Os orçamentistas devem selecionar um método de trabalho com BIM que se adapte melhor a seus processos de orçamentação, e de acordo com Eastman *et al.* (2011), as principais opções de método para extração de quantitativos com softwares BIM, são:

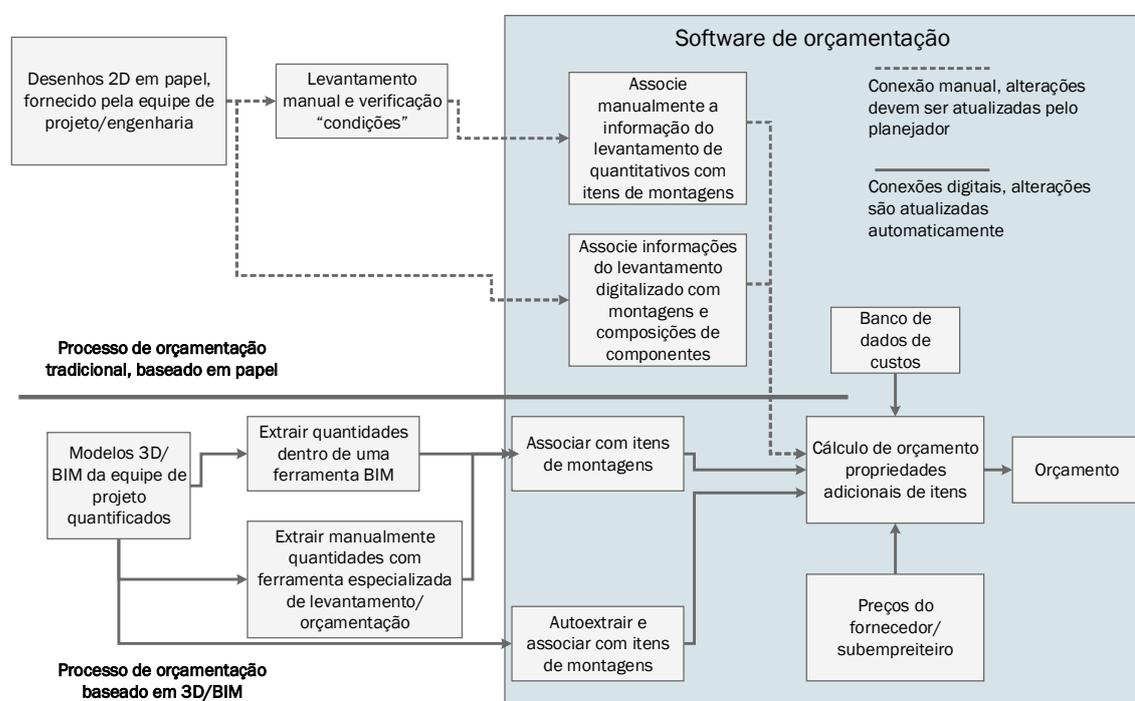
- **exportar quantitativos de objetos para um software de orçamentação** - a maioria das ferramentas BIM possui essa funcionalidade, muitas vezes, esses dados são exportados para uma planilha do *Microsoft Excel*;
- **conexão direta entre componentes BIM e o software de orçamentação** - os softwares com essa funcionalidade são capazes de associar os objetos do modelo de construção diretamente a uma base de dados externa de custos unitários por meio de *plugins*. Assim, o orçamentista associa os componentes do modelo BIM a montagens, composições ou itens do orçamento. Essas montagens e composições definem quais passos ou recurso são necessários para a construção dos componentes do empreendimento. Além das atividades, elas podem também incluir o tempo gasto e os custos associados à construção do componente. Devido à grande quantidade de software de orçamentação é necessário que haja uma

efetiva comunicação entre essas ferramentas para minimizar a perda de dados.

- **usar uma ferramenta de levantamento quantitativo** – essa ferramenta extrai as informações do modelo BIM, sem que haja necessidade de se manipular o modelo.

A Figura 4 apresenta um resumo esquematizado entre o método tradicional de estimativa de custo e aqueles baseados em BIM apresentados anteriormente.

Figura 4 - Diagrama dos processos tradicional e baseado em BIM para levantamento de quantitativo



Fonte: Eastman *et al.* (2014)

Dentre os principais benefícios do uso do BIM 5D, pode-se citar a oportunidade de aumentar o valor dos serviços, simular cenários e entender o impacto das mudanças (SMITH, 2014), além da redução da incerteza associada ao levantamento quantitativo e otimização de preços (EASTMAN *et al.* 2014).

Apesar dos benefícios identificados, alguns estudos realizados com a aplicação de BIM 5D identificaram, também, alguns entraves à sua utilização. Dentre estes estudos, Wu *et al.* (2014) apresentaram alguns desafios encontrados na literatura, principalmente, no trabalho de Sabol (2008) para estimativas baseada em BIM:

- **Modelos BIM precários e informações inadequadas:** os modelos BIM, frequentemente, não correspondem exatamente às necessidades dos estimadores de quantidade em termos de qualidade e informação, principalmente no que tange ao nível de detalhe empregado, o que cria dificuldades ao gerenciar os custos e buscar informações requeridas dentro do modelo.
- **Questões relacionadas à troca de dados:** muitos programas não suportam uma troca bidirecional de dados para atualização de informações. Quando há uma ligação bidirecional, os modelos BIM permanecem atualizados ao longo do seu desenvolvimento, uma vez que quando são inseridas novas informações no modelo, as informações de custo podem ser atualizadas automaticamente. Contudo, muitos softwares permitem apenas que os dados de quantitativos sejam automaticamente atualizados quando o modelo é alterado, sem atualizar as informações de custo associadas.
- **Falta de padronização e um formato inadequado para atribuição de custos:** a quantidade de informações da construção que o modelo BIM pode abrigar, muitas vezes, é superior ao necessário para estimativa de custos na fase de concepção do projeto. O excesso de informações no momento errado, ou seja, nos processos iniciais de estimativa de custos, pode conduzir à tomada de decisão incorreta e a um planejamento irreal.

3.4 BIM e a Integração dos Processos de Planejamento e Orçamentação

A integração de informações cada vez mais envolve a ligação de dois ou mais sistemas de Tecnologia da Informação (TI) para facilitar a transferência de dados entre eles. A ligação entre esses sistemas pode ser intra-disciplinar, ou seja, dentro de uma organização, ou interdisciplinar, entre duas ou mais organizações (KHALFAN; RAJA, 2012).

Para Alshawi e Ingirige (2003), muitas das soluções de sistemas de TI que estão disponíveis se concentram em tarefas específicas, como planejamento e acompanhamento de projetos, estimativas, elaboração de projetos, entre outros.

De forma que, esses aplicativos isolados resultaram em uma ampla disseminação de pacotes de aplicativos independentes ou sem links de comunicação. Assim, essa incompatibilidade de tecnologias impede que os gerentes de projeto acessem e gerenciem facilmente as informações do projeto.

Esses problemas, segundo Alshawi e Ingirige (2003), são causados pela falta de padronização das informações do projeto, a qual podem facilitar o fluxo de informações entre tecnologias incompatíveis. Portanto, os sistemas de TI disponíveis e atualmente utilizados pela indústria, além de não considerar as necessidades de participantes amplamente dispersos, não são abrangentes e integrados o suficiente para facilitar o fluxo de informações entre as várias etapas do projeto.

Jrade e Lessard (2015) propuseram um sistema integrado de gerenciamento de tempo e custo, chamado ITCMS (*Integrated Time and Cost Management System*), em que uma plataforma baseada na análise do valor agregado é utilizada em um ambiente virtual durante as fases de planejamento e construção de um projeto. Para propor tal sistema, os referidos autores levantaram na literatura requisitos baseados na perspectiva dos usuários e em especificações de sistemas integrados de gestão de custos e prazos.

Sob a perspectiva dos usuários, os requisitos dos sistemas integrados, de acordo com Jrade e Lessard (2015), são:

- deve ser conveniente, eficiente e fácil de aprender e gerenciar;
- deve trazer melhora na coordenação e comunicação de projeto, e os esforços dedicados devem ser em prol do sucesso do orçamento e cronograma previsto;
- deve integrar todos os profissionais de construção em um único processo ou ferramenta;
- as informações de projeto devem sempre estar disponíveis e de fácil entendimento;
- deve ser flexível e construído para permitir melhorias futuras.

As especificações levadas em consideração durante o desenvolvimento do sistema, de forma a garantir integração e sincronização entre as ferramentas computacionais de gerenciamento, são (JRADE; LESSARD, 2015):

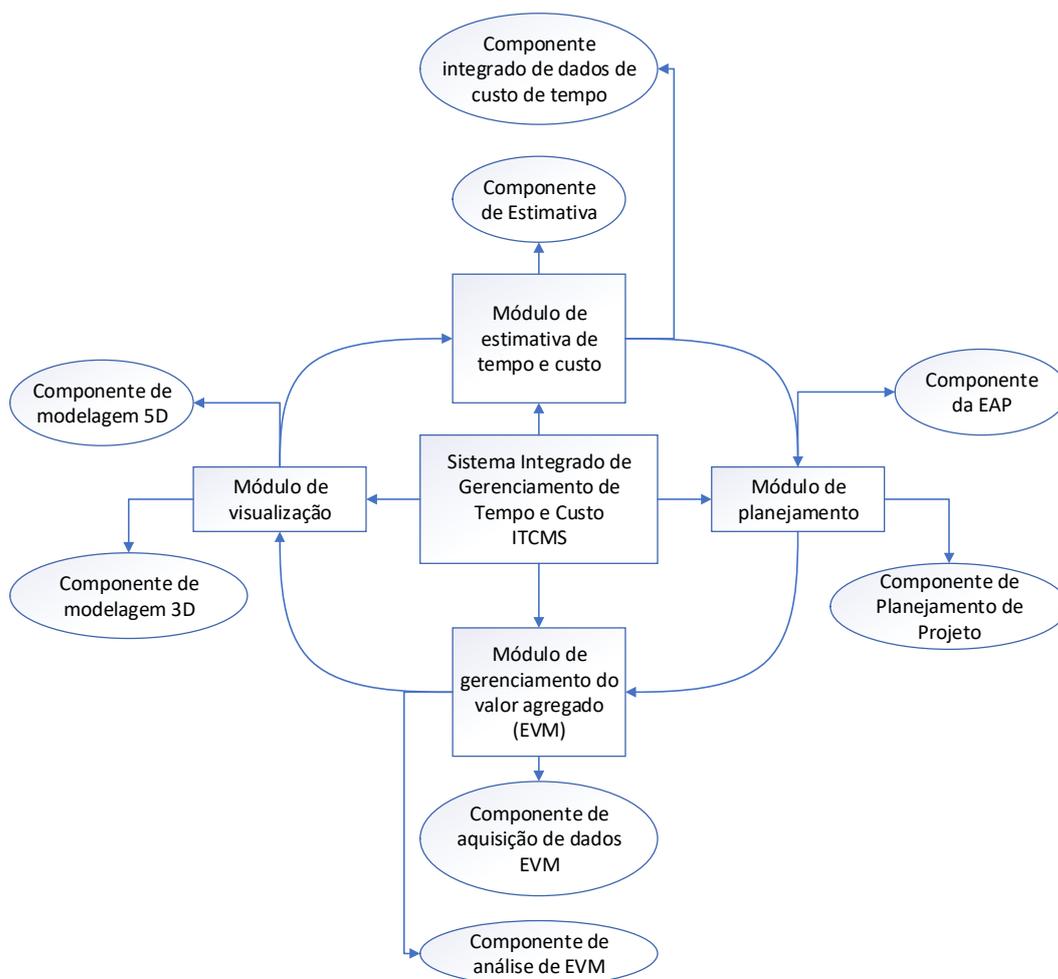
- convenção e uso de um único padrão de especificações de construção e EAP pelos arquitetos, engenheiros e gerente de construção ou contratante principal;
- construção do modelo de acordo com a EAP;
- integração de diferentes softwares, onde a maioria das ligações do software deve ser automatizada sempre que possível;
- associação dos dados de tempo e custo a cada um dos componentes do modelo, permitindo rápida e fácil modificação através da automação;
- visualização como uma ferramenta de comunicação entre as partes interessadas do projeto e para avaliar também a construtibilidade;
- estabelecimento de parâmetros de tempo e custo de projeto como uma linha de base (com análise do valor agregado) antes da construção se iniciar;
- orçamento e planejamento vinculados em uma única plataforma;
- mudanças do projeto podem ser implementadas a qualquer hora durante o processo de projeto e construção;
- viabilidade das iterações no sistema;
- habilidade para gerar relatórios e índices de desempenho baseados na análise do valor agregado a qualquer momento durante o projeto e avaliar visualmente o sucesso do projeto.

Baseando-se nesses requisitos, Jrade e Lessard (2015) propuseram uma metodologia de gerenciamento de projetos e processos orientados para melhoria do fluxo de informações e da colaboração entre as equipes. O sistema possuía quatro módulos diferentes que estavam inter-relacionados e interagiam continuamente: (a) módulo de visualização, (b) módulo de estimativa de tempo e custo, (c) módulo de planejamento e (d) módulo de gerenciamento do valor agregado (EVM). A Figura 5 apresenta um esquema representando a correlação entre os módulos e seus componentes.

O fluxo de trabalho do sistema começava na fase de projeto, em que o modelo de construção 3D, em *Revit*, era desenvolvido de acordo com uma EAP que foi acordada pela equipe do projeto. Essa EAP foi desenvolvida usando um

banco de dados reconhecido, como *Uniformat* ou *Masterformat*, para garantir a sincronização entre o modelo de construção e o sistema de controle de planejamento e orçamento.

Figura 5 - Representação esquemática do modelo proposto por Jrade e Lessard (2015)

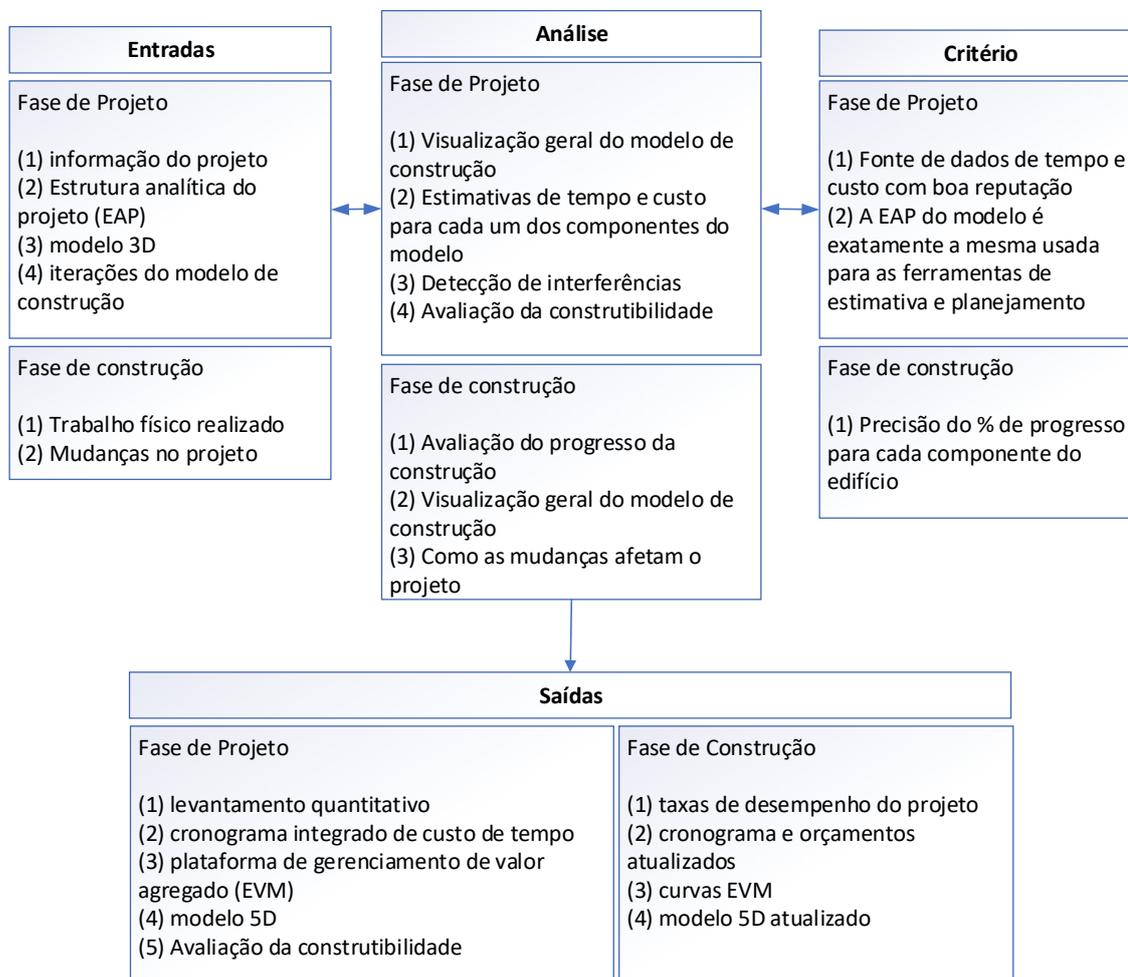


Fonte: Adaptado de Jrade e Lessard (2015)

Em seguida, os dados de tempo e custo foram relacionados exatamente com cada um dos componentes do modelo do empreendimento. O cronograma do projeto foi construído usando a mesma estrutura da EAP, no *Microsoft Project* e os custos também são incorporados no software. Por fim, no modelo 5D, no software *Autodesk Navisworks*, são incorporados os custos e cronograma, e este modelo é usado como uma ferramenta de visualização e detecção de conflitos. Já a plataforma EVM é construída com *MS Project* e *Excel* e são definidas a linha de base de custo e tempo. Jrade e Lessard (2015) informaram que o processo

na fase de planejamento é iterativo, e os usuários são encorajados a voltar e melhorar o modelo 5D até que seja considerado final e pronto para a fase de construção. O modelo 5D também é usado durante a construção para visualização, comunicação e ferramenta de coordenação para as partes interessadas de cada projeto. O fluxo de informações com o produto de entrada e saída durante as fases de projeto e construção é resumido na Figura 6.

Figura 6 - Representação esquemática dos produtos de entrada e saída do modelo proposto por Jrade e Lessard (2015)



Fonte: Adaptado de Jrade e Lessard (2015)

Este sistema foi implementado por meio de um estudo de caso e foi realizada uma síntese sobre o cumprimento dos requisitos estabelecidos por Jrade e Lessard (2015). Contudo, apesar dos autores terem apresentado um sistema integrado de informações de custo e tempo, o trabalho careceu de um método de avaliação mais completo que abrangesse também as perspectivas

dos usuários quanto ao uso do sistema proposto, uma vez que estes foram um dos requisitos básicos estabelecidos pelos referidos autores.

O modelo BIM pode fornecer aos orçamentistas uma extração de quantitativos mais apurada, além ser possível incorporar também informações sobre o cronograma do projeto. Ambas as possibilidades facilitam a tomada de decisão por parte dos projetistas e gerentes, uma vez que uma melhor visualização da sequência das atividades de construção e dos custos associados a essas atividades, permite uma melhor análise de cenários alternativos.

Apesar dos benefícios obtidos nas mais diversas fases da construção, o modelo é muitas vezes desenvolvido sem considerar o seu uso ao longo dessas diferentes fases, o que pode comprometer a sua utilidade por aqueles usuários dispersos no mais diversos ambiente, sejam eles internos ou externos à empresa. A integração de informações também é prejudicada devido à falta de interoperabilidade entre diferentes softwares utilizados ao longo dessas fases. Uma das formas de melhorar a integração entre os softwares utilizados nos processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção é utilizando uma linguagem padrão comum a esses softwares. Um exemplo dessa linguagem é a EAP (Estrutura Analítica de Projeto), a qual deve ser única entre os processos.

Para que a integração ocorra de forma eficaz, a informação deve estar disponível e centralizada em uma única plataforma permitindo um entendimento fácil, além de permitir rápidas modificações das informações quando for necessário. Tanto as modificações com as associações entre os diferentes softwares devem ser automatizadas sempre que possível, assim os processos se tornam mais rápidos, fornecendo informações em tempo hábil para que as correções necessárias sejam efetuadas.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado para a realização do presente trabalho. Com o intuito de fundamentar a escolha da estratégia de pesquisa, primeiramente, é exposto o conteúdo teórico relativo à estratégia adotada. Em seguida, é apresentado o delineamento geral da pesquisa, separado conforme seus estágios de desenvolvimento. Por fim, cada etapa da pesquisa é descrita conforme o seu delineamento.

4.1. Estratégia de Pesquisa

O presente trabalho adotou a abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR), por ser capaz de orientar a construção do conhecimento e aprimorar práticas em várias disciplinas relacionadas ao campo gerencial e tecnológico da ciência da informação (BAX, 2014).

Manson (2006) define o DSR como um processo de uso do conhecimento para projetar e criar artefatos úteis e, em seguida, usando vários métodos rigorosos analisa-se o porquê, ou o porquê não, um artefato, em particular, é efetivo. O entendimento adquirido durante esse processo de análise constrói o corpo de conhecimento da área estudada.

Os tipos de contribuições de conhecimento podem ser: uma invenção, através da construção de novos conhecimentos e/ou soluções para novos problemas; uma melhoria, desenvolvendo novos conhecimentos e/ou soluções para problemas já conhecidos; e uma adaptação, através do uso não trivial ou inovador de conhecimento e/ou soluções conhecidos para resolver novos problemas (GREGOR; HEVNER, 2013).

O conhecimento e a compreensão de um domínio do problema e sua solução são alcançados graças à construção e aplicação de um artefato projetado, o qual pode ser constructos, arcabouços, modelos, métodos e instâncias de sistema de informações, conforme Quadro 2. Estes artefatos objetivam resolver novos problemas práticos (BAX, 2014; MARCH; SMITH, 1995).

Quadro 2 - Descrição dos tipos de Artefatos

Tipos de Artefatos	
Constructos	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções.
Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são.
Frameworks	Guias reais ou conceituais para servir como suporte
Arquiteturas	Estruturas de alto nível de sistemas
Princípios de projeto	Princípios e conceitos fundamentais para orientar o projeto
Métodos	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Além disso, os métodos são, muitas vezes, utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema.
Instanciações	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.
Teorias de Projeto	Um conjunto prescritivo de declarações sobre como fazer algo para atingir um determinado objetivo. Uma teoria geralmente inclui outros artefatos abstratos, como construções, modelos, <i>frameworks</i> , arquiteturas, princípios de projeto e métodos

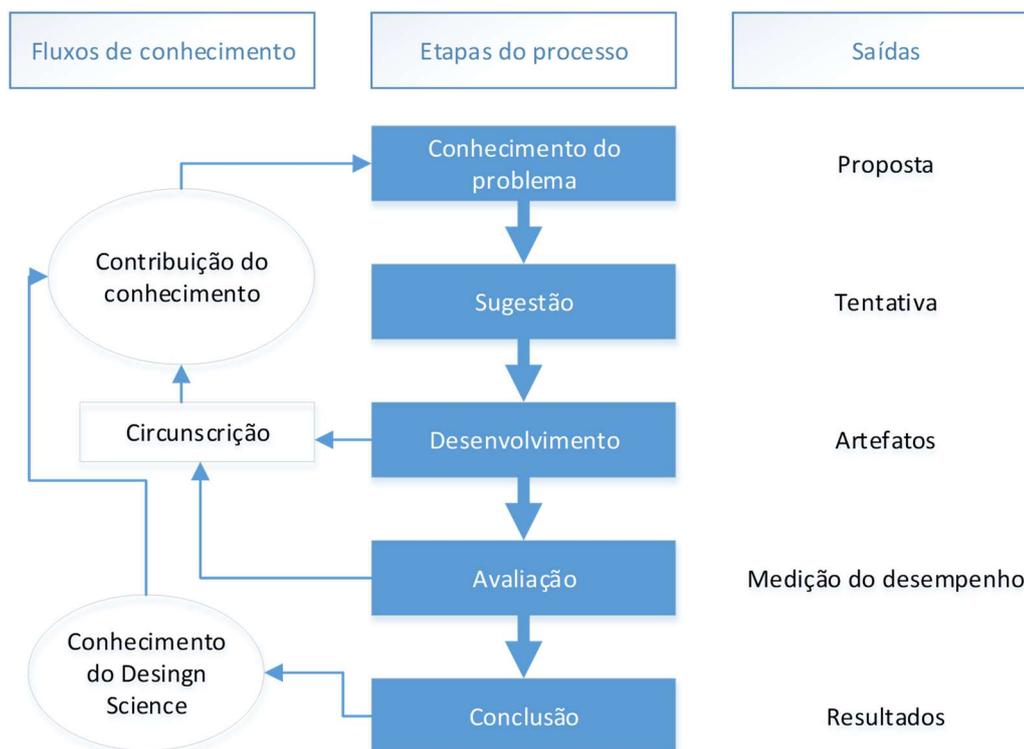
Fonte: Adaptado de March; Smith (1995) e Vaishnavi; Kuechler (2015)

O DSR é prescritivo ao invés de descritivo, ou seja, procura prescrever maneiras de fazer as coisas mais eficientemente (MANSON, 2006). Suas principais atividades se dividem basicamente em construir e avaliar. Construir refere-se à construção do artefato para um propósito específico, enquanto que avaliar refere-se ao desenvolvimento de critérios para avaliação do desempenho dos artefatos (MARCH; SMITH, 1995). Segundo os referidos autores, quando estes artefatos são métodos sua avaliação deve considerar a operacionalidade, eficiência, generalização e facilidade de uso.

O ciclo regulador do DSR descrito por Vaishnavi e Kuechler (2015) é apresentado na Figura 7, sendo indicadas as etapas do ciclo com suas respectivas saídas e os fluxos de conhecimentos associados.

Este ciclo regulador é composto das seguintes etapas: (a) Conhecimento do Problema; (b) Sugestão; (c) Desenvolvimento; (d) Avaliação; e (e) Conclusão.

Figura 7 - Descrição geral do *Design Science Research*



Fonte: Adaptado de Vaishnavi; Kuechler (2015)

Na etapa de Conhecimento do problema são solicitadas informações para entendimento do problema sem que ocorra, neste momento, alterações no problema original (WIERINGA, 2009). O resultado desta fase é uma proposta, formal ou informal, para um novo encaminhamento de pesquisa (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015).

A etapa de Sugestão é um passo criativo onde diferentes pesquisadores podem chegar a diferentes teorias para explicar o mesmo conjunto de observações. É durante esta fase que o pesquisador apresentará um ou mais projetos provisórios, o qual pode ser entendido como uma tentativa de implementar o artefato de acordo com a solução sugerida (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015). Segundo Wieringa (2009), chamar esta etapa de projeto da

solução é uma visão otimista, pois outras “soluções” podem ser desenvolvidas caso a implementação resulte em algo pior que o esperado.

Durante a etapa de Desenvolvimento, o pesquisador constrói um ou mais artefatos, onde as técnicas de implementação utilizadas variam amplamente, dependendo dos artefatos que estão sendo construídos. O resultado desta etapa é o próprio artefato criado (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015).

Na Avaliação da solução, o artefato é avaliado de acordo com critérios explicitados na proposta de solução. Os desvios quantitativos e qualitativos em relação esperado são cuidadosamente anotados e explicados. Diante disso, os resultados desta fase e as informações adicionais obtidas na construção e execução do artefato são reunidas e alimentadas de volta a outra série de sugestões (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015).

Vaishnavi e Kuechler (2015) destacam que as etapas de Sugestão, Desenvolvimento e Avaliação são frequentemente realizadas iterativamente ao decorrer da pesquisa. Os referidos autores destacam também que tanto a etapa de Desenvolvimento como a de Avaliação podem gerar contribuição de novos conhecimentos através da circunscrição. A circunscrição pode ser entendida como um método formal e lógico que pressupõe que cada fragmento de conhecimento é válido apenas em determinadas situações. Assim, quando o pesquisador descobre e aprende que os resultados não funcionaram de acordo com o esperado pela teoria, ele é forçado a voltar a fase inicial de conhecimento do problema, com esse novo conhecimento, para refinar os limites de teoria que foram utilizados para desenvolver o artefato (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015).

A Conclusão indica o término de um projeto em DSR. Nesta etapa, os resultados do esforço de pesquisa são consolidados e escritos, e mesmo que possa haver desvios no comportamento do artefato originado das múltiplas e revisadas hipóteses, os resultados são julgados como “bons o suficiente”. E o conhecimento adquirido no esforço é frequentemente categorizado como “firme” (VAISHNAVI; KUECHLER, 2015).

Van Den Akker *et al.* (2006) trazem algumas das características desse tipo de pesquisa, as quais são apresentadas a seguir:

- **Intervencionista** - a pesquisa visa projetar uma intervenção no mundo real;
- **Iterativa** - a pesquisa incorpora uma abordagem cíclica de desenvolvimento, avaliação e revisão do artefato;
- **Processo direcionado** - o foco está na compreensão e na melhoria das intervenções propostas;
- **Utilidade direcionada** - o mérito de seu artefato também é avaliado pela sua praticidade para usuários em contextos reais; e
- **Teoria direcionada** - o artefato é baseado, nem que seja parcialmente, em proposições teóricas, e testes de campo que contribuem para a construção do conhecimento teórico.

Apesar dos esforços para obter neutralidade, sendo o projetista e o avaliador do artefato as mesmas pessoas, a pesquisa livre de juízo de valor é dificultada. Portanto, o pesquisador deve ter o cuidado de considerar seu papel em influenciar e modelar os fenômenos que está estudando (VAN DEN AKKER *et al.*, 2006).

Devido à presença do pesquisador, os participantes podem reagir de maneira diferente durante as atividades de avaliações, seja pela alteração do comportamento ou por reagirem conforme esperado pelo pesquisador. Além disso, em alguns casos, os participantes hesitam em ser completamente abertos aos pesquisadores de contextos culturais diferentes dos seus. Para atenuar esses efeitos, o pesquisador deve tentar manter o ambiente de pesquisa o mais natural e genuíno possível (VAN DEN AKKER *et al.*, 2006).

Diante do que foi exposto, o presente trabalho enquadra-se na estratégia de pesquisa *Design Science Research*, já que há escassez de métodos que propõem a integração do fluxo de informações dos processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção, sendo este um problema real encontrado no levantamento bibliográfico e em muitas empresas da área de construção civil. Este problema de integração é mais evidente quando se trata do fluxo de informações entre os processos realizados entre o escritório e o campo. Para desenvolvimento e implementação do artefato proposto neste trabalho, foi necessário um processo iterativo e cíclico de

proposição de sugestões e adaptação dos métodos, o qual esteve baseado na cooperação mútua entre a pesquisadora e os envolvidos nos processos estudados.

4.2. Delineamento da Pesquisa

A presente pesquisa foi realizada em dois estágios, Estágio A e Estágio B, nos quais foram aplicadas as principais atividades do *Design Science Research* descritas por Vaishnavi e Kuechler (2015): (a) Conhecimento do problema; (b) Sugestão; (c) Desenvolvimento; (d) Avaliação; e (e) Conclusão, conforme pode ser observado na Figura 8.

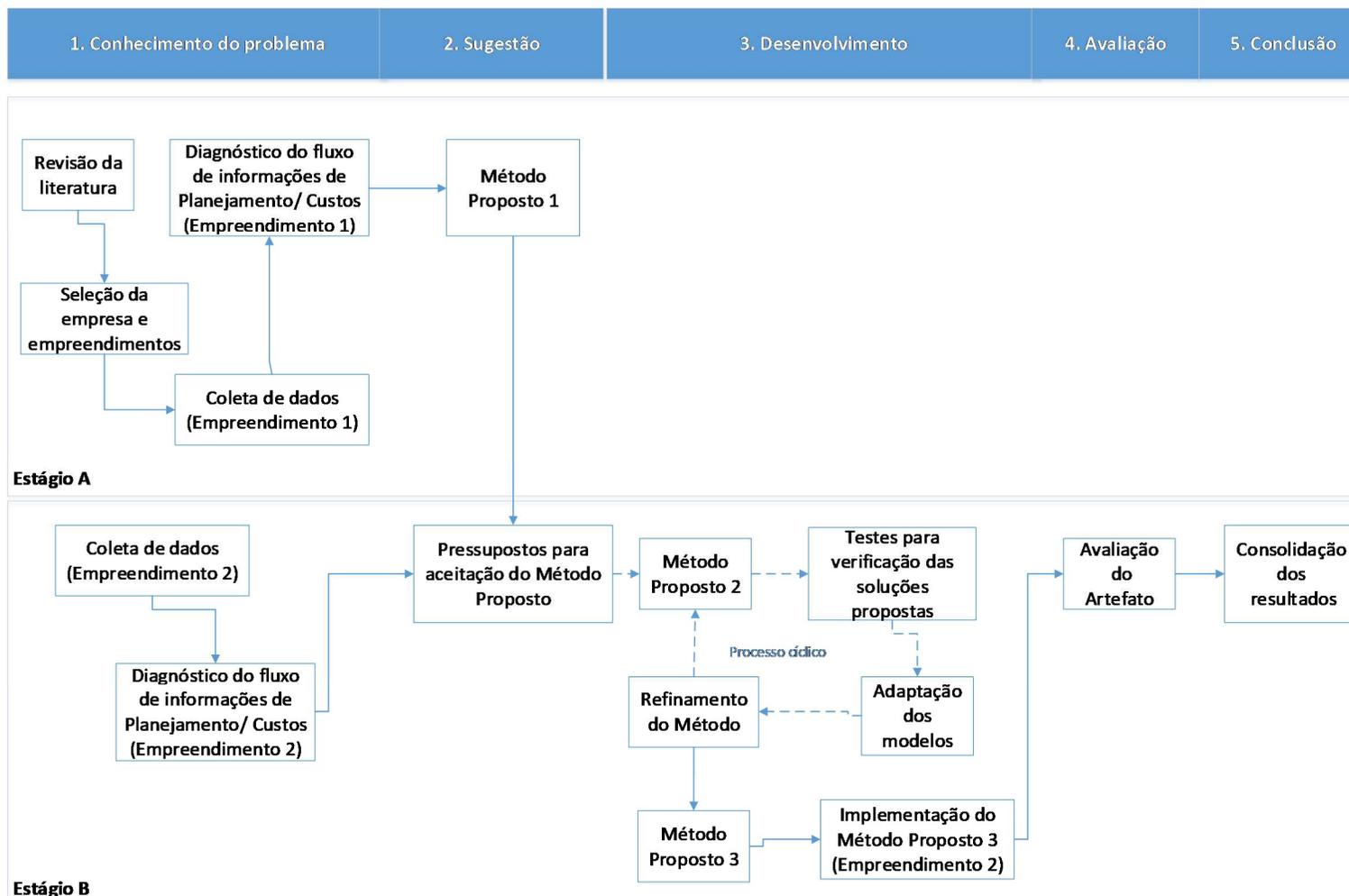
O Estágio A foi desenvolvido no período de março de 2016 a fevereiro de 2017 e teve como objetivo entender como se dava o fluxo de informações de planejamento e custo no campo e no escritório, bem com identificar quais programas eram utilizados nos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção da Empresa A estudada.

Neste estágio da pesquisa, a primeira atividade desenvolvida foi a investigação e conhecimento do problema, por meio de um levantamento bibliográfico sobre o tema estudado. Uma vez que a lacuna de pesquisa estava identificada, foi selecionada a empresa participante e os empreendimentos a serem estudados, tendo como pré-requisitos o uso prévio de softwares BIM e a prévia parceria com a universidade.

No empreendimento selecionado, Empreendimento 1, foram realizadas coleta de dados que resultaram no diagnóstico do fluxo de informações dos processos desde a fase de elaboração do projeto no escritório ao acompanhamento da produção no campo. Com base nesse diagnóstico, foi realizada a primeira proposta de solução (Método proposto 1) para o problema encontrado. Portanto, o Estágio A se restringiu apenas às etapas de Conhecimento do problema e Sugestão.

O Estágio B iniciou-se em março de 2017 a fevereiro de 2018 e teve como objetivo entender como se dava o fluxo de informações de planejamento e custo em outro empreendimento da Empresa A (Empreendimento 2), refinar o método proposto no Estágio A, além de implementar e avaliar o método final proposto.

Figura 8 - Delineamento da Pesquisa



Fonte: Autora

Para tanto, foram inicialmente coletados dados do Empreendimento 2, cujo objetivo foi elaborar um diagnóstico do fluxo de informações dos processos. A partir dos diagnósticos do Empreendimento 1 e do Empreendimento 2 foram definidas proposições para desenvolvimento e avaliação do método proposto. O Método Proposto 1 passou por um processo de refinamento, originando o Método Proposto 2. A viabilidade das soluções propostas pelo Método Proposto 2 foi testada e os modelos BIM, a codificação de serviços e da EAP, bem como as planilhas utilizadas foram adaptados. Com base nas inconsistências e melhorias identificadas durante os testes foi proposto o método final, o Método proposto 3, o qual teve uma implementação piloto e avaliação no Empreendimento 2, conforme os constructos, variáveis e fontes de evidências, descritos no item 4.3.4 deste capítulo.

4.3. Detalhamento das Etapas de Pesquisa

4.3.1. Conhecimento do Problema

Esta etapa foi composta pelas seguintes atividades: Revisão da Literatura, Seleção da empresa e de empreendimentos e Elaboração do Diagnóstico do fluxo de informações dos processos.

4.3.1.1. Revisão da Literatura

A etapa de Conhecimento do problema envolveu um levantamento bibliográfico a respeito do tema, o qual possibilitou a identificação do estado da arte sobre integração do acompanhamento da produção e controle de custos, bem como possibilitou identificar a lacuna de conhecimento nessa área. Para isso, foi realizado um levantamento dos conceitos básicos relativos ao planejamento e controle da produção, gerenciamento e controle de custos, *Building Information Modeling* e suas vertentes 4D e 5D, além dos estudos desenvolvidos que abordavam a integração do fluxo de informações entre os processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção.

4.3.1.2. Seleção da Empresa e de Empreendimentos

Como dito anteriormente, para seleção da empresa participante, foram utilizados como critérios de seleção a prévia utilização de softwares BIM e a prévia participação em projetos com parceria com a universidade. O primeiro critério visava facilitar a aplicação dos artefatos proposto, já que a equipe de projeto já estaria familiarizada com as ferramentas BIM, e o segundo critério visava facilitar a inserção de pesquisadores nas rotinas diárias da empresa.

A Empresa A selecionada atua no mercado baiano de construção e incorporação desde 1987. Já realizou empreendimentos na área de infraestrutura, equipamentos urbanos, condomínios industriais e mais de 10 mil residências. A mesma já estava desenvolvendo projetos em BIM em parceria com dois grupos de pesquisa da universidade: GP Sustentável e GETEC¹⁷, sendo que ambos trabalham em áreas relativas à inovação na gestão e tecnologia na construção civil.

Dentre os projetos em andamento, a universidade estava apoiando a empresa no desenvolvimento de modelos BIM com vista a facilitar a aplicação para BIM 4D/5D. Para tanto, foram realizados testes para o desenvolvimento de uma EAP própria da empresa visando utilizá-la como uma linguagem comum entre o modelo BIM e os programas de planejamento, orçamentação e acompanhamento da produção, os quais resultaram na elaboração de um trabalho de conclusão de curso¹⁸.

O Empreendimento 1 se enquadra em habitação multiresidencial de interesse social, localizado na cidade de Camaçari-BA, constituído por 500 unidades de apartamentos distribuídos em 30 blocos executados em parede de concreto com forma de alumínio instaladas manualmente por equipe de 19 pessoas. Cada bloco possui quatro apartamentos por andar ao longo de prédios com três ou quatro andares (Figura 9).

¹⁷ Sob coordenação de Emerson Ferreira e Dayana Bastos Costa, respectivamente.

¹⁸ ROCHA ROSA, L. J. Proposta de estrutura analítica de projeto com uso de BIM para auxílio ao planejamento e orçamento em construtora de médio porte. 135p. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

Figura 9 - Representação ilustrativa do Empreendimento 1



Fonte: Site da construtora

O Empreendimento 2 está localizado em Petrolina-PE, com casas unifamiliares geminadas e isoladas, totalizando 368 unidades construídas em parede de concreto com forma de aço, executadas com auxílio de caminhão Munck e mini gruas, com equipe composta por 9 pessoas (Figura 10).

Figura 10 - Representação ilustrativa do Empreendimento 2



Fonte: Site da construtora

Os softwares utilizados pela empresa foram: (a) *Revit* da *Autodesk*, para modelagem BIM 3D; (b) *TOTVS*, para orçamentação; (c) *MS Project* e o *Excel* da *Microsoft*, para planejamento; (d) *Navisworks* da *Autodesk*, para simulação 4D; e (e) *CP Obras* (software da empresa), para acompanhamento dos serviços executados em campo. Para facilitar a realização dos estudos, os softwares adotados no presente estudo foram os mesmos utilizados pela empresa participante.

Para aprendizagem dos softwares *Revit*, *Navisworks* e *MS Project* utilizou-se livros-textos, manuais, apostilas e cursos online e presenciais. Como a universidade não possuía acesso ao software de orçamentos da *TOTVS* nem

ao de acompanhamento da produção, CP Obras, o processo de aprendizagem se deu por meio de interações com os programas durante as visitas ao escritório e ao campo.

4.3.1.3. Diagnóstico do Fluxo de Informações dos Processos

Esta etapa objetivou entender o processo de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção de cada empreendimento estudado, identificando informações, tais como, softwares utilizados, procedimentos, e seus respectivos responsáveis, além de entender como se dá o gerenciamento de informações no escritório e no campo dos empreendimentos estudados.

a) Coleta de dados

A coleta de dados do Empreendimento 1 foi realizada no período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017. Nesse período foram dedicados aproximadamente 17h de visitas na obra do Empreendimento 1 e no escritório, além do tempo dedicado à avaliação dos documentos fornecidos e à elaboração do diagnóstico do fluxo de informações dos processos do Empreendimento 1.

A coleta de dados do Empreendimento 2 foi realizada no mês de maio de 2017, sendo dedicadas aproximadamente 32h na obra do Empreendimento 2 e no escritório, o que juntamente com a análise documental deram origem ao diagnóstico do fluxo de informações dos processos do Empreendimento 2.

Em ambos os estudos, foram realizadas entrevistas com os gerentes, os engenheiros de campo e de planejamento e estagiários. O Quadro 3 apresenta as atividades desenvolvidas, o número de entrevistados e o tempo dedicado para cada empreendimento durante a coleta de dados.

Quadro 3 - Relação dos participantes e atividades desenvolvidas na coleta de dados para diagnóstico do fluxo de informações dos processos

	Participante	Atividades desenvolvidas	Empreendimento	Ambiente	Tempo (h)
Diagnóstico do fluxo de informações	Gerente	Entrevista sobre rotinas e processos (acompanhamento da produção e orçamentação)	E1	Escritório	2
			E2		3
	Estagiário (modelador)	Entrevista sobre rotinas e processos (modelagem)	E1		4
			E2		6
	Eng. de campo	Entrevista sobre rotinas e processos (acompanhamento da produção) / observação de atividades de campo	E1	Campo	8
	Eng. de campo	Entrevista sobre rotinas e processos (acompanhamento da produção) / observação de atividades de campo	E2		20
	Eng. de planejamento	Entrevista sobre rotinas e processos (planejamento de produção)	E 1		3
			E 2		3

As principais fontes de evidências para coleta de dados nesta etapa foram:

- Análise de Documentos:

Para Yin (2001) o uso mais importante de documentos é corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes de evidência, já que estes podem fornecer outros detalhes específicos, além de ser possível fazer inferências a partir dos dados neles presentes.

Os documentos analisados ao longo do trabalho foram: planilhas de planejamento e orçamento, projetos CAD 2D, relatórios do software de acompanhamento da produção e modelos BIM. Estes documentos foram fornecidos pelos gerentes, engenheiros e estagiários.

- Entrevistas

Segundo Yin (2001), as entrevistas têm a vantagem de focar diretamente no tópico de estudo desejado, com a possibilidade do entrevistado sugerir fontes nas quais pode-se buscar evidências corroborativas, contudo deve-se ter cuidado com a visão tendenciosa do entrevistado devido a questões mal

elaboradas.

Foram realizadas entrevistas de forma espontânea, ou seja, não se seguiu um roteiro de perguntas pré-definidos, para entender as atividades desenvolvidas pela empresa em cada um dos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção, e para identificar quais eram os papéis de cada um dos entrevistados nesses processos.

- Observação Participante

Segundo Gil (2008), a observação participante consiste na participação real para conhecimento de uma determinada situação estudada, sendo que o observador assume, até certo ponto, o papel de membro do grupo.

A observação participante ocorreu por meio da participação em reuniões gerenciais tanto para coleta de dados com para a proposição de mudanças nos processos estudados.

b) Ferramentas utilizadas para elaboração dos diagnósticos de fluxo de informações entre os processos

A coleta de dados referente ao fluxo de informações se concentrou em quatro processos principais: (1) Modelagem BIM 3D, referente ao processo de desenvolvimento de modelos 3D BIM em escritório; (2) Planejamento da Produção, envolvendo o desenvolvimento de metas e sequências de trabalho em um horizonte de longo prazo; (3) Orçamentação, considerando o levantamento de quantitativos, estimativa dos custos e elaboração de orçamento; (4) Acompanhamento da produção, relativa à coleta de dados e monitoramento da produção em campo. Os outros processos de apoio são chamados neste estudo como processos secundários.

Segundo Kendall e Kendall (2005), a técnica que permite uma melhor análise do fluxo de informações é o diagrama de fluxo de dados, e conforme Bernardes (1996), este representa uma visão mais ampla das entradas e saídas do sistema, e também os seus processos. Além disso, essa representação gráfica permite ao analista identificar deficiências existentes no sistema atual.

Desta forma, a ferramenta utilizada para coleta e análise de dados do

diagnóstico do fluxo de informações foram os diagramas de fluxo de dados (DFDs). Os DFDs enfatizam o processamento ou transformação de dados à medida em que passam por uma variedade de processos. Neles não há distinção entre processos manuais ou automatizados e os processos também não são representados graficamente em ordem cronológica (KENDALL; KENDALL, 2005).

As principais vantagens de se utilizar um DFD, segundo Kendall e Kendall (2005) consistem em:

- permitir uma compreensão mais profunda da inter-relação entre sistemas e subsistema;
- comunicar aos usuários o conhecimento sobre o sistema atual através de diagramas de fluxo de dados;
- utilizar somente quatro símbolos para representar o fluxo.

Para o traçado do diagrama utilizou-se os seguintes símbolos representados na Quadro 4, conforme sugestão de Kendall e Kendall (2005) e Bernardes (1996).

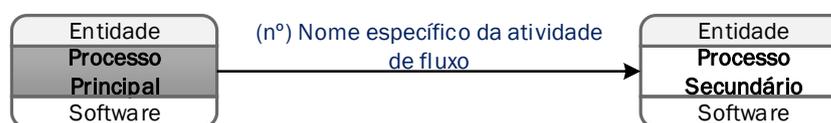
Quadro 4 - Descrição dos símbolos utilizados na representação do diagrama de fluxo de dados

Símbolo	Descrição
 <p>Entidade</p>	O retângulo representa uma entidade externa (outro departamento, uma pessoa, uma empresa); essa entidade externa também é chamada de fonte ou destino de dados
 <p>Fluxo de dados</p>	A flecha representa o movimento de dados de um ponto a outro, em que a ponta da seta corresponde ao destino dos dados. Cada flecha deve ser definida com um nome específico correspondente ao fluxo de dados
 <p>Processo</p>	O retângulo com quinas arredondadas mostra um processo em transformação. Os processos remetem a mudança ou uma transformação de dados, portanto, o fluxo que sai do processo tem denominação diferente do fluxo que entra
 <p>Armazenamento de Dados</p>	O retângulo aberto representa o armazenamento de informações. Esse símbolo simplesmente mostra um local de depósito para os dados que permitem examinar, adicionar e recuperar dados (um armazém ou uma base de dados)

Fonte: Adaptado de Kendall; Kendall (2005) e Bernardes (1996)

Este trabalho realizou algumas adaptações na simbologia padrão dos DFDs (Figura 11), que consistiu em agregar a identificação da entidade responsável pelo processo na parte superior do próprio símbolo de processo, além de identificar, na parte inferior, quais tipos de softwares relacionados aos processos em estudo. Como todos os processos envolvem o armazenamento de informações numa base de dados dos softwares, a representação utilizada para armazenamento das informações não foi utilizada. A diferenciação entre os processos principais e secundário foi realizado com o uso do preenchimento do símbolo do processo principal com a cor cinza.

Figura 11 - Representação da adaptação dos símbolos diagrama de fluxo de dados



Fonte: Autora

Para elaboração do diagnóstico do fluxo de informações dos processos, procurou-se entender como as informações chegavam às equipes de planejamento, de orçamento, de modelagem BIM e de acompanhamento da produção; quais eram essas informações; quais softwares eram utilizados; e quem eram os responsáveis por cada etapa do processo, partindo-se de uma perspectiva das atividades que eram realizadas no escritório e no campo.

Assim, os dois diagnósticos de fluxo de informações entre processos foram elaborados utilizando DFD, um para cada empreendimento estudado. Esses diagnósticos serviram de base para a identificação dos entraves à implementação de um método integrado dos processos de Planejamento, Orçamento, Modelagem BIM e de Acompanhamento da produção, e para a formulação dos métodos propostos.

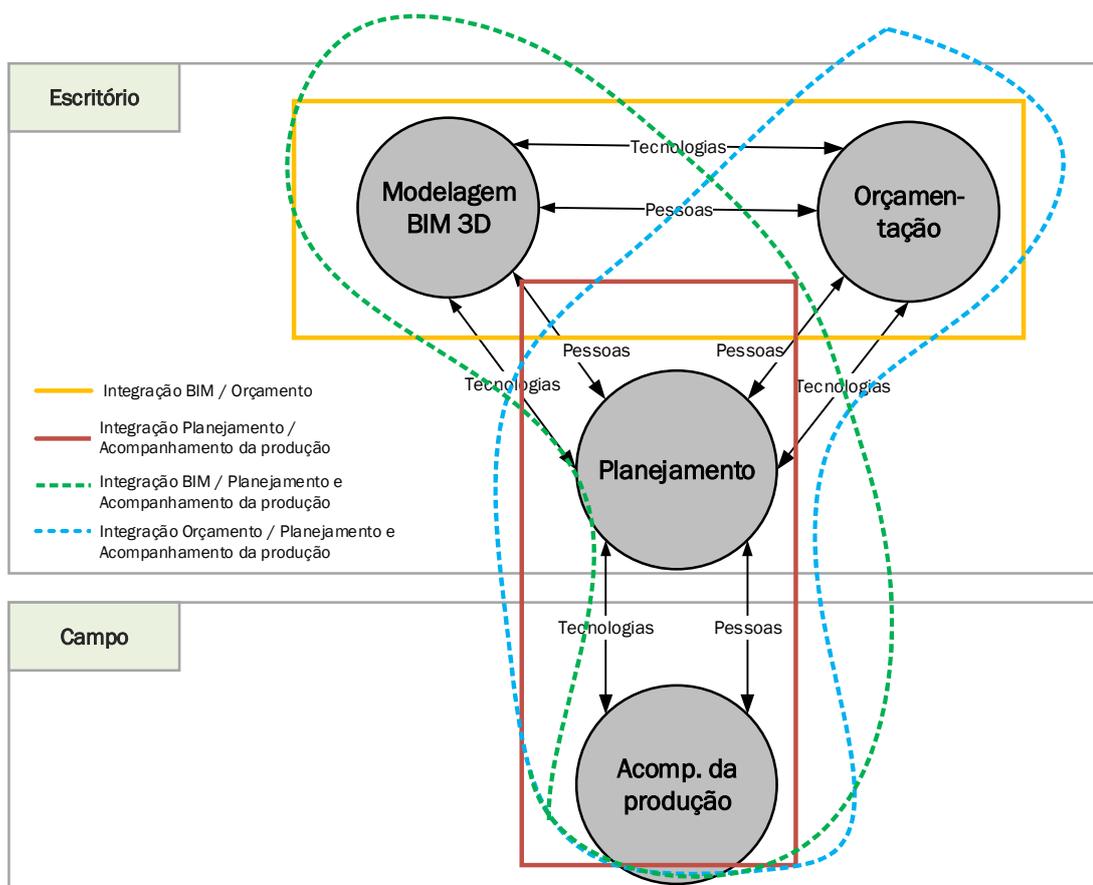
4.3.2. Sugestão

Com base nos diagnósticos dos fluxos de informações dos Empreendimento 1 e Empreendimento 2, foi realizada uma proposição inicial de um método integrado das informações dos processos de Planejamento, de Orçamentação, de Modelagem BIM e de Acompanhamento da produção.

Para o Método Proposto 1, com base nos dados do Empreendimento 1, foram consideradas somente as informações relativas aos softwares utilizados pela empresa, ou seja, como se daria a interoperabilidade entre os softwares de modelagem BIM, planejamento e orçamento utilizados no escritório. Com base nas informações do diagnóstico do Empreendimento 1, do Método Proposto 1, bem como dos resultados obtidos no diagnóstico do Empreendimento 2, foram estabelecidos critérios para definir a integração ao longo dos processos, dos programas, bem como entre as equipes de campo e escritório.

A Figura 12 apresenta a estrutura conceitual desenvolvida para o estudo, tendo como base as proposições teóricas estabelecidas, considerando os quatro processos estudados, situados em no ambiente do escritório e do campo e as suas interações do ponto de vista de fluxo de informação, tecnologia e pessoas.

Figura 12 - Estrutura Conceitual do estudo



Fonte: Autora

As proposições teóricas estabelecidas deveriam ser atendidas para garantir êxito na integração, as quais serviriam de base para o refinamento dos métodos propostos, quais sejam:

- **Integração BIM / Orçamentação** - o método deve permitir a integração de informações, software e ferramenta, e equipes dos processos de Orçamentação e Modelagem BIM, através do ambiente do escritório e campo.
- **Integração do Planejamento / Acompanhamento da Produção** - o método deve proporcionar a integração das informações, software e ferramenta, e equipes dos processos de Planejamento e Acompanhamento da produção, através do ambiente do escritório e campo.
- **Integração BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção** - o método deve permitir a integração das informações, software e ferramenta, e equipes dos processos de Modelagem BIM e os processos de Planejamento e Acompanhamento da produção, através do ambiente do escritório e campo.
- **Integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção** - o método deve permitir a integração das informações, software e ferramenta, e equipes dos processos de Orçamentação e dos processos de Planejamento e Acompanhamento da produção, através do ambiente de escritório e campo.

Como produto final desta etapa de sugestão foi elaborado o Método Proposto 2.

Com relação à representação esquemática dos métodos propostos, a proposição do primeiro método foi definida por meio de um esquema com os símbolos dos principais programas e ferramentas utilizados, indicando, através de setas, que tipo de informação seria importada e exportada entre eles.

Para os demais métodos propostos, utilizou-se a ferramenta de DFD como base para representar a troca de informações entre os processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e de Acompanhamento da produção. Assim, as setas representavam as atividades desenvolvidas entre os

processos e quais informações eram transferidas entre eles, já os símbolos indicavam os processos, os programas utilizados e seus respectivos responsáveis. Ou seja, no método, estava indicada a integração entre processos, as pessoas e as tecnologias, assim como a ocorrência do fluxo de informações entre eles. Além do DFD, os métodos propostos também estavam divididos em fases, as quais representam um grupo de atividades desenvolvidas em períodos específicos para alcançar um objetivo comum. De um modo geral as fases foram divididas em:

- **Fase de definição de geometria e pacotes de trabalho** - definição dos pacotes de trabalho a serem empregados em campo e no escritório;
- **Fase de elaboração do modelo integrado** - elaboração de modelo BIM que centraliza todas as informações de geometria, planejamento e orçamento do empreendimento;
- **Fase de acompanhamento e controle da produção** - detalhamento do planejamento a nível de médio e curto prazo e coleta de dados para acompanhamento e controle da produção;
- **Fase de geração dos dados de acompanhamento** - inserção de dados no modelo integrado e geração de relatórios de acompanhamento.

4.3.3.Desenvolvimento

A atividade de desenvolvimento envolveu um processo cíclico de refinamento dos métodos proposto e adaptação das ferramentas e modelos BIM em função dos testes das soluções propostas. Ainda nesta etapa ocorreu a implementação piloto da versão final do método proposto.

4.3.3.1. Processo Cíclico de Desenvolvimento e Adaptação dos Métodos

Esta etapa teve como objetivo testar as soluções propostas pelo Método Proposto 2 e realizar os ajustes necessários no Método, que resultaram no Método Proposto 3.

Durante esta etapa ocorreram onze encontros entre a pesquisadora e a equipe de escritório para o teste das soluções, envolvendo um total de 116 horas

de trabalho (Quadro 5) com uma estreita integração entre a equipe do escritório (Gerente, Modelagem de Estagiários, Consultora) e a equipe de campo (Engenheiro de Campo) que participaram do Empreendimento 2. É importante destacar que nesta etapa da pesquisa, a Empresa A contratou uma consultoria de *MS Project* visando suprir a necessidades de conhecimento das funcionalidades e dos recursos avançados que o programa poderia fornecer. A consultoria participou no desenvolvimento do método com uma carga horária de 30h.

Quadro 5 - Relação dos participantes e tempo envolvidos no desenvolvimento do método

	Participante	Atividade desenvolvida	Empreendimento	Ambiente	Tempo (h)
Desenvolvimento do método	Gerente	Reuniões para discussões sobre o desenvolvimento e ajustes do método	Projeto 2	Escritório	30
	Estagiário (modelador)				50
	Consultora				30
	Engenheiro de campo			Campo	6

Durante as reuniões, as principais atividades consistiram em realização de testes das soluções e ajustes no Método proposto.

Os principais testes realizados foram de importação, exportação e compartilhamento de dados entre os softwares de modelagem, orçamento, planejamento, acompanhamento da produção e os aplicativos móveis, bem como testes para escolha dos formatos de exportação dos arquivos, geração de simulações 4D das construções e associação de dados de planejamento e custos ao modelo BIM 3D.

Os ajustes consistiram, basicamente, na alteração da codificação da EAP adotada pela Empresa A, nos melhoramentos das planilhas de planejamento, na alteração da forma de exportação e sincronização entre os softwares, na definição de critérios para escolha de aplicativos móveis para uso em campo.

4.3.3.2. Implementação Piloto do Método Final Proposto

A implementação piloto do Método Proposto 3 se deu ao longo de oito semanas nos meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018 no Empreendimento 2. Essa implementação ocorreu de forma parcial, visando apenas à integração entre o planejamento da produção e o acompanhamento da produção.

As principais limitações nesta implementação se referiram ao uso do modelo BIM, já que este não foi atualizado pela empresa; ao retorno dos dados de custos, visto que a empresa não mostrou interesse na coleta desse tipo de dado; e no uso de dispositivos móveis para coleta de dados em campo, uma vez que não foi possível inserir novos aplicativos na rotina de campo da empresa.

O acompanhamento da implementação ocorreu por meio do monitoramento dos relatórios gerados pelo *MS Project*, e também, pela participação nas reuniões de planejamento realizadas em escritório, contando com a presença do engenheiro de campo por telefone ou por videoconferência.

Os relatórios eram gerados pela empresa com frequência variável, podendo ser mensal, quinzenal ou semanal. Nestes relatórios eram informados a linha de balanço com as atividades previstas, listas de tarefas futuras e atrasadas, progresso dos serviços, tarefas sem apontamento, entre outros, conforme será mostrado no capítulo Apresentação de Resultados.

4.3.4. *Avaliação e Conclusão do Método Proposto*

Para discussão e análise dos resultados, primeiramente, foi realizada uma análise cruzada de informações dos Métodos Propostos e das Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs) utilizadas pelos Empreendimentos.

Para análise dos métodos propostos foram considerados os seguintes aspectos: a versão da EAP e da CPS, as pessoas, processos e tecnologias envolvidos, sua integração em relação aos processos de Modelagem BIM 3D, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção, além dos principais problemas, limitações e melhorias identificados.

Com relação à análise das Estruturas Analíticas de Projeto foram considerados os seguintes aspectos: as versões da CPS, a divisão dos campos,

em qual método proposto foi utilizada e os principais problemas, dificuldades e melhorias identificados.

Com o objetivo de avaliar o método proposto, foram definidos quatro constructos, conforme descrição a seguir.

O constructo **Integração do fluxo de informações entre processos** visa avaliar a funcionalidade do método, ou seja, até que ponto o método proposto integra os processos de Modelagem BIM 3D, a Orçamentação, o Planejamento e Acompanhamento da produção nos ambientes de campo e escritório, de acordo com a Estrutura Conceitual definida para o estudo (Figura 12). Para tanto, foram definidas 7 (sete) variáveis de análise, conforme o Quadro 5. Essas variáveis foram propostas com base na revisão bibliográfica, principalmente no trabalho de Jrade e Lessard (2015), o qual foi anteriormente descrito no item 3.4.

O constructo **Facilidade de uso** visa a avaliar se o método pode ser facilmente utilizado pelos usuários, tendo sido definidas 3 (três) variáveis de análise.

O constructo **Utilidade e Limitação** visa a avaliar se o método é útil a partir da percepção dos envolvidos, bem como as suas limitações, tendo sido definidas 3 (três) variáveis de análise.

O constructo **Generalização e Replicabilidade** visa a avaliar se o método pode ser usado em outros tipos de projetos, tendo sido definidas 3 (três) variáveis de análise.

O Quadro 6 apresenta a descrição de cada constructo, variável e fonte de evidência adotada no estudo.

Quadro 6 - Constructos, Variáveis e Fonte de Evidência

Constructo	Variável	Fonte de evidência
Integração do fluxo de informações entre processos	<ul style="list-style-type: none"> - Integração de diferentes softwares e ferramentas - Uso da EAP entre os processos - Comunicação entre escritório e campo - Revisão e atualização de informações - Automação e simplificação dos processos - Responsabilidades das pessoas envolvidas - Banco de dados único e fácil acesso à informação 	Análise de documentos, entrevistas, observação participante, percepção dos usuários, dados coletados durante as reuniões
Facilidade de uso	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade de uso do método e software/ferramentas do sistema. - Facilidade para compreender as informações fornecidas - Aprendizagem do método e das ferramentas usadas 	Percepção dos usuários e observação participante
Utilidade e limitação	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimento às necessidades de informações dos usuários - Benefícios da implementação - Limitação da implementação 	Análise de documentos, entrevistas, observação participante, dados coletados durante as reuniões, percepção dos usuários
Generalização e replicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de codificação padronizada e fluxo de informações - Adaptação do método e das ferramentas aos projetos de outras empresas - Adaptação do método e das ferramentas a outros contextos externos 	Análise de documentos e observação participante

As análises dos constructos basearam-se nos resultados obtidos ao longo da pesquisa e na percepção dos usuários envolvidos.

Para avaliar a percepção dos usuários envolvidos, foi necessário o uso de um questionário de importância, como fonte de evidência complementar. Este questionário foi composto por afirmações valoradas na escala Likert de 1 a 5 pontos, e por questões abertas em forma de entrevista (ver Apêndice 1). O questionário é uma técnica de investigação composta por uma série de questões que são formuladas com o intuito de obter informações. Estes, geralmente, são propostos por escrito aos participantes, e neste caso, são denominados de questionários auto-aplicados (GIL, 2008).

O uso da escala Likert envolveu a elaboração de enunciados manifestando uma afirmação acerca do cumprimento dos objetivos propostos pelo método, para que os entrevistados avaliassem com uma nota de 1 a 5, onde o 1 representava total desacordo e 5 completa concordância, portanto, seu grau de concordância com as afirmações apresentadas.

Este questionário foi aplicado a 5 (cinco) pessoas envolvidas nos processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção, quais sejam: gerente, engenheira de planejamento, engenheiro de campo, estagiário modelador e estagiário de orçamento, conforme Quadro 7.

Quadro 7 - Relação dos participantes e tempo envolvidos na avaliação do método proposto

	Participante	Atividade desenvolvida	Empreendimento	Ambiente	Tempo (h)
Avaliação do Método Proposto 3	Gerente	Entrevista e discussão relacionada com a implementação do método/ Resposta dos questionários	E2	Escritório	5
	Estagiário Modelador				6
	Estagiário de orçamento	Aplicação do questionário		Campo	1
	Eng. de campo				1
	Eng. de planejamento				1

Por fim, na etapa de conclusão, para consolidar os resultados da implementação e das avaliações, foi realizado um levantamento das principais contribuições teóricas e práticas do trabalho.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados do Estágio A e do Estágio B da pesquisa, conforme descrito no delineamento deste trabalho (Item 4.2).

Os resultados do Estágio A referem-se ao diagnóstico do fluxo de informações entre os processos de Modelagem BIM 3D, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção, para o Empreendimento 1, abrangendo os ambientes de escritório e campo. Como resultado da análise dessas informações tem-se o Método Proposto 1.

Os resultados do Estágio B envolve a apresentação do diagnóstico do fluxo de informações entre os processos estudados nos ambientes de campo e escritório do Empreendimento 2. Além da apresentação e discussão dos Métodos Proposto 2 e 3. Por fim, são exibidos os resultados da implementação piloto e da avaliação do Método Proposto 3, o qual se estabeleceu como a versão final proposta do método.

5.1. Resultados do Estágio A da Pesquisa

Este item apresenta os resultados das etapas de Conhecimento do problema e Sugestão, as quais foram desenvolvidas no Estágio A da pesquisa. O Conhecimento do problema visou ao diagnóstico do fluxo de informações entre os processos de Modelagem BIM 3D, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção para o Empreendimento 1. Já a etapa de Sugestão apresenta a descrição do Método Proposto 1.

5.1.1. Diagnóstico do fluxo de informações entre os processos – Empreendimento 1

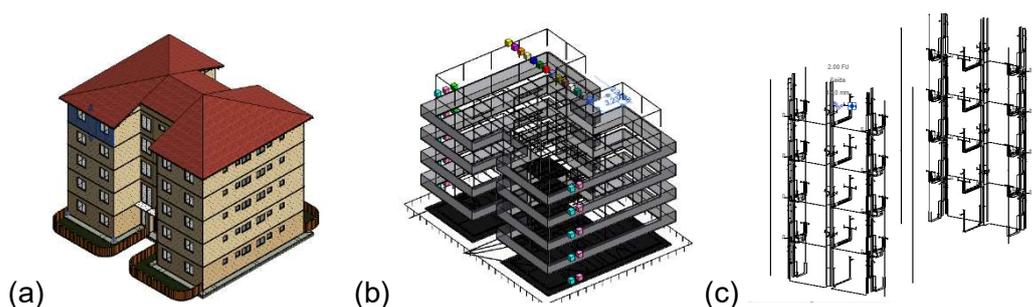
Para o diagnóstico do fluxo de informações entre os processos estudados no Empreendimento 1, utilizou-se o diagrama de fluxo de dados (DFD) e foram analisadas as características da EAP e dos Modelos BIM desenvolvidos pela empresa, bem como os dados que foram coletados por meio de entrevistas.

5.1.1.1. Características do Modelo BIM e da EAP- Empreendimento 1

Como já mencionado no capítulo de Método de Pesquisa, os modelos BIM e a codificação da EAP do Empreendimento 1 foram desenvolvidos pela Empresa de construção estudada (Empresa A) antes do início desta pesquisa. Estes modelos e a codificação apresentavam um conjunto de características discutidos a seguir.

Os modelos BIM analisados foram desenvolvidos no software *Revit* da *Autodesk* e estavam subdivididos em três tipos de modelos (conforme Figura 13): “Fixo” (arquitetura e estrutura), “Instalações” (instalações hidráulicas) e de “Apoio” (fôrmas, atividades temporárias ou não modeláveis, tais como, como marcação de gabarito, checklists, limpeza final...).

Figura 13 - Representação do modelo (a) “Fixo”, (b) “Apoio” e (c) “Instalações” – Empreendimento 1



Fonte: Empresa A

Conforme a classificação do *American Institute of Architects* (AIA), apresentada na revisão de literatura, os modelos BIM 3D possuíam nível de desenvolvimento 350. O modelo BIM da edificação estava finalizado, com geometria e localização dos elementos de construção bem definidos, com possibilidade de extração de documentos de construção e de quantitativos, além de estarem inclusas as informações de tipos de materiais e alguns parâmetros adicionais de projeto e de tipo, os quais eram responsáveis pela composição da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) de cada elemento, como será descrito adiante.

Para que o entendimento da EAP1 (EAP do Empreendimento 1) e como esta foi inserida no modelo BIM, é necessário definir os dois tipos de codificações adotadas pela Empresa A, são elas: CPS (Composição de Preços de Serviços)

e CPU (Composição de Preços Unitários). A primeira trata-se de uma codificação utilizada pela empresa para fazer o orçamento por serviços, cuja unidade de medição pode ser por módulo, casa, pavimento, etc., dependendo dos critérios de medição adotados pela empresa. A CPS pode ser formada por uma ou mais CPU, onde essa codificação se refere aos recursos ou insumos que compõem esses serviços, ou seja, mão de obra, materiais, equipamentos, etc.

Na Figura 14 é possível observar um exemplo da descrição de cada serviço com a sua respectiva codificação CPS, as descrições dos recursos associados a essa CPS, as CPU que a compõem e as unidades de medição adotadas para ambas as codificações. A CPS e a CPU utilizadas no Empreendimento 1 foram as mesmas utilizadas pela Empresa A em um empreendimento antigo da mesma, e estas codificações foram geradas automaticamente pelo software de orçamento (TOTVS) à medida em que os serviços eram inseridos.

Figura 14 – Exemplo de codificação de CPS e CPU utilizada pela Empresa A

CPS	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND. DO SERVIÇO	CPU - RECURSO	DESCRIÇÃO DO RECURSO	UND. DO RECURSO
P131012	Marcação para Escavação	MOD	B130012	Marcação para Escavação	M
P121001	Escavação Mecânica das Redes Subterrâneas	MOD	B120001	Escavação Mecânica das Redes Subterrâneas	M²
P131001	Instal. Do gabarito e retirada do	MOD	B130001	Instal. Do gabarito e retirada do anterior	M²
P131003	Marcação do gabarito sem Montagem	MOD	B130003	Marcação do gabarito sem Montagem	M
P811510	Instalação das caixas de esgoto e gordura e instalações hidrossanitárias	MOD	B810010	Caixa Sifonada em Conc.DI=60CM H=30CM com Almofada e Tampa em Concreto D=72CMX6CM	UND.
P811510	Instalação das caixas de esgoto e gordura e instalações hidrossanitárias	MOD	B810011	Caixa de Gordura em Conc.DI=60CM H=60CM com Almofada e Tampa em Concreto D=72CMX6CM	UND.
P811510	Instalação das caixas de esgoto e gordura e instalações hidrossanitárias	MOD	B810012	Caixa de Inspeção em Conc.DI=60CM H=30CM com Almofada e Tampa em Concreto D=72CMX6CM	UND.
P121015	Regularização do terreno com solo cimento	MOD	B120015	Regularização do Terreno com Solo Cimento	M²
P241515	Montagem da forma de fundação	MOD	B240015	Forma Metálica para Fundação - 10 Reaproveitamos - Fabricação, Montagem e Desmontagem	M²
P241515	Montagem da forma de fundação	MOD	B240019	Lona PVC Preta 150 Micras para Radier Parcial e Passeios	M²
P221507	Apliação de ferragem da fundação	MOD	B030019	Tela Eletrosoldada Q - 61 - 14,25kg/Pç	KG
P221507	Apliação de ferragem da fundação	MOD	B030014	Tela Eletrosoldada T - 196 - 31,00kg/Pç	KG
P221507	Apliação de ferragem da fundação	MOD	B030007	Tela Eletrosoldada Q - 138 / 2,20kg/M2	KG

Fonte: Empresa A

A EAP1 era composta por seis partes, incluindo Bloco, Nível, Área, Apartamento, Interno/Externo e CPS, conforme Figura 15. Observou-se que para a formação no modelo BIM da EAP1 de cada elemento modelado, as informações de Bloco foram inseridas como parâmetros de informações de

projeto, já que eram informações gerais comum a todos os elementos. As informações de Área, Interno/Externo e CPU foram inseridas como parâmetro compartilhados de tipo, ou seja, comum a cada elemento que estava associado à mesma família. Já o Nível, CPS1 (CPS do Empreendimento 1), EAP1 e Apartamento eram parâmetros de instâncias que são específicos a cada elemento modelado. Todas as informações desses campos foram inseridas durante a modelagem, contudo, o campo da EAP1, no modelo BIM, era preenchido automaticamente por meio de uma rotina desenvolvida no *Dynamo*.

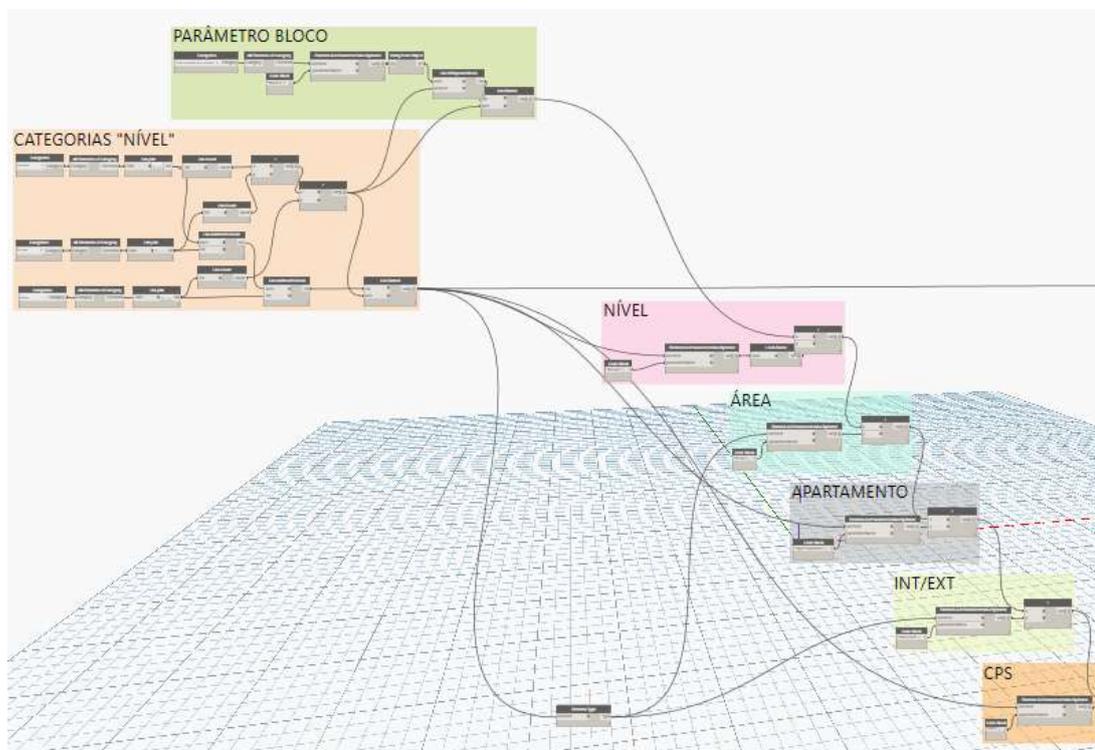
Figura 15 - Descrição da EAP1 utilizada pela empresa no EC1

BLOCO	NÍVEL	ÁREA	APART.	INT/EXT	CPS1
18	N00	1	00	2	P222001
EAP: 18.N00.01.101.02.P222001					

01. Bloco – numeração adotada para identificar a localização do bloco;
02. Nível – identificação do número do pavimento;
03. Área – código “01” caso fosse uma área cuja concretagem ocorresse juntamente com escada); código “02” com a área concretada independente da escada); e código “00” quando não se aplica;
04. Apartamento – número de identificação do apartamento;
05. Interno/Externo – código “01” para elemento da área interna da construção; código “02” para elemento da área externa da construção; e código “00” quando não se aplica;
06. CPS – código para Composição de Preços de Serviços

Juntamente com os modelos BIM 3D, também foram fornecidos à pesquisadora uma tabela com todas as codificações de CPS1 e CPU adotadas durante a modelagem, as rotinas de programação desenvolvidas no *Dynamo* para o preenchimento automático do campo da EAP1 no próprio *Revit* (conforme Figura 16), e a programação no *Dynamo* para extração automática de quantitativos do *Revit* para o *Excel*.

Figura 16 - Exemplificação de um trecho das rotinas para geração automática de EAP no *Dynamo* - Janelas, Portas e Pisos



Fonte: Empresa A

Foi possível perceber com o material fornecido, que apesar de existir um campo para identificação do apartamento, este não foi preenchido durante a modelagem, ou seja, havia um campo que compunha a EAP1 que não era utilizado. Outro problema encontrado foi a configuração da planilha do *Excel* que constava as informações de levantamento quantitativo originado do *Revit*, que por não agrupar os quantitativos por CPS, dificultava a inserção dessas informações pela equipe de orçamento no TOTVS (conforme Figura 17). Assim, quando a equipe de orçamento necessitava de informações de quantitativos, o agrupamento e soma dos quantitativos por CPS eram realizados manualmente.

Figura 17 - Tabela de levantamento quantitativo gerada pelo *Dynamo*

	A	B	C	D	E	F	G
1	Nome	CPS	CPU	Comentários	Área	Perímetro	Volume
2	Radier 0,12m - 20MPa	C10000103	B010023		36,086	52,36	4,33032
3	Laje Concreto 0,08m	C10100101	B010022		45,9698	30,32	3,677584
4	Passeio 0,09m - 20MPa	C10000103	B010023		15,6197	47,08	1,405773
5	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,05968	3,064	5,97E-05
6	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,05968	3,064	5,97E-05
7	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,03368	1,764	3,37E-05
8	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,03368	1,764	3,37E-05
9	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,05988	3,074	5,99E-05
10	Tratamento - Externo	C10003109	B310025		0,05988	3,074	5,99E-05
11	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,03376	1,768	3,38E-05
12	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,03376	1,768	3,38E-05
13	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,05976	3,068	5,98E-05
14	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,05976	3,068	5,98E-05
15	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,05996	3,078	6,00E-05
16	Massa Regularizadora - Externa	C10007202	B720010		0,05996	3,078	6,00E-05
17	Selador - Externo	C10007701	B770002		0,05984	3,072	5,98E-05
18	Selador - Externo	C10007701	B770002		0,05984	3,072	5,98E-05
19	Selador - Externo	C10007701	B770002		0,03384	1,772	3,38E-05
20	Selador - Externo	C10007701	B770002		0,03384	1,772	3,38E-05
21	Selador - Externo	C10007701	B770002		0,06004	3,082	6,00E-05

← →
Paredes
Pisos
Portas
Janelas
Telhado
Teto
Vigas
Conexões de Tubulação

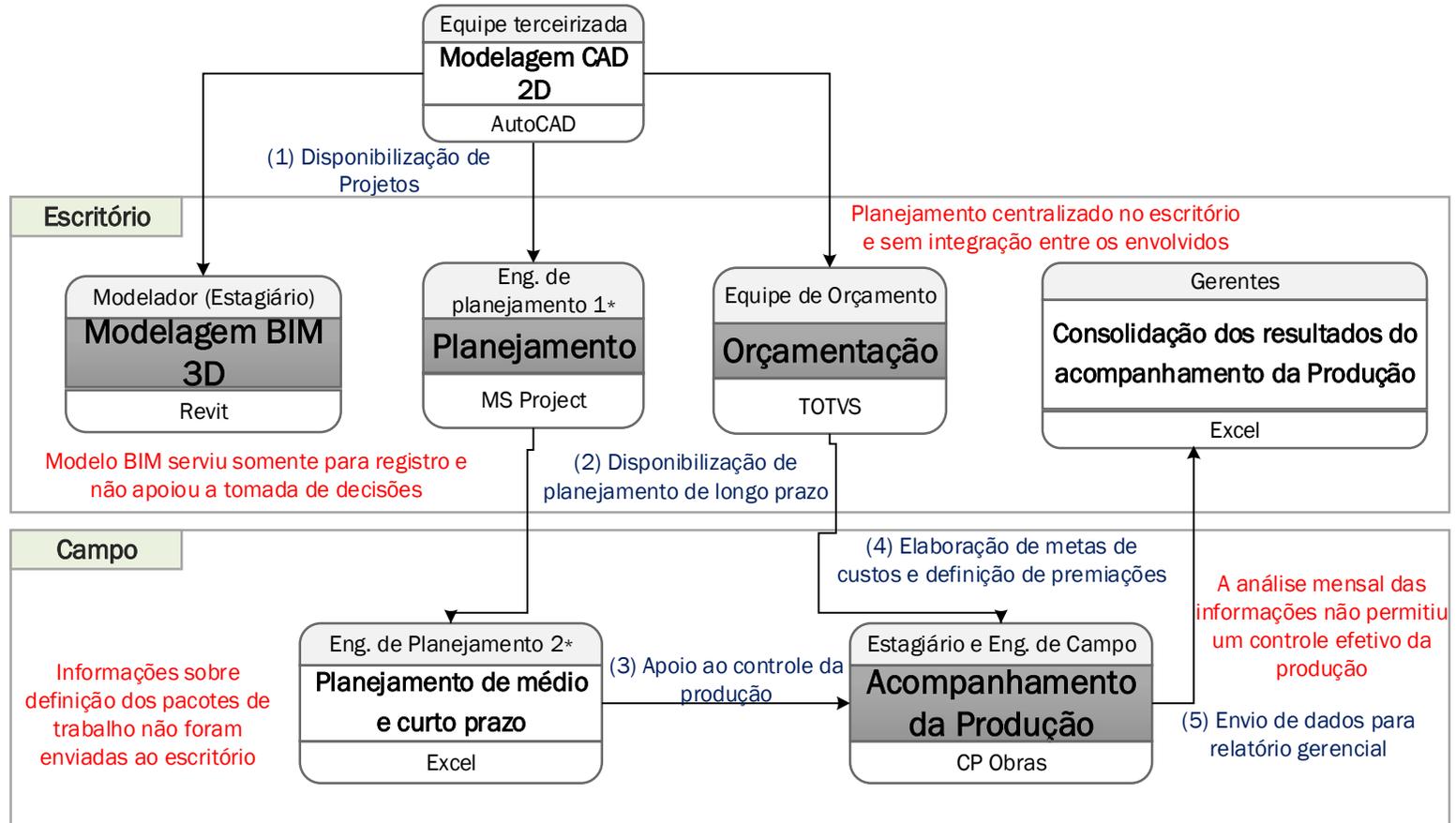
Pronto

Fonte: Empresa A

5.1.1.2. Fluxo de informações entre os processos – Empreendimento1

Esta seção apresenta os resultados relativos aos fluxos de informações entre os processos de Planejamento, Modelagem BIM 3D, Orçamentação e Acompanhamento da Produção para os ambientes de escritório e o campo. Para isso, foram identificadas as principais atividades, os responsáveis, os programas utilizados e os entraves identificados por meio do Diagrama de Fluxo de Dados (Figura 18). Este diagnóstico teve por base entrevistas com os gerentes, engenheiros de campo e de planejamento, estagiários, bem como a análise de documentos e observação direta. A análise dessas informações também possibilitou identificar alguns entraves para a integração dos processos estudados.

Figura 18 - DFD para diagnóstico dos processos - Empreendimento 1



*O Eng. de Planejamento 1 fez o planejamento de longo prazo no escritório, enquanto que o Eng. de Planejamento 2 trabalhou em campo fazendo o planejamento de médio e curto prazo

Fonte: Autora

A seguir são descritas as atividades presentes no fluxo de informações entre processos para o Empreendimento 1:

(1) Disponibilização de Projetos

Os processos de Planejamento, Modelagem BIM 3D e Orçamentação são iniciados quando os projetos arquitetônicos em CAD 2D, desenvolvidos por uma empresa terceirizada, são entregues ao escritório. De posse dessa informação cada equipe, no ambiente do escritório, trabalha isoladamente em seus documentos.

O modelo BIM 3D foi desenvolvido no *Revit* utilizando a EAP1, contudo, este teve somente a função de registrar informações de projeto, já que as demais equipes de orçamento, de planejamento e de campo não tiveram acesso ao modelo. Cada uma dessas equipes tinha sua própria codificação e definição dos pacotes de trabalho, com exceção do planejamento realizado no escritório que utilizou a mesma EAP que a do Modelo BIM. Apesar desse esforço inicial em integrar modelo BIM ao Planejamento, o modelo BIM foi desenvolvido sem que o modelador tivesse conhecimento de como se daria a execução do Empreendimento 1 em campo. Observou-se também, que o modelo BIM 3D foi finalizado com a obra já em andamento, o que resultou no seu desuso e na falta de atualização do mesmo pela empresa.

O planejamento de longo prazo foi elaborado no escritório utilizando o programa *MS Project* e com o auxílio do Engenheiro de planejamento do escritório (Eng. de Planejamento 1). Os serviços planejados foram identificados com a mesma EAP1 utilizada no modelo BIM 3D e foram estimadas durações em dias, com base na produtividade histórica de cada um dos serviços da Empresa A. Este planejamento exercia a função de prover datas marcos de início e fim de etapas construtivas, como fundação, alvenaria, instalações, entre outros. Um exemplo do trecho desse planejamento pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 - Planejamento de Longo Prazo em MS Project

	Te	E	Niv	A	Ap	L	CPS	EAP	Nome da Tarefa	Duraçã	Início
1								▾ HORTÊNSIAS	299 dias	Qua 17/08/16
2								▾ BLOCO 18	170 dias	Qua 17/08/16
3									▾ FUNDAÇÃO	11 dias	Qua 17/08/16
4								Início de Obra	0 dias	Qua 17/08/16
5			18	NTR	00	00	00	P132012	18.NTR.00.00.00.P132012	1 dia	Qua 17/08/16
6			18	NTR	00	00	00	P122001	18.NTR.00.00.00.P122001	1 dia	Qui 18/08/16
7			18	NTR	00	00	00	P132001	18.NTR.00.00.00.P132001	1 dia	Sex 19/08/16
8			18	NTR	00	00	00	P132003	18.NTR.00.00.00.P132003	1 dia	Seg 22/08/16
9			18	NTR	00	00	00	P812510	18.NTR.00.00.00.P812510	1 dia	Ter 23/08/16
10			18	NTR	00	00	00	P812510	18.NTR.00.00.00.P812510	1 dia	Qua 24/08/16
11			18	NTR	00	00	00	P242515	18.NTR.00.00.00.P242515	1 dia	Qui 25/08/16
12			18	NTR	00	00	00	P222507	18.NTR.00.00.00.P222507	1 dia	Sex 26/08/16
13			18	NTR	00	00	00	P000000	18.NTR.00.00.00.P000000	1 dia	Seg 29/08/16
14			18	N00	00	00	00	P222001	18.N00.00.00.00.P222001	1 dia	Ter 30/08/16
15			18	N00	00	00	00	P222003	18.N00.00.00.00.P222003	1 dia	Qua 31/08/16

Fonte: Empresa A

Embora o planejamento de longo prazo contivesse a EAP1, ele não ficou pronto antes do início da obra, além disso, como não foi desenvolvido em parceria com o engenheiro de campo, não representou a forma como os serviços eram executados em campo. Logo, o seu uso em campo não conseguiu ser efetivo. Além disso, o seu ritmo de atualização era inferior ao ritmo praticado pelas equipes de produção. Portanto, este planejamento não forneceu datas previstas confiáveis e seu uso no escritório e no campo foi descartado.

Em relação ao orçamento, este foi realizado com base no levantamento quantitativo manual oriundo da análise da planta baixa fornecida pela equipe terceirizada, em seguida essas informações foram inseridas manualmente no programa de orçamento (TOTVS).

Percebeu-se que apesar de centralizados no escritório, os processos de Planejamento, Modelagem BIM 3D e Orçamentação ocorreram sem muita integração entre essas equipes. Também não houve integração com a equipe de campo, para que se pudesse definir como os pacotes de trabalhos seriam executados e monitorados em campo.

(2) Disponibilização de planejamento de longo prazo

O planejamento de longo prazo, em *MS Project*, realizado pelo Eng. de Planejamento 1, foi enviado para campo para a realização dos planejamentos de médio e curto prazo, em *Excel*, pelo Eng. de planejamento de campo (Eng. de Planejamento 2). Os planejamentos de médio e curto prazo envolviam o

levantamento de materiais, equipamentos e estrutura necessários para realização das atividades, bem como a definição de equipes para realização dos serviços.

Percebeu-se que o planejamento de longo prazo, em *MS Project*, não era efetivamente utilizado pelos engenheiros de campo e de planejamento, pois, na realidade, eram desenvolvidas outras planilhas independentes, em *Excel*, para planejamento e controle da produção a nível de médio e curto prazo. Essas planilhas não possuíam codificação relacionada com o planejamento de longo prazo, e os serviços eram agrupados ou desmembrados de acordo com definições adotadas em campo, geralmente, coincidindo com os critérios adotados no software de acompanhamento da produção (CP Obras).

No planejamento de médio e curto prazo eram utilizados recursos visuais, como o uso de desenhos dos blocos e pavimentos do empreendimento, e cores, para representar as atividades programadas, realizadas e pendentes (Figura 20). O acompanhamento se deu com uso dessas cores, contudo, esse tipo de planejamento não era padrão nas outras obras da Empresa A.

(3) Apoio ao controle da produção

O planejamento de médio e curto prazo funcionou como uma fonte de informação à parte de controle, pois embora os dados destes planejamentos não fossem inseridos no software de acompanhamento da produção (CP Obras), eles deram apoio ao acompanhamento da produção pelo Eng. de Planejamento 2 e pelo Eng. de campo. Essas informações serviram para controle interno da obra e só retornavam ao escritório caso fossem solicitadas.

Figura 20 - Exemplo do Planejamento de curto prazo adotados pela equipe de campo: (a) Lista das atividades programadas e (b) Representação esquemática do andamento da obra por bloco.

DESCRIÇÃO DA ETAPA	BL17 D	BL17 E	BL18D	BL18 E	BL19 D
PAREDES 1º pavto E LAJE PISO 2ºPAV (2ªLAJE)- 2 APTOS	FORMA 2 (4)	FORMA 2 (6)	FORMA 1 (3)	FORMA 1 (5)	
Aplicação das telas, incl. os espaçadores (Mesma equipe da Etapa 1)	15/12/2016 T a 16/12/16 M	16 T a 17/12/2016	14 T A 15/12/2016 M		
Inst. Elétricas para paredes (Mesma equipe da Etapa 1)		22/12/2016	14 T A 15/12/2016 M		
Montagem da forma (Mesma equipe da Etapa 1)	19 A 20/12/16	23 A 26/12/16	12/12/16 A 16/12/16	21 A 22/12/16	
Aplicação da ferragem da laje (Mesma equipe da Etapa 1)	21/12/2016	27/12/2016	19/12/2016	23/12/2016	
Inst. Elétricas da laje (Mesma equipe da Etapa 1)	21/12/2016	27/12/2016	19/12/2016	23/12/2016	
Inst. Hidráulica na laje (Mesma equipe da Etapa 1)	21/12/2016	27/12/2016	19/12/2016	23/12/2016	
Concretagem das paredes e laje (Mesma equipe da Etapa 1)	21/12/2016	27/12/2016	19/12/2016	23/12/2016	
1ª aplicação do agente de cura da laje, após cristalização (Mesma equipe da Etapa 1)	21/12/2016	27/12/2016	19/12/2016	23/12/2016	26/12/2016
Aplicação de agente de cura acomp. A deformação (Mesma equipe da Etapa 1)	23/12/2016	29/12/2017	Página 75 21/12/2017	27/12/2016	

(a)



(b)

Fonte: Empresa A

(4) Elaboração de metas de custos e definição de premiações

Após o orçamento ter sido finalizado, os custos de mão de obra previstos para cada serviço, a descrição dos serviços e uma EAP oriunda dos TOTVS (EAP Totvs) com a numeração dos itens e subitens eram exportados para o software de acompanhamento da produção (CP Obras). No CP Obras, o Eng. de campo podia inserir e agrupar serviços (alterando a codificação exportada), cadastrar as equipes por pacotes de trabalho e definir a unidade de acompanhamento da produção (pavimento, apartamento, bloco...). Com o uso de distintas codificações e agrupamento de serviços, as informações sobre definição dos pacotes de trabalho que foram feitas em campo não estavam

integradas aos modelos BIM, ao planejamento de longo prazo nem aos serviços descritos no orçamento, dificultando o acompanhamento da produção.

No CP Obras também eram definidas as metas de custos com mão de obra e premiações em função da produção por equipe. A coleta de dados era realizada diariamente pelos estagiários e/ou técnico em edificações, com informações dos serviços executados, datas e carga horária de trabalho. Em termos de custos, observou-se que o CP Obras só permitia o acompanhamento de custos de mão de obra, não estando inclusos os recursos materiais, os quais já haviam sido adquiridos pela Empresa A antes do início da execução do Empreendimento 1.

(5) Envio de dados para relatório gerencial

Ao final do fluxo de informação relativo ao acompanhamento da produção, os dados extraídos do CP Obras (datas de execução, equipes, custos com mão de obra e premiações, quantidade de serviços executados) retornavam em forma de planilha de *Excel* para o escritório, para que fosse feito o acompanhamento mensal dessas informações em forma de um relatório gerencial para comparativo do custo previsto e do custo real.

Os relatórios mensais de custos eram os únicos arquivos onde dados reais de custo e planejamento eram reunidos e disponibilizados à gerência. Entretanto, estes relatórios não permitiam um controle mais rápido e efetivo dessas informações devido ao longo período para compilação dos dados.

O Quadro 8 apresenta um resumo das atividades identificadas, suas descrições e os entraves à integração dos fluxos de informação.

Quadro 8 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 1

Nº	Atividades	Descrição	Entraves
1	Disponibilização de Projetos	Os projetos em CAD 2D eram disponibilizados às equipes de planejamento, orçamento e de modelagem.	Planejamento centralizado no escritório e sem integração entre as pessoas, os processos e os softwares. Modelo BIM serviu somente para registro e não apoiou a tomada de decisões.
2	Disponibilização de planejamento de longo prazo	O planejamento de longo prazo era disponibilizado à equipe de campo para a elaboração do planejamento de médio e curto prazo.	Não havia uma linguagem comum de comunicação, seja codificação ou nomenclatura, para comunicação entre as equipes envolvidas nos processos, dificultando a revisão e atualização das informações de planejamento e custos.
3	Apoio ao controle da produção	As informações do planejamento de médio e curto prazo serviram para apoiar o controle da produção definido no CP Obras.	Informações sobre a definição dos pacotes de trabalho não eram enviadas ao escritório para que servissem de base para o acompanhamento da produção.
4	Elaboração de metas de custos e definição de premiações	As informações de custos de mão de obra previstos para cada serviço eram inseridas no software de acompanhamento da produção.	A comunicação entre campo e escritório e a agilidade na tomada de decisões eram prejudicadas devido à periodicidade da avaliação das informações.
5	Envio de dados para relatório gerencial	Os dados de acompanhamento da produção retornavam em forma de planilha de <i>Excel</i> para o escritório.	Os dados estimados e reais de planejamento da produção e de custos não estavam reunidos e disponíveis para serem consultados pela equipe de campo e escritório a qualquer momento.

Fonte: Autora

O Quadro 9 apresenta um resumo dos processos representados no diagnóstico do fluxo de informações dos processos da Figura 18, com seus respectivos responsáveis, informações de entrada e saída, programas utilizados e o local onde estes processos foram realizados.

Quadro 9 - Quadro resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 1

Processos	Entradas	Saídas	Respon-sável	Software	Ambiente
Modelagem CAD 2D	-	Projeto CAD 2D	Equipe terceirizada	AutoCAD	Externo
Orçamentação	Projeto CAD 2D	Serviços a serem inseridos no CP Obras Dados de custos	Equipe de Orçamento	TOTVS	Escritório
Modelagem BIM 3D	Projeto CAD 2D	-	Modelador (Estagiário)	Revit	Escritório
Planejamento Longo Prazo	Projeto CAD 2D	Descriminação dos serviços e estimativa das datas de execução	Eng. Planej. 1	MS Project	Escritório
Planejamento médio e curto prazo	MS Project Projeto Longo Prazo Projeto CAD 2D	Planejamento mensal e semanal, definição de equipes	Eng. Planej. 2	Excel	Campo
Acompanha-mento da produção	Serviços oriundos do TOTVS	Dados reais de produção	Estagiário e Eng. de campo	CP Obras	Campo
Consolidação dos resultados do acompanha-mento da Produção	Dados reais de produção	Relatório de produção	Gerentes	Excel	Escritório

Fonte: Autora

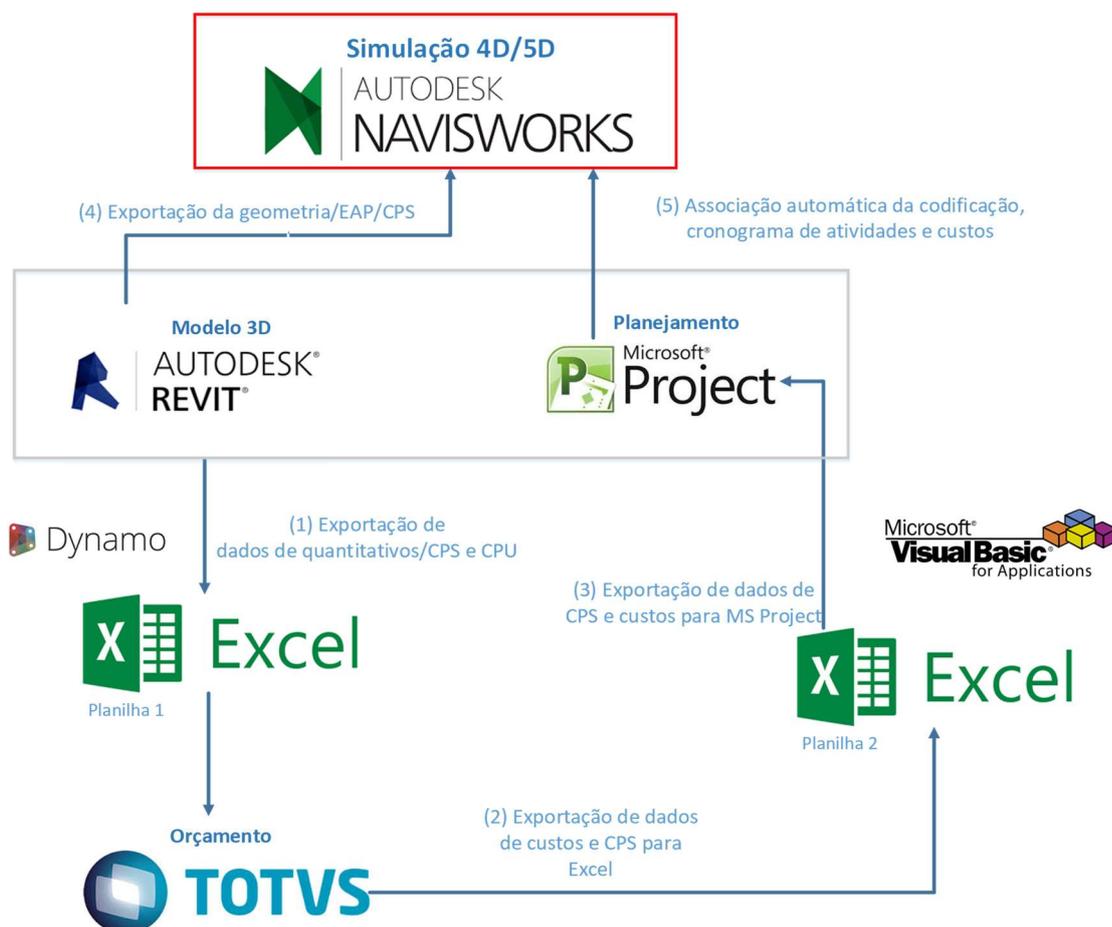
5.1.2. Método Proposto 1 – Empreendimento1

Diante dos resultados do diagnóstico do Empreendimento 1, foi proposta a primeira versão do método para integração do planejamento e orçamentação com uso de BIM, baseando-se nos processos já utilizado pela Empresa A. Nessa etapa da pesquisa, o foco principal foi entender a integração entre os programas utilizados pela empresa estudada, de forma a permitir a comunicação entre os processos de Modelagem BIM 3D, Orçamentação e Planejamento. Neste momento do estudo, não foram considerados os dados oriundos do acompanhamento da produção, nem os responsáveis por cada processo no

escritório e no campo. Somente se procurou entender com se daria a elaboração do modelo BIM integrado em termos de comunicação entre os softwares.

A Figura 21 apresenta o esquema do Método Proposto 1 para a integração entre sistemas ou programas. Procurou-se integrar informações oriundas dos programas *Revit* (Modelagem BIM 3D), *MS Project* (Planejamento) e *TOTVS* (Orçamentação), no programa *Navisworks*, utilizando o *Excel*, para auxiliar na troca dessas informações, e o *Dynamo* juntamente com o *Microsoft Visual Basic for Application* (VBA), para automatizar algumas tarefas.

Figura 21 - Representação esquemática do Método Proposto 1 – Empreendimento 1



Fonte: Autora

As principais atividades do Método Proposto 1 são descritas a seguir:

(1) Exportação de dados de quantitativos / CPS1 e CPU

A elaboração do Modelo BIM 3D continua sendo realizada com a inserção das EAP1, CPS1 e CPU para cada elemento modelado. As informações dos

quantitativos, CPS1 e CPU de cada elemento são extraídas automaticamente do *Revit* para a Planilha 1 do *Excel* (Figura 22), por meio de uma rotina de exportação no *Dynamo*. Os quantitativos presentes na Planilha 1 são agrupadas por CPS (processo manual) e são inseridos no TOTVS para que o orçamento possa ser desenvolvido. A CPS1 funciona como chave de mescla das informações da Planilha 1 para o TOTVS. O termo chave de mescla, neste trabalho, corresponde ao dado que será responsável por associar as informações entre planilhas ou entre programas (podendo ser, por exemplo, a CPS ou a EAP). Assim, este dado deve estar presente em ambos as planilhas/programas que se deseje integrar. Esse termo é geralmente utilizado pelo programa *MS Project* para inserção de dados do *Excel* em sua planilha por meio da importação de informações comuns a ambas as planilhas.

Figura 22 - Exemplo de dados do levantamento quantitativo - Planilha 1

	A	B	C	D	E	F	G
1	Nome	CPS	CPU	Comentários	Área	Comprimento	Volume
2	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		13,2400002	6,100000079	1,32400002
3	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		9,126	3,61	0,9126
4	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		9,386	3,61	0,9386
5	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		12,9800002	6,100000079	1,29800002
6	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		32	13,6	3,2
7	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		12,9800002	6,100000079	1,29800002
8	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		9,386	3,61	0,9386
9	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		0,985330795	1,679999921	0,09853308
10	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		9,386	3,61	0,9386
11	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		12,9800002	6,100000079	1,29800002
12	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		31,74	13,6	3,174
13	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		4,248	2,6	0,4248
14	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		4,248	2,6	0,4248
15	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		9,126	3,61	0,9126
16	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		9,126	3,61	0,9126
17	Parede de Concreto 0,10m - Sem Escada	P312502	B310002		4,42	1,71	0,442
18	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		13,106	6,38	1,3106
19	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		8,507	3,76	0,8507
20	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		12,716	6,38	1,2716
21	Parede de Concreto 0,10m - Com Escada	P312501	B310002		4,42	1,71	0,442

Fonte: Empresa A

(2) Exportação de dados de custos e CPS1 para *Excel*

Uma vez que o orçamento tenha sido elaborado, os dados de custo são exportados juntamente com a CPS para a Planilha 2 do *Excel*. Uma simulação da Planilha 2 (Figura 23) gerada pelo TOTVS foi realizada pela autora para execução dos testes, portanto, os dados de custos não correspondem aos dados reais.

Figura 23 - Simulação de planilha de custos gerada pelo TOTVS – Planilha 2

	A	B	C
1	CPS	Descrição	Custo
2	P312920	Tratamento int. incl. Reenquadramento dos vãos - 4ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	80560,00
3	P312501	Concretagem das paredes e laje	250400,00
4	P312502	Concretagem das paredes e laje - Térreo - Etapa 2 - Lado sem Escada	28435,00
5	P312520	Tratamento int. incl. Reenquadramento dos vãos - Térreo - Etapa 1 - Lado com Escada	85326,00
6	P312521	Tratamento int. incl. Reenquadramento dos vãos - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	76950,00
7	P312601	Concretagem das paredes e laje - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	74545,00
8	P312621	Tratamento int. incl. Reenquadramento dos vãos - 1ºPav - Etapa 2 - Lado sem Escada	75986,00
9	P312902	Concretagem das paredes e laje - 4ºPav - Etapa 2 - Lado sem Escada	302625,00
10	P312701	Concretagem das paredes e laje - 2ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	285236,00
11	P312620	Tratamento int. incl. Reenquadramento dos vãos - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	
12	P312625	Tratamento externo - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	95230,00
13	P772615	Aplicação de selador acrílico - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	65320,00
14	P772610	Massa acrílica - 1ºPav - Etapa 1 - Lado com Escada	85900,00
15			

Fonte: Autora

(3) Exportação de dados de CPS1 e custos para *MS Project*

De posse dos dados da Planilha 2, em *Excel*, grava-se uma macro de exportação automática, que é um recurso disponibilizado pelo *Microsoft Visual Basic for Applications* (VBA), para inserir os dados da Planilha 2 oriundos do TOTVS na planilha do *MS Project*, a qual já está sendo elaborada pela equipe de planejamento. Essa exportação se dará por mescla de dados, em que o *Excel* usa a CPS1, presente na Planilha 2, como chave de mescla no *MS Project*, considerando que no *MS Project* já tenha sido inserida uma lista com os serviços, suas respectivas CPS e EAP1, durações e predecessoras.

(4) Exportação da geometria/EAP1/CPS1

Essa atividade consiste na inserção das informações geométricas e paramétricas oriundas do *Revit*, juntamente com a EAP1, a CPS1 e CPU no software *Navisworks* para que possa ocorrer a simulação 4D/5D e a integração das informações presentes no *MS Project*.

(5) Associação automática da codificação, cronograma de atividades e custos

Uma vez que as metas do planejamento foram definidas, a simulação 4D/5D é gerada no *Navisworks*, por meio da associação automática da

geometria do modelo com os dados do *MS Project*. A associação utiliza a EAP1 como chave de mescla entre os programas. A planilha do *MS Project* serve como banco de dados das informações de planejamento e custos.

Nesta etapa do estudo, foram realizados alguns testes de exportação entre os softwares definidos no Método Proposto 1, tendo sido identificadas algumas inconsistências durante o teste de mesclagem dos dados na (3) Exportação de dados de CPS1 e custos para o *MS Project*. Neste caso, ao se trabalhar utilizando o CPS1 como chave de mescla da Planilha 2 para a planilha do *MS Project*, se os valores da CPS1 se repetissem ao longo da mesma coluna no *MS Project*, a mescla só funcionava para a primeira linha localizada na busca. Ou seja, somente em uma linha, com a CPS1, eram inseridas as informações de custos, as demais ficavam zeradas. Isso acontecia quando eram inseridos mais de um bloco de construção com o CPS1 se repetindo nos mesmos. Isso pode ser observado na Figura 24, onde a CPS P312502 só teve o custo inserido na linha 37, as demais linhas (279, 521 e 763) ficaram com o custo zerado.

Apesar de algumas atividades estarem automatizadas, as informações da EAP1 e da CPS1 eram inseridas manualmente na Planilha do *MS Project*, o que tornavam essas atividades trabalhosas, exigindo do usuário tempo desnecessário para execução dessas atividades. Outro problema a ser resolvido foi a falta de integração com as informações de acompanhamento da produção com os demais programas. O método não previu a inserção do CP Obras, pois a pesquisadora não teve acesso direto ao programa no Empreendimento 1 nesta etapa da pesquisa, pois o mesmo ainda estava em fase de implementação em campo.

Figura 24 - Exemplo do erro identificado na atividade de Exportação de dados de CPS1 e custos

IDT	Modi da	Área de Responsabilidade	CPS	EAP	Fonte	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Propriedades	CU
1					HORTÊNSIAS	299 dias	Qua 17/08/16	Sex 20/10/17			R\$ 32.788.287,00
2					BLOCO 18	170 dias	Qua 17/08/16	Seg 17/04/17			R\$ 32.788.287,00
16						SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LAJES	75 dias	Sex 02/09/16	Qua 21/12/16			R\$ 32.788.287,00
30						TÉRREO - ETAPA 2	46 dias	Ter 06/09/16	Sex 11/11/16			R\$ 105.385,00
37		P312502		18.N00.02.00.00.P312502		Concretagem das paredes e laje	1 dia	Ter 01/11/16	Ter 01/11/16	33		R\$ 28.435,00
245					BLOCO 17	88 dias	Qua 17/08/16	Qui 22/12/16			R\$ 0,00
258						SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LAJES	75 dias	Seg 05/09/16	Qui 22/12/16			R\$ 0,00
272						TÉRREO - ETAPA 2	47 dias	Ter 06/09/16	Seg 14/11/16			R\$ 0,00
279		P312502		17.NTR.2.0.0.P312502		Concretagem das paredes e laje	1 dia	Qui 03/11/16	Qui 03/11/16	275		R\$ 0,00
487					BLOCO 16	113 dias	Qua 17/08/16	Qui 26/01/17			R\$ 0,00
500						SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LAJES	99 dias	Ter 06/09/16	Qui 26/01/17			R\$ 0,00
514						TÉRREO - ETAPA 2	71 dias	Qua 07/09/16	Ter 20/12/16			R\$ 0,00
521		P312502		16.NTR.2.0.0.P312502		Concretagem das paredes e laje	1 dia	Sex 09/12/16	Sex 09/12/16	517		R\$ 0,00
729						BLOCO 15	114 dias	Qua 17/08/16	Sex 27/01/17			R\$ 0,00
742						SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LAJES	99 dias	Qua 07/09/16	Sex 27/01/17			R\$ 0,00
756						TÉRREO - ETAPA 2	71 dias	Qui 08/09/16	Qua 21/12/16			R\$ 0,00
763		P312502		15.NTR.2.0.0.P312502		Concretagem das paredes e laje	1 dia	Seg 12/12/16	Seg 12/12/16	759		R\$ 0,00
971						BLOCO 14	139 dias	Qua 17/08/16	Sex 03/03/17			R\$ 0,00
984						SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LAJES	123 dias	Qui 08/09/16	Sex 03/03/17			R\$ 0,00

Fonte: Autora

5.2. Resultados do Estágio B da Pesquisa

Neste item são apresentados os resultados das etapas de Conhecimento do Problema, Sugestão, Desenvolvimento e Avaliação desenvolvidas no Estágio B da pesquisa. Na etapa de Conhecimento do problema é apresentado o diagnóstico do fluxo de informações dos processos do Empreendimento 2. Na etapa de Sugestão e Desenvolvimento é apresentada a descrição dos ciclos iterativos de desenvolvimento do Método Proposto 2, a qual resultou no Método Proposto 3 e na sua implementação piloto. A avaliação do Método Proposto 3 é apresentada baseada na estrutura conceitual desenvolvida, incluindo os constructos e variáveis definidos no capítulo de Método de Pesquisa.

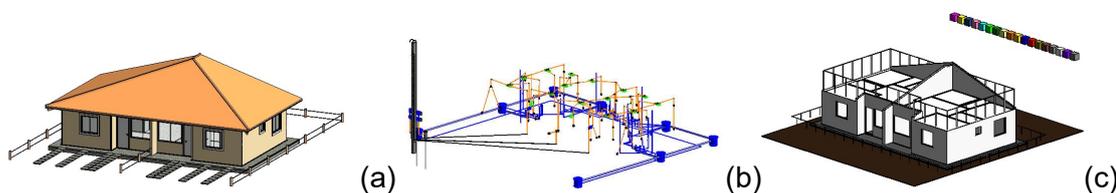
5.2.1. Diagnóstico do fluxo de informações entre os processos – Empreendimento 2

Para diagnóstico do fluxo de informações dos processos do Empreendimento 2 foram analisadas as características da EAP e dos Modelos BIM desenvolvidos pela Empresa A, bem como os dados coletados por meio das entrevistas com os gerentes, engenheiros, técnicos e estagiários, bem como a análise de documentos e observação direta.

5.2.1.1. Características do Modelo BIM e da EAP- Empreendimento 2

Os modelos BIM 3D do Empreendimento 2, assim como aqueles do Empreendimento 1, foram elaborados em *Revit* e possuíam nível de desenvolvimento 350. Este Modelo BIM 3D também foi subdividido em um modelo “Fixo”, um de “Instalações” e um de “Apoio”. (Figura 25). Quando a pesquisa se iniciou no Empreendimento 2, os modelos BIM 3D estavam concluídos e a obra já estava em andamento.

Figura 25 - Representação do modelo (a) “Fixo”, (b) “Apoio” e (c) “Instalações” – Empreendimento 2



Fonte: Empresa A

No Empreendimento 2, a EAP1 foi alterada para EAP2 (Figura 26), pois percebeu-se que a codificação da CPS presente no TOTVS já possuía em sua estrutura informações sobre a localização da execução dos serviços (nível e área), portanto, essa informação tornava-se repetitiva. Para elaboração da EAP2, houve a criação pela própria Empresa A de uma CPS padrão, denominada CPS2, utilizando, em um dos seus campos, os códigos de serviços próprios baseados na estrutura da codificação da CPS fornecida pelo TOTVS. Assim, os valores de CPS não variavam a cada empreendimento novo criado ou em função de obras anteriores, como acontecia com a CPS1.

A CPS2 era composta pelos campos de Tipo e Tipologia, que permitia uma maior generalização da codificação para outros empreendimentos; Área; Nível e Código de serviço (Figuras 26 e 27), os quais embutiam na CPS a localização do elemento e a descrição do serviço. Essas informações juntamente com as informações adicionais de identificação do Bloco, os campos Interno/Externo e Apartamento eram responsáveis por compor a EAP2.

Figura 26 - Descrição da EAP2 utilizada pela empresa no EC2

CPS2: C20001303							
BLOCO	TIPO	TIPOLOGIA	ÁREA	NÍVEL	CÓD. SERV.	INT/EXT	APART.
02	C	2	0	00	1303	0	0
EAP: 02.C2000130300							

01. Bloco – numeração adotada para identificar a localização do bloco;
02. Tipo - tipo de edificação (ex. casa, prédio...)
03. Tipologia - termo utilizado pela empresa para diferenciar o mesmo tipo de edificação com layouts diferentes (ex. Casa com 1 quarto, Casa com 3 quartos...)
04. Área –código “01” caso fosse uma área cuja concretagem ocorresse juntamente com escada); código “02” com a área concretada independente da escada); e código “00” quando não se aplica;
05. Nível – identificação do número do pavimento;
06. Código de serviço – codificação de serviços criada pela empresa (Anexo 1)
07. Interno/Externo –código “01” para elemento da área interna da construção; código “02” para elemento da área externa da construção; e código “00” quando não se aplica;
08. Apartamento – número de identificação do apartamento;

Figura 27 - Exemplo de códigos de serviços desenvolvidos pela Empresa A

Código	Descrição
0301	Aplicação de ferragem no radier
0302	Aplicação de ferragem na parede
0303	Aplicação de ferragem na laje
1001	Marcação do gabarito, Marcação para escavação e Instal. do gabarito e retirada do anterior (fusão)
1002	Reaterro manual compacto e Regularização do terreno com solo cimento (fusão)
1201	Escavação mecânica das redes subterrâneas
1202	Regularização do terreno com solo cimento
1203	Reaterro manual compacto
1204	Retirada de entulho

Fonte: Empresa A

Da mesma forma que no Empreendimento 1, para a formação da EAP2 de cada elemento modelado, as informações de Tipologia, Tipo e Bloco foram inseridas como parâmetros de informações de projeto. Já as informações relativas a Área, Interno/Externo, código de serviço e CPU foram inseridas como parâmetro compartilhados de tipo. Por último, o CPS2, a EAP2 e Apartamento eram parâmetros de instâncias. Também foram aplicadas ao modelo BIM as mesmas rotinas de programação visual no *Dynamo* desenvolvidas para o Empreendimento 1 visando à junção dos campos da EAP2 e geração automática de quantitativos do Empreendimento 2.

5.2.1.2. Fluxo de Informações entre Processos – Empreendimento 2

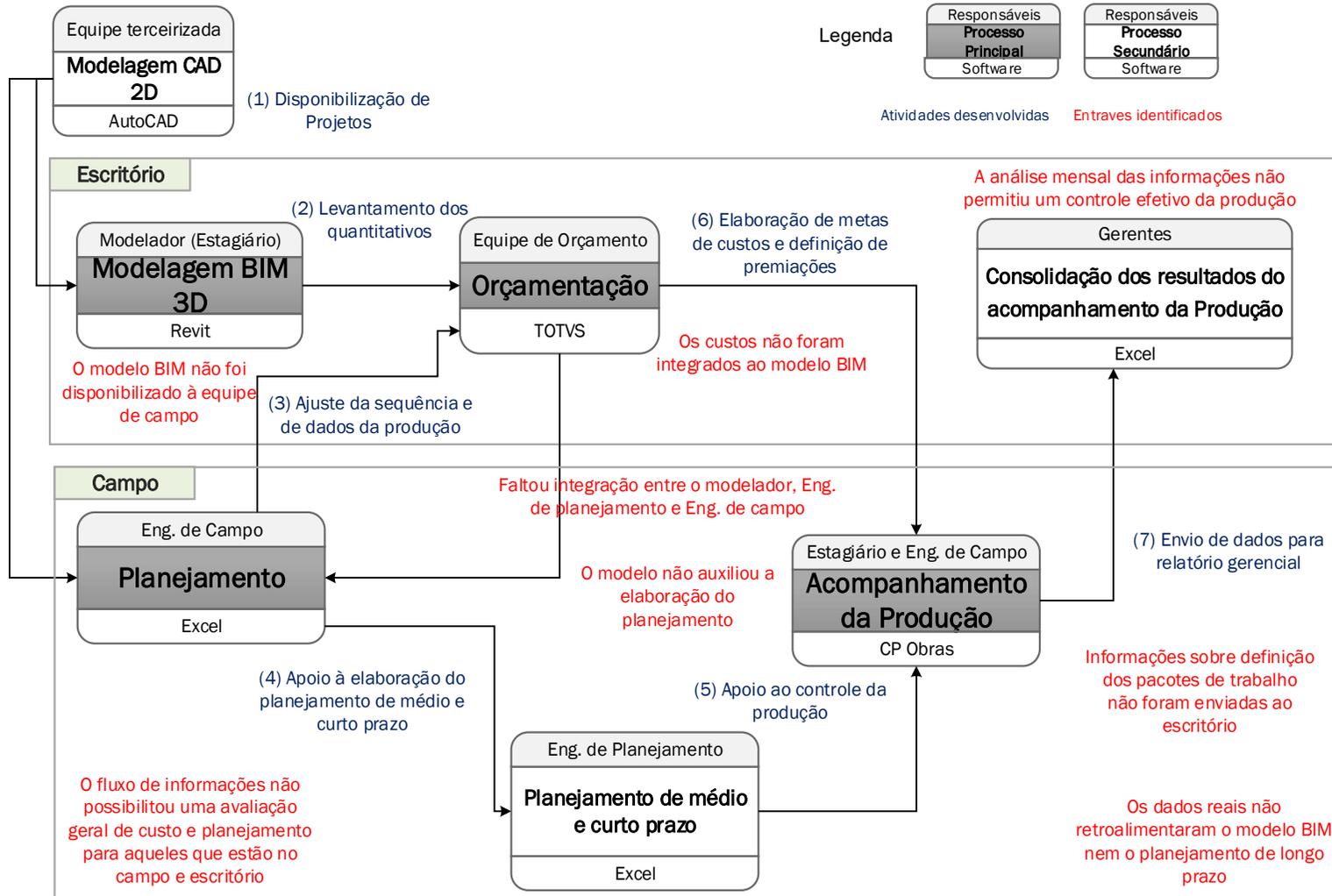
Esta seção apresenta os resultados relativos aos fluxos de informações entre os processos de Planejamento, Modelagem BIM 3D, Orçamentação e Acompanhamento da produção, para os ambientes de escritório e o campo, do Empreendimento 2. Para isso, foram identificados as principais atividades, os responsáveis, os programas utilizados e os entraves identificados por meio do Diagrama de Fluxo de Dados, conforme Figura 28. A partir desse diagnóstico, foram identificados os principais entraves à integração dos processos estudados.

A seguir é apresentada a descrição das atividades presentes no fluxo de informações entre os processos para o Empreendimento 2.

(1) Disponibilização de Projetos

Os projetos em CAD 2D foram desenvolvidos por uma equipe terceirizada, os quais foram disponibilizados à equipe de campo para elaboração de uma Planilha de sequência de atividades, e à equipe de modelagem para desenvolvimento do modelo BIM. Entende-se por sequência de atividades, neste caso, como uma lista das atividades a serem realizadas em campo, segundo a perspectiva do Eng. de campo, com relações de precedências e durações estabelecidas, não necessariamente representando os pacotes de trabalho adotados em campo.

Figura 28 - DFD para diagnóstico dos processos - Empreendimento 2



Fonte: Autora

Assim como no Empreendimento 1, a modelagem em BIM ocorreu sem que houvesse integração entre a equipe de modelagem e a equipe de campo, ou seja, a equipe de modelagem não teve conhecimento de como se daria a execução do Empreendimento 1 em campo e nem com seriam definidos os pacotes de trabalho. Assim, a nomenclatura, codificação e a definição dos pacotes de trabalho utilizados por ambas as equipes não coincidiram, resultando em trabalho adicional para reajuste do modelo e/ ou nomenclaturas e códigos utilizados na Planilha de sequência de atividades e dos serviços inseridos no CP obras.

Mesmo dando suporte à equipe de orçamento, através do levantamento de quantitativos, o uso do modelo BIM 3D continuou restrito ao escritório, sem ter sido disponibilizado para a equipe de campo e sem retroalimentação de dados de custos e planejamento executados.

(1) Levantamento Quantitativo

O levantamento quantitativo se baseou no modelo BIM 3D desenvolvido. Uma planilha com os quantitativos e a codificação CPS2 foi enviada para a equipe de orçamento, para que desse início ao processo de Orçamentação. Embora, o levantamento quantitativo auxiliasse na definição dos custos, os custos totais orçados por serviços não foram integrados ao modelo BIM e nem foram disponibilizados à equipe de campo, para auxiliar no controle dos mesmos.

(2) Ajuste da sequência e de dados da produção

No Empreendimento 2, a sequência de atividades foi desenvolvida pelo Engenheiro de campo, em *Excel*, com suas respectivas composições de equipes, previsão de produção e predecessoras para cada serviço (Figura 29). Essa sequência foi enviada para o escritório para alinhamento das informações disponibilizadas pela equipe de campo com os serviços adotados pela equipe de orçamento. Assim, quando a equipe de orçamento disponibilizasse a lista de serviços no CP Obras, o controle seria mais efetivo quando as informações de custos retornassem ao escritório, já que reduziria a necessidade de agrupar ou desagrupar serviços por parte da equipe de campo. Portanto, houve um esforço por parte da equipe de orçamento em considerar os critérios de definição de

nomenclatura e divisão dos serviços por parte dos profissionais de campo.

Percebe-se que, para o Empreendimento 2, não foi realizado um planejamento de longo prazo para auxiliar na definição de datas de metas de execução de serviços, estando o planejamento baseado em uma sequência de atividades desenvolvida pelo Eng. de campo.

Figura 29 - Planilha com sequência de atividades

DESCRIÇÃO DA ETAPA	EQUIPE	COMPOSIÇÃO DA EQUIPE	PRODUÇÃO	PREDECESSORAS
SERVIÇOS INICIAIS - IMPLANTAÇÃO DA OBRA				
GABARITO METÁLICO E MARCAÇÃO DA OBRA				
Marcação para escavação do módulo				
Escavação mecânica das redes subterrâneas	mini escavadora	1 operador	2 módulo de 2 casa	1
Instal. Do gabarito e retirada do anterior		1 C + 2 Serv	2 módulo de 2 casa/dia	2
Marcação do gabarito (mesma da inst. do gabarito)		1 C + 2 Serv	2 módulo de 2 casa/dia	3
ESCAVAÇÕES - REDES SUB. COM REGUL. MANUAL				
Instalações hidrossanitárias	inst. Hidráulica	1 enc + 1 serv	1 módulo de 2 casa/dia	4
Instalação elétrica na fundação (fazer com o encanador)				4
Instalação das caixas de esgoto e gordura		1 enc+2 P + 2 serv	1 módulo de 2 casa/dia	5
Regularização do terreno com solo cimento		5 serv	1 módulo de 2 casa/dia	5 e 6

Fonte: Empresa A

(3) Apoio à elaboração do planejamento de médio e curto prazo

Após a aprovação e atualização da sequência de atividades, a mesma foi utilizada para auxiliar a elaboração do planejamento de médio e curto prazo, em *Excel*. Geralmente, o planejamento de médio prazo envolvia apenas a programação das atividades para um horizonte de dois a três meses à frente e não envolvia análise de recursos necessários ou restrições. O planejamento de curto prazo envolvia apenas a programação semanal de serviços por equipe para que fosse realizado o acompanhamento de cada tipo de serviço. Assim como no Empreendimento 1, eram utilizados recursos visuais de figuras e cores que representavam a unidade de acompanhamento (módulo), e o status do serviço (executado, em andamento, não iniciado). Outra característica em comum com o Empreendimento 1 era que não havia padronização na representação das informações, a EAP2 ou CPS2 não eram utilizados nesse tipo de planejamento. Além disso, essa planilha de acompanhamento só retornava ao escritório caso fosse solicitada.

(4) Apoio ao controle da produção

As informações do planejamento de médio e curto prazo serviram para apoiar o controle da produção definido no CP Obras, pois funcionava como uma informação à parte de controle, principalmente, porque no CP Obras só haviam informações reais da produção, carecendo de estimativas de prazos de produção.

(5) Elaboração de metas de custos e definição de premiações

Da mesma forma que no Empreendimento 1, quando o orçamento era finalizado, os custos de mão de obra previstos para cada serviço, a descrição dos serviços e a EAP TOTVS eram exportados para o CP Obras.

Embora tivesse ocorrido interação entre a equipe de orçamento e o Eng. de campo para definição da sequência de serviços, quando se deu a definição dos pacotes de trabalho no CP Obras, muitas atividades inseridas foram desagrupadas e agrupadas, perdendo a integração entre as informações de orçamento e acompanhamento da produção. Portanto, o fluxo de informações ainda não possibilitou uma avaliação geral de custo e planejamento para aqueles que estão no campo e escritório. As informações sobre definição dos pacotes de trabalho também não foram enviadas ao escritório para apoiar a elaboração do Modelo BIM 3D e do orçamento.

Com base nos valores orçados, eram determinadas as metas de custos e critérios para premiações de mão de obra, que eram inseridos juntamente com a descrição das atividades no CP Obras. Esses dados reais de produção coletados pelo CP Obras não retroalimentavam o modelo BIM nem o planejamento de longo prazo.

(6) Envio de dados para relatório gerencial

Ao final, as informações da produção coletadas pelo CP Obras (datas de execução, equipes, custos com mão de obra e premiações, quantidade de serviços executados) também retornavam ao escritório para compor o relatório mensal de custos e atividade, em *Excel*, no qual era realizado um comparativo dos custos planejado e os executados.

Observou-se também que a realização de relatórios mensais de serviços e custos com mão de obra na forma corrente, não permitia uma intervenção rápida caso houvesse algum desvio das metas de planejamento e custo estabelecidas devido, essencialmente, à sua periodicidade de retroalimentação dos dados e à falta de um banco de dados acessível às equipes de campo e escritório.

No Quadro 10 estão descritas resumidamente as atividades presentes no fluxo, bem como os entraves à integração identificados.

Já no Quadro 11 é apresentado um resumo com os processos representados no DFD da Figura 28, seus respectivos responsáveis, informações de entradas e saídas, programas utilizados e o local onde estas atividades foram realizadas para o Empreendimento 2.

Quadro 10 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2

Nº	Atividades	Descrição	Entraves
1	Disponibilização de Projetos	Os projetos em CAD 2D foram disponibilizados à equipe de campo para elaboração de uma sequência de atividades e à equipe de modelagem para desenvolvimento do modelo BIM.	O modelo BIM não foi disponibilizado para equipe de campo. Ausência de integração entre campo e escritório para definir critérios para desenvolvimento do modelo BIM.
2	Levantamento dos quantitativos	O levantamento de quantitativo foi realizado com base no modelo BIM 3D e a planilha com os quantitativos era enviada para a equipe de orçamento.	Os custos não foram integrados ao modelo BIM.
3	Ajuste da sequência e de dados da produção	A planilha de sequência de atividades, elaborada pelo Eng. de campo foi enviada para a equipe de orçamento para que fossem verificados os serviços listados de modo a coincidir com os adotados pela equipe de orçamento.	Não teve um planejamento de longo prazo, somente foi elaborada uma planilha com uma sequência estimada das atividades que seriam desenvolvidas em campo A sequência de atividades não possuía a mesma codificação e nomenclatura que os demais processos

Quadro 11 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2 (continuação)

Nº	Atividades	Descrição	Entraves
4	Apoio à elaboração do planejamento de médio e curto prazo	Com base na sequência de atividades, o eng. de planejamento (em campo) desenvolveu os planejamentos de médio e curto prazo.	<p>Não havia uma linguagem comum de comunicação, seja codificação ou nomenclatura, para comunicação entre as equipes envolvidas nos processos, dificultando a revisão e atualização das informações de planejamento e custos.</p> <p>O fluxo de informações não possibilitou uma avaliação geral de custo e planejamento para aqueles que estão no campo e escritório.</p> <p>Os dados reais não retroalimentaram o modelo BIM nem o planejamento de longo prazo.</p> <p>Informações sobre definição dos pacotes de trabalho não foram enviadas ao escritório.</p>
5	Apoio ao controle da produção	As informações do planejamento de médio e curto prazo serviram para apoiar o controle da produção definido no CP Obras.	
6	Elaboração de metas de custos e definição de premiações	A equipe de orçamento inseriu as informações de custos de mão de obra previstos para cada serviço no software de acompanhamento da produção para definição de metas de custos e de premiações de mão de obra.	

Quadro 12 - Descrição das atividades desenvolvidas no fluxo de informação - Empreendimento 2 (continuação)

Nº	Atividades	Descrição	Entraves
7	Envio de dados para relatório gerencial	Os dados de acompanhamento da produção retornaram em forma de planilha de <i>Excel</i> para o escritório para que fosse feito o acompanhamento mensal dessas informações em forma de um relatório gerencial.	A comunicação entre campo e escritório e agilidade na tomada de decisões estavam prejudicadas devido à periodicidade da avaliação das informações. Os dados estimados e reais de planejamento da produção e de custos não estavam reunidos e disponíveis para serem consultados pela equipe de campo e escritório a qualquer momento.

Quadro 13 - Resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 2

Processos	Entradas	Saídas	Responsável	Software	Ambiente
Modelagem CAD 2D	-	Projetos CAD 2D	Equipe terceirizada	AutoCAD	Externo
Modelagem BIM 3D	Projetos CAD 2D	Levantamento quantitativo; Modelo BIM 3D	Modelador (Estagiário)	<i>Revit</i>	Escritório
Planejamento	Projetos CAD 2D; Ajustes da equipe de orçamento	Planilha de Sequência de atividades	Engenheiro de Campo	<i>Excel</i>	Campo
Orçamentação	Levantamento quantitativo; Planilha de Sequência de atividades	Ajustes para Planilha de Sequência de atividades; Serviços a serem inseridos no CP Obras	Equipe de Orçamento	TOTVS	Escritório
Planejamento médio e curto prazo	Planilha de Sequência de atividades	Planejamento mensal e semanal	Eng. Planejamento	<i>Excel</i>	Campo

Quadro 14 - Resumo do diagnóstico dos processos – Empreendimento 2 (continuação)

Processos	Entradas	Saídas	Respon-sável	Soft-ware	Ambi-ente
Acompanha-mento da Produção	Serviços oriundo do TOTVS	Dados reais de produção	Estagiário e Eng. de campo	CP Obras	Campo
Consolidação dos resultados do acomp. da Produção	Dados reais de produção	Relatório de produção	gerentes	<i>Excel</i>	Escritório

5.2.2. Método Proposto 2 – Empreendimento 2

A partir da análise dos dados coletados no Empreendimento 2, o Método Proposto 1 foi refinado, de modo a abranger os fluxos de informações entre os processos de Modelagem BIM 3D, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da Produção; incluindo seus respectivos responsáveis; e os softwares e ferramentas utilizados nos ambientes de escritório e campo (Figura 30).

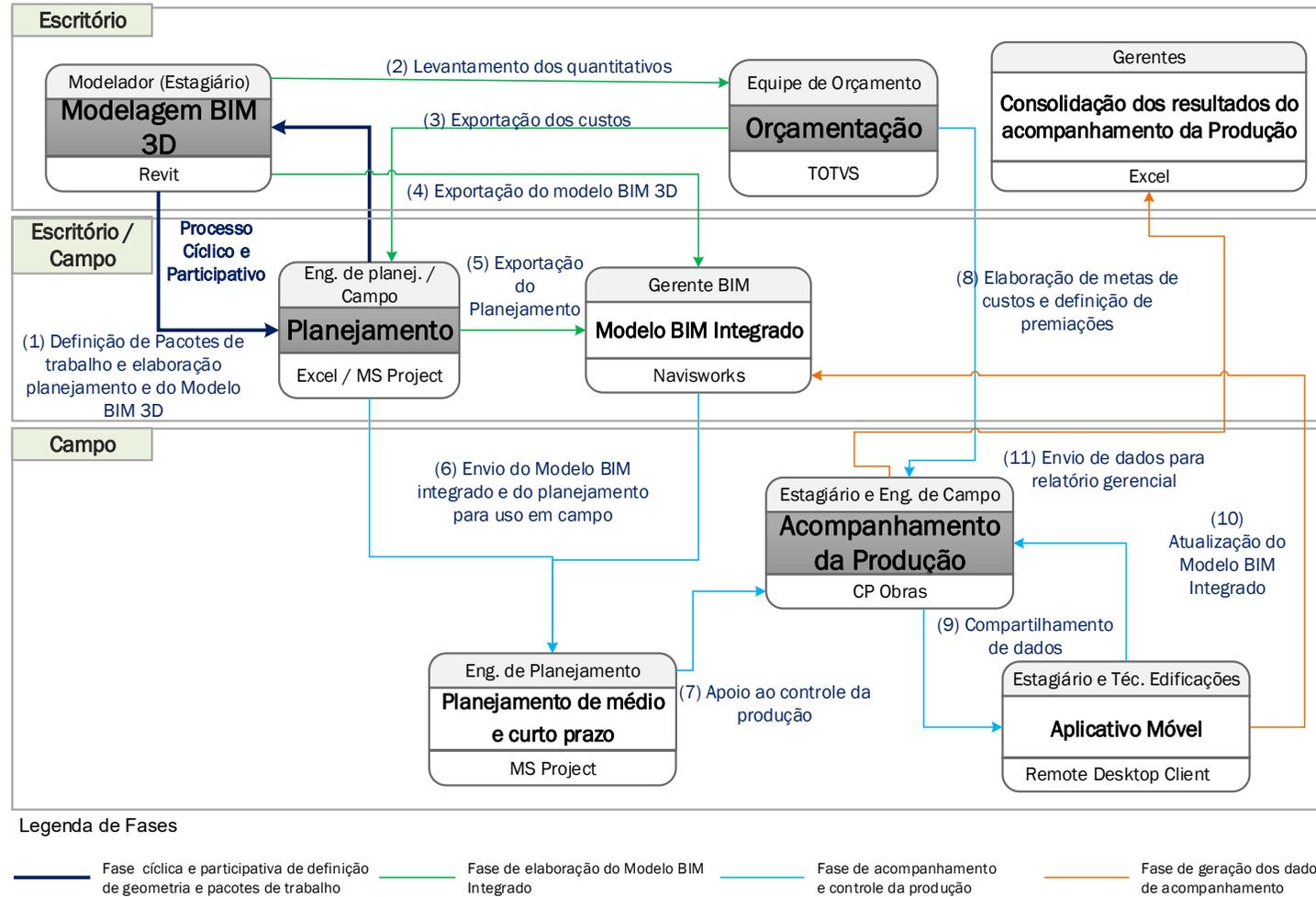
Para melhor entendimento do Método Proposto 2, este foi dividido em fases, as quais representam um grupo de atividades desenvolvidas em prol de um objetivo em comum. As principais fases definidas são: (A) Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho; (B) Fase de elaboração do modelo integrado; (C) Fase de acompanhamento e controle da produção; e (D) Fase de geração dos dados de acompanhamento.

A seguir estão descritas as atividades presentes no Método Proposto 2, por fase, para integração das informações dos processos de modelagem BIM, Orçamento, Planejamento e Acompanhamento da produção.

A. Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho

Nesta fase, o modelador BIM, o Eng. de Planejamento e o Eng. de Campo trocam de informações num processo cíclico, com o objetivo de definir os pacotes de trabalho a serem empregados em campo e escritório.

Figura 30 - Representação do DFD para o Método Proposto 2



Fonte: Autora

(1) Definição de Pacotes de trabalho e elaboração planejamento e do Modelo BIM 3D

Foi observado em ambos os estudos (Empreendimento 1 e Empreendimento 2) um déficit de comunicação entre as equipes de planejamento, de campo e modelagem BIM. Assim, a elaboração do modelo BIM 3D e do planejamento de longo prazo deve ser participativo por meio do envolvimento ativo de seus respectivos responsáveis, para que se possa entender como as atividades ocorrerão e como serão definidos os pacotes de trabalho em campo.

Esses pacotes de trabalho ficam expressamente representados por meio de ajustes nos campos da EAP utilizada, ou seja, serão definidas as unidades de acompanhamento da produção (apartamento, pavimento, módulo) e os códigos que melhor representam a forma como os serviços serão executados em campo.

B. Fase de elaboração do Modelo BIM Integrado

Nesta fase, o Modelo BIM Integrado, ou seja, aquele em que todas as informações de geometria, planejamento e orçamento do Empreendimento estão centralizadas, é elaborado e fica disponível para ser utilizado tanto em campo com em escritório. Este modelo pode dar apoio às equipes por meio de simulações 4D/5D para a avaliação de cenários alternativos de construção.

A elaboração do Modelo BIM Integrado consiste basicamente na integração, no *Navisworks*, da geometria exportada do *Revit* com os dados de planejamento e custos oriundo da Planilha do *MS Project* Integrada. Essa planilha consiste num banco de dados no *MS Project* para compilar as informações de planejamento (durações, descrição dos serviços, datas de início e término, predecessoras), custos dos serviços e dados reais de produção. Assim, esses dados ficam disponíveis em uma única plataforma, facilitando o acesso à informação, sua atualização e comunicação entre os envolvidos. A chave de mescla entre essas informações é a EAP utilizada pela empresa.

(2) Levantamento dos quantitativos

A extração de quantitativos é realizada com base no modelo BIM e essas informações são inseridas no software de orçamento utilizando a CPS2 e a CPU como chave de mescla entre os dois softwares. O uso de programação com o *Dynamo* automatiza a extração de dados de quantitativos do modelo para ser utilizado pela equipe de orçamento.

(3) Exportação dos custos

Uma vez que os serviços estejam orçados, os dados de custos são exportados para a Planilha *MS Project* Integrada, conforme CPS2 correspondente, para que esta também sirva para o acompanhamento de custos.

(4) Exportação do modelo BIM 3D

O modelo BIM 3D, contendo informações de geometria, tipos de materiais e todas as informações que compõem a EAP2 (Bloco, Tipo, Tipologia, Área, Nível, Código. de serviço, elemento Interno/Externo e Apartamento), é exportado para o *Navisworks* para dar início ao Modelo BIM Integrado.

(5) Exportação do Planejamento

A Planilha *MS Project* Integrada, com as informações de durações, datas e predecessoras dos serviços oriunda da Planilha de sequência de atividades (já utilizada pela Empresa A), juntamente com a EAP2 e os dados de custos, é exportada para o *Navisworks*. Em seguida, é realizada a associação do elemento modelado e dos dados de planejamento utilizando a EAP2 como chave de mescla entre os softwares.

A Planilha *MS Project* Integrada, além de funcionar como um banco de dados de informações de planejamento e orçamento, permite a visualização da rede de precedência dos serviços, facilitando o levantamento de possíveis incoerências (serviços pendentes ou com erros nas predecessoras) que necessitam de correções por parte do Eng.de Campo ou do Eng. de Planejamento.

C. Fase de acompanhamento e controle da produção

Esta fase abrange as atividades de detalhamento do planejamento a nível de médio e curto prazo e o acompanhamento e controle da produção. Nesta fase é realizado o levantamento de restrições, a definição mais detalhada das equipes de campo responsáveis pelos serviços, bem como a programação semanal das atividades. Para coleta dos dados reais de produção é utilizado o software de acompanhamento da produção (CP Obras) e aplicativos móveis, cuja função é facilitar o acesso e atualizar as informações integradas de modelagem, planejamento e custos.

(6) Envio do Modelo BIM Integrado e do planejamento para uso em campo

O Modelo BIM Integrado juntamente com a Planilha *MS Project* Integrada é enviado para campo para auxiliar na definição de atividades do planejamento a nível de médio e curto prazo.

(7) Apoio ao controle da produção

O planejamento de médio e curto prazo, que era realizado pela Empresa A de forma independente em campo, continua apoiando o acompanhamento da produção. Como o acompanhamento da produção é definido no CP Obras, o planejamento de médio e curto prazo funciona como uma informação à parte de monitoramento.

(8) Elaboração de metas de custos e definição de premiações

As metas de custos de mão de obra, assim como ocorre rotineiramente na Empresa A, continuam sendo inseridas no CP Obras através da exportação da descrição dos serviços e da EAP oriunda dos TOTVS (EAP Totvs). A coleta de dados e inserção no CP obras continua também sendo realizada diariamente pelos estagiários e/ou técnico em edificações, com informações dos serviços executados, datas e carga horária de trabalho.

(9) Compartilhamento de dados

Uma vez concluído, esse Modelo BIM Integrado e a Planilha *MS Project* Integrada podem ser acessados em campo com uso de um aplicativo móvel de

acesso remoto à área de trabalho do computador (*Remote Desktop Clients*) ou acessados diretamente no computador usado em campo. Esses arquivos estão disponibilizados em nuvem para ambos os ambientes de trabalho, campo e escritório.

D. Fase de geração dos dados de acompanhamento

Nesta fase, os dados de acompanhamento coletados são inseridos no Modelo BIM Integrado através da atualização da Planilha *MS Project* Integrada, os quais são utilizados para acompanhamento do progresso.

(10) Atualização do Modelo BIM Integrado

O Modelo BIM Integrado é atualizado à medida em que a Planilha *MS Project* Integrada é atualizada, já que ambos foram previamente associados na fase de elaboração do Modelo BIM Integrado. A inserção de dados de campo pode ser realizada diretamente na Planilha *MS Project* Integrada ou inseridas remotamente através do aplicativo, de forma que os dados coletados em campo são automaticamente salvos no arquivo de origem. A centralização dessas informações facilita a troca de informações entre as equipes de campo e escritório, bem como a revisão e atualização das mesmas.

(11) Envio de dados para relatório gerencial

Os dados de progresso continuam sendo exportados do CP Obras (datas de execução, equipes, custos com mão de obra e premiações, quantidade de serviços executados) para o escritório através de uma planilha de *Excel*, assim como já ocorre na Empresa A, para que seja feito o acompanhamento mensal dessas informações em forma de um relatório gerencial para comparativo do custo previsto e do custo real.

Essa atividade é mantida por se tratar de um procedimento padrão da Empresa A, no qual informações oriundas desse relatório são utilizadas por outros setores gerenciais da empresa.

No Quadro 12 encontra-se uma breve descrição das atividades que compõem os processos apresentados no Método Proposto 2.

Quadro 15 - Descrição das atividades desenvolvidas no Método Proposto 2

Nº	Atividades	Descrição
A. Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho		
1	Definição de pacotes de trabalho e elaboração do Planejamento e do Modelo BIM 3D	A equipe de modelagem juntamente com a Eng. de Planejamento e de campo se reúnem para definir os pacotes de trabalho que darão base a elaboração do modelo BIM 3D e do planejamento de longo prazo.
B. Fase de elaboração do Modelo BIM Integrado		
2	Levantamento dos quantitativos	O levantamento quantitativo é realizado pela equipe de modelagem com base no modelo BIM 3D desenvolvido e a planilha com os quantitativos é enviada para a equipe de orçamento.
3	Exportação dos custos	Os dados de custos são exportados para a Planilha <i>MS Project</i> Integrada.
4	Exportação do Modelo BIM 3D	O modelo BIM 3D é exportado para o <i>Navisworks</i> para dar início ao Modelo BIM Integrado.
5	Exportação do planejamento	A Planilha <i>MS Project</i> Integrada é exportada para o <i>Navisworks</i> e a associação de elemento modelado e dados da Planilha <i>MS Project</i> Integrada é realizada.
C. Fase de acompanhamento e controle da produção		
6	Envio do Modelo BIM Integrado e do planejamento para uso em campo	O Modelo BIM Integrado e a Planilha <i>MS Project</i> Integrada são enviados para campo para auxiliar na definição de atividade a nível de médio e curto prazo.
7	Apoio ao controle da produção	O levantamento de informações para detalhamento do planejamento a nível de médio e curto prazo apoia o monitoramento da produção realizado no CP Obras.
8	Elaboração de metas de custos e definição de premiações	Os serviços e as metas de custos de mão de obra continuam sendo inseridos no CP Obras para o controle dos custos de mão de obra.
9	Compartilhamento de dados	O Modelo BIM Integrado e a Planilha <i>MS Project</i> Integrada são acessados em campo com uso de um aplicativo móvel responsável pela atualização das informações de planejamento.

Quadro 16 -Descrição das atividades desenvolvidas no Método Proposto 2 (continuação)

Nº	Atividades	Descrição
D. Fase de geração dos dados de acompanhamento		
10	Atualização do modelo Integrado do BIM	O Modelo BIM Integrado é atualizado a partir da atualização da Planilha <i>MS Project</i> .
11	Envio de dados para relatório gerencial	Os dados de acompanhamento da produção retornaram em forma de planilha de <i>Excel</i> para o escritório, para que seja o relatório gerencial de acompanhamento da produção.

No Quadro 13 é apresentado um resumo com os processos representados no Método Proposto 2, seus respectivos responsáveis, entradas e saídas, programas utilizados e o local onde estas atividades são realizadas.

Quadro 17 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 2

Processos	Produtos de Entrada	Produtos de Saídas	Responsável	Software	Ambiente
Modelagem BIM 3D	Planilha de Sequência de atividades 2	Levantamento quantitativo; Modelo BIM 3D	Modelador (Estagiário)	<i>Revit</i>	Escritório
Planejamento	Modelo BIM 3D; Planilha de Sequência de atividades 2	Planilha <i>MS Project</i> integrada	Eng. Planejamento	<i>Excel</i> <i>MS Project</i>	Campo/ Escritório
Modelo BIM Integrado	Modelo BIM Integrado; Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Simulações 4D	Gerente BIM	<i>Navis Works</i>	Campo/ Escritório

Quadro 18 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 2 (continuação)

Processos	Produtos de Entrada	Produtos de Saídas	Responsável	Software	Ambiente
Planejamento médio e curto prazo	Modelo BIM Integrado; Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Planejamento semanal e diário	Eng. Planejamento	<i>Excel</i>	Campo
Orçamentação	Levantamento quantitativo	Serviços a serem inseridos no CP Obras; Custo de mão de obra	Equipe de Orçamento	TOTVS	Escritório
Acompanhamento da Produção	Serviços oriundo do TOTVS	Dados reais de produção	Estagiário e Téc. Edificações	CP obras	Campo
Aplicativo Móvel	Modelo BIM Integrado; Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Dados reais de produção	Estagiário e Téc. Edificações	<i>Remote Desktop Client</i>	Campo
Relatório mensal de acompanhamento da produção	Dados reais de produção	Relatório de produção	Gerentes	<i>Excel</i>	Escritório

5.2.2.1. Testes e adaptações das ferramentas e modelos BIM – Método Proposto 2

Na **Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho**, foi necessário um ajuste na Planilha de sequência de atividades utilizada pela empresa. Na nova na Planilha de sequência de atividades, agora chamada Planilha de sequência de atividade 2 (Figura 31), foi inserida a EAP2, a qual era composta pela CPS2 com códigos e as descrições dos serviços extraídos automaticamente de um banco de dados de codificações criados pela Empresa e vinculados à esta planilha.

O uso do banco de dados de serviços criado pela Empresa A na Planilha de sequência de atividade 2, tornou as informações de nomenclatura, códigos e

tipos de serviços menos variável entre as equipes de campo e escritório, já que somente eram inseridas na planilha as opções de serviços listadas no banco de dados. Esse ajuste trouxe melhorias na comunicação entre as equipes de campo e escritório, visto que que na primeira versão da planilha, o Engenheiro de campo digitava as informações manualmente sem nenhum padrão de nomenclatura.

Figura 31 - Trecho da Planilha de sequência de atividade 2

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	EAP	ID EQUIPE	COMPOSIÇÃO DA EQUIPE		PRODUTIVIDADE (MOD/DIA)	PREDECESSORAS
			Qntde. Oficial	Qntde. Servente		
SERVIÇOS INICIAS - IMPLANTAÇÃO DA OBRA						
GABARITO METÁLICO E MARCAÇÃO DA OBRA						
Marcação para escavação	02.C2000130300	1	1	1	1,8	
Escavação mecânica das redes subterrâneas	02.C2000120100	2	1	0	1,8	3
Instal. Do gabarito e retirada do anterior	02.C2000130400	1	1	1	1,8	4
Marcação do gabarito	02.C2000130200	1	1	1	1,8	5
ESCAVAÇÕES - REDES SUB. COM REGUL. MANUAL						
Instalações hidrossanitárias na fundação (fusão)	02.C2000800600	3	1	1	1,8	6
Instalações elétricas na fundação	02.C2000820100	3	1	1	1,8	6
Instalação das caixas de esgoto e Reaterro manual compacto	02.C2000880300	4	1	1	1,8	6; 8
	02.C2000120300	5	0	4	1,8	8;9
Regularização do terreno com solo cimento	02.C2000120200	5	0	4	1,8	11

Fonte: Empresa A

Para testar a Planilha de sequência de atividades 2, esta foi enviada para campo para que fosse preenchida pelo Engenheiro de campo. Como a obra estava em andamento, percebeu-se que algumas atividades desenvolvidas em campo, quando comparadas às cadastradas no banco de dados de serviços, haviam sido desmembradas e/ou agrupadas ou não estavam cadastradas no banco de dados de serviços. Diante disso, a Empresa A iniciou um processo de revisão das atividades cadastradas no banco de dados, e tanto a Planilha de sequência de atividades 2 como a EAP inserida no Modelo BIM 3D foram atualizados, conforme as alterações dos códigos de serviços.

De posse das informações ajustadas na Planilha de sequência de atividades 2, foram realizados testes de exportação desta planilha, em *Excel* para o *MS Project*, nos quais as únicas informações exportadas eram a descrição dos serviços, a EAP2, as predecessoras e as durações. Percebeu-se que ao serem inseridos os serviços no *MS Project*, os mesmos não possuíam a mesmo ID, hierarquização da atividades e predecessoras presente na Planilha de

sequência de atividades 2, assim, houve retrabalho para refazer as predecessoras no *MS Project*. Além disso, como a exportação era feita apenas para uma unidade de construção, quando essa sequência era replicada para as demais unidades era muito trabalhoso alterar a codificação da EAP2 para cada unidade.

Com a finalidade de solucionar os problemas apresentados anteriormente, a Planilha de sequência de atividades 2 foi ajustada às essas necessidades (Figura 32), inserindo uma coluna no *Excel* chamada “hierarquia” com um código de hierarquização que fosse lido pelo *MS Project* no campo “Nível da estrutura de tópicos”. Assim, os números de 1 a 3, representavam os níveis das estruturas de tópico, representando itens e subitens dos serviços.

Também foi inserida, na Planilha de sequência de atividades 2, uma coluna auxiliar no *Excel* chamada “ID” que correspondesse à coluna de identificação dos serviços no *MS Project*, assim, as mesmas predecessoras identificadas na sequência de atividades 2 estariam na planilha do *MS Project*.

Para facilitar a alteração da EAP2 para cada unidade de construção dentro do *MS Project*, optou-se por criar uma fórmula para a junção dos campos que compõe a EAP2 dentro do próprio *MS Project*. Para isso, as partes da EAP2 foram desmembradas na Planilha de sequência de atividades 2, e exportadas para o *MS Project*. Assim, era possível aplicar filtros no *MS Project* e alterar somente a identificação dos Blocos.

Figura 32 - Planilha de sequência de atividades 2 com ajustes

ID	Hierarquia	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	EAP	CPS	ÁREA	NÍVEL	CÓD. SERV.	INT/EXT	APART.	UNIDADE	TIPO
1	1	SERVIÇOS INICIAS - IMPLANTAÇÃO DA OBRA									
2	2	GABARITO METÁLICO E MARCAÇÃO DA OBRA									
3	3	Marcação para escavação	02.C2000130300	C20001303	0	00	1303	0	0	MOD	Apoio
4	3	Escavação mecânica das redes subterrâneas	02.C2000120100	C20001201	0	00	1201	0	0	MOD	Apoio
5	3	Instal. Do gabarito e retirada do anterior	02.C2000130400	C20001304	0	00	1304	0	0	MOD	Apoio
6	3	Marcação do gabarito	02.C2000130200	C20001302	0	00	1302	0	0	MOD	Apoio
7	2	ESCAVAÇÕES - REDES SUB. COM REGUL. MANUAL									
8	3	Instalações hidrossanitárias na fundação (fusão)	02.C2000800600	C20008006	0	00	8006	0	0	MOD	Fixo
9	3	Instalações elétricas na fundação	02.C2000820100	C20008201	0	00	8201	0	0	MOD	Fixo
10	3	Instalação das caixas de esgoto e gordura	02.C2000880300	C20008803	0	00	8803	0	0	MOD	Fixo
11	3	Reaterro manual compacto	02.C2000120300	C20001203	0	00	1203	0	0	MOD	Fixo
12	3	Regularização do terreno com solo cimento	02.C2000120200	C20001202	0	00	1202	0	0	MOD	Fixo
13	1	FUNDAÇÃO									
14	2	RADIER DO MODULO COMPLETO - 2 CASAS									
15	3	Montagem da forma de fundação (metálica)	02.C2000240100	C20002401	0	00	2401	0	0	MOD	Apoio
16	3	Aplicação de ferragem no radier	02.C2000030100	C20000301	0	00	0301	0	0	MOD	Fixo

Fonte: Empresa A

Na **Fase de elaboração do modelo integrado**, procurou-se verificar como se dava a inserção das informações do Modelo BIM 3D e da Planilha *MS Project* Integrada para originar o Modelo BIM Integrado, para isso, foram realizados dois testes principais: a inserção do Modelo BIM 3D oriundo do *Revit* no *Navisworks* e a associação da Planilha *MS Project* Integrada como o modelo BIM 3D no *Navisworks*.

Para inserção do modelo BIM 3D oriundo do *Revit*, foram testados a exportação do formato “.rvt” (*Revit*) para o formato “.nwc” (*Navisworks*) diretamente no *Revit*, e a inserção de *link* de objetos do *Revit* no *Navisworks*. Isso foi feito para uma ou diversas unidades de casas ou “Blocos”. Optou-se por utilizar objetos como *links* do *Revit*, pois como eram três tipos de modelos para cada casa (fixo, instalações e apoio), ao se colocar diversas unidades no formato “.nwc” no *Navisworks*, as várias unidades deixavam o software muito carregado e difícil de ser utilizado. Além disso, se o modelo *Revit* precisasse ser alterado, as alterações seriam atualizadas no arquivo do *Navisworks*.

Com relação à associação do modelo ao planejamento, utilizou-se a opção de associar automaticamente essas informações (“Auto-Add Task” disponibilizada no *Navisworks*) utilizando a EAP presente em ambos os arquivos (*Revit* e *MS Project*) como vínculo. Ao se fazer esse teste, foi necessário preencher no campo “timeliner” do *Navisworks*, o “Task Type”, identificando se a atividade era de construção, demolição ou temporária. Para deixar essa coluna preenchida automaticamente também foi inserida uma coluna chamada “Tipo” na Planilha de sequência de atividades 2, na qual era permitido identificar se a atividade era de construção ou temporária.

Com o Modelo BIM Integrado finalizado, na **Fase de acompanhamento e controle da produção**, o aplicativo móvel foi levado para escritório para que se fosse feito o teste de espelhamento do Modelo BIM Integrado no computador para o Tablet, contudo o aplicativo *Remote Desktop Clients* não pode ser testado, pois os protocolos de segurança da empresa não autorizavam o tipo de acesso solicitado pelo aplicativo.

Optou-se, então, por escolher outro aplicativo de acesso remoto (*TeamViewer*: Controle remoto), que trabalhava com um acesso temporário e não mais definitivo como era solicitado pelo *Remote Desktop Clients*. O *TeamViewer* se mostrou eficaz na visualização da simulação 4D com alguns problemas de ajustes de resolução da tela, contudo o computador que estava sendo acessado continuou disponível para ser utilizado por outros usuários, o que poderia prejudicar a coleta de dados em campos.

Na **Fase de geração dos dados de acompanhamento** não foram feitos testes com os aplicativos móveis em campo, contudo um dos problemas identificados no método proposto com relação a coleta de dados em campo foi a inserção duplicada dos dados das datas reais de execução, já que esses dados deveriam ser inseridos na Planilha *MS Project* Integrada e no programa de acompanhamento da produção (CP Obras). Outro problema é que a Empresa A não se mostrou interessada em inserir atualizações das informações de custo reais de mão de obra nem outros tipos de custos na Planilha *MS Project* Integrada, já que o relatório de custos gerados pelo CP Obras já atendia às suas necessidades.

O método proposto buscou integrar os processos de Modelagem BIM 3D, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção por meio de uma EAP comum a todos os processos. Para isso, os processos de Modelagem BIM 3D e Planejamento compartilhavam da mesma EAP². Contudo, mesmo com o processo de Orçamentação utilizando a CPS² presente na EAP², essa codificação não estava compartilhada com o TOTVS, o qual possuía sua própria EAP (EAP Totvs). A EAP Totvs, gerada automaticamente pelo TOTVS ao se inserir os serviços no programa, era a mesma utilizada pelo programa de acompanhamento da produção, assim, no Método Proposto 2 ainda existiam duas EAP em uso, a EAP e a EAP Totvs.

A integração de todos os processos em termos de tecnologias e pessoas foi prevista pelo Método Proposto 2. Contudo, as informações coletadas pelo CP Obras ainda não estão diretamente integradas ao Modelo BIM Integrado e à Planilha *MS Project* Integrada, já que existiam codificações diferentes. Por isso,

a coleta de dados do CP Obras era independente da coleta de dados para a Planilha *MS Project* Integrada, assim ainda havia duplicidade na coleta de informações.

5.2.3. Método Proposto 3 (Método Final) – Empreendimento 2

Durante a realização dos testes do Método Proposto 2, a Empresa contratou os serviços de consultoria em *MS Project* com o objetivo de explorar os recursos avançados que o programa poderia oferecer. Diante disso, surgiu a possibilidade de se integrar o programa de orçamento (TOTVS) como o *MS Project* de forma que as informações desses programas se mantivessem sincronizadas. A empresa também entrou em contato com o desenvolvedor do software de acompanhamento (CP Obras) para que fosse inserido neste software a codificação da EAP2 utilizada. Devido a algumas limitações de alterações no CP Obras, foi necessário fazer ajustes na EAP2 para abranger alguns campos presentes neste programa.

A nova EAP, EAP3 (ver Figura 33), conta com dois campos principais: Localização CP Obras e CPS2. A Localização CP Obras corresponde a codificação para identificar onde o serviço está sendo realizado no canteiro, sendo esta é composta pela informação da Fase de construção, da identificação da Quadra e do Módulo construído. Já o CPS2, com visto anteriormente, possui a mesma codificação utilizada na EAP 2 com informações de Tipo, Tipologia, Área, Nível e Código de serviço.

Figura 33 - Descrição da EAP3 utilizada pela empresa no EC2

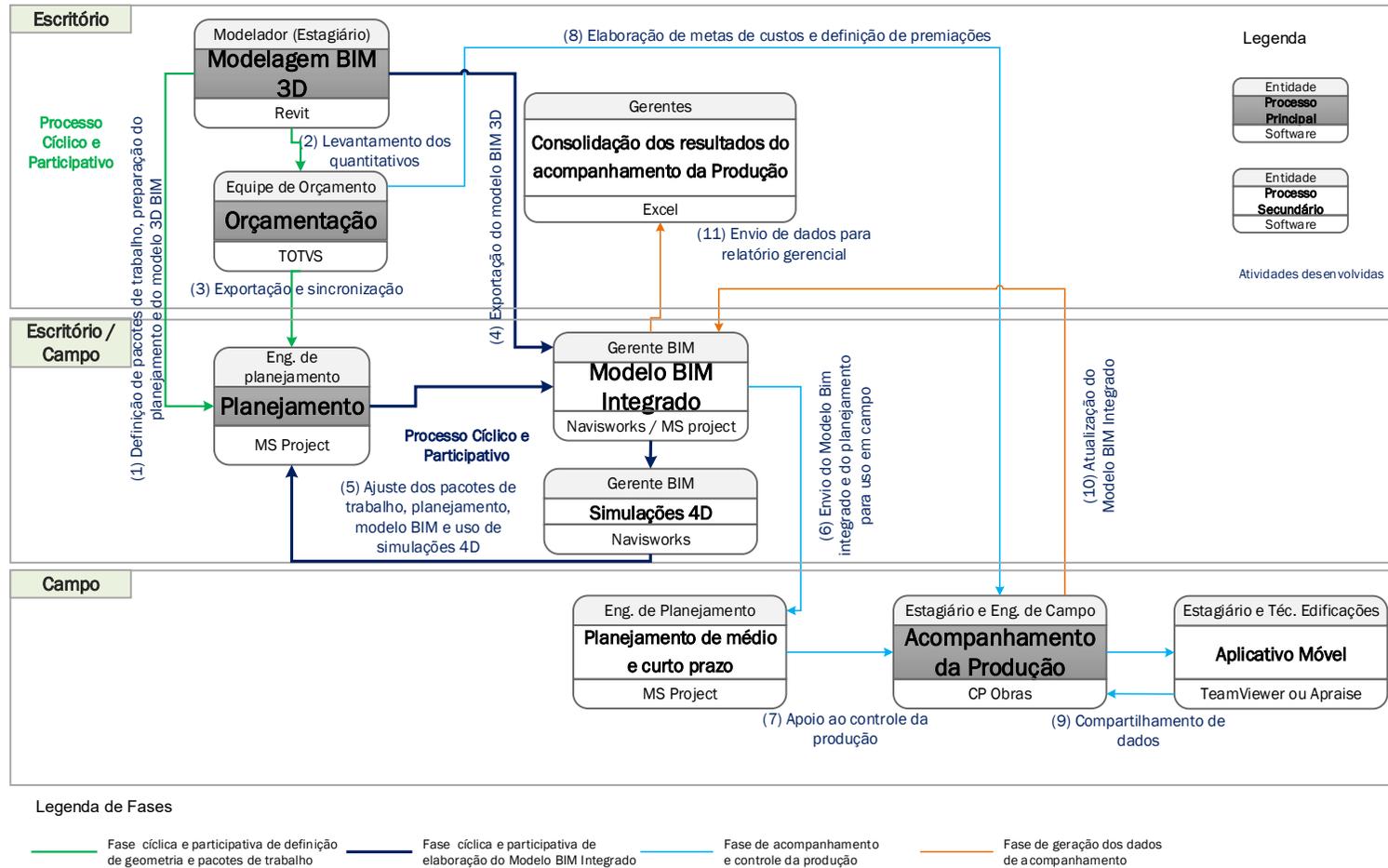
Localização CP Obras			CPS2: C20001303				
Fase	Quadra	Módulo	TIPO	TIPOLOGIA	ÁREA	NÍVEL	CÓD. SERV.
F1	Q4	M299	C	2	0	0	1303
EAP: F1Q4M299.C20001303							

01. Fase – etapa da construção conforme divisão adotada pelo Eng. de Campo;
02. Quadra – localização da Edificação no Canteiro;
03. Módulo - identificação do módulo (bloco, prédio, casa...);
04. Tipo - tipo de edificação (ex. casa, prédio...)
05. Tipologia - termo utilizado pela empresa para diferenciar o mesmo tipo de edificação com layouts diferentes (ex. Casa com 1 quarto, Casa com 3 quartos...)
06. Área –código “01” caso fosse uma área cuja concretagem ocorresse juntamente com escada); código “02” com a área concretada independente da escada); e código “00” quando não se aplica;
07. Nível – identificação do número do pavimento;
08. Código de serviço – codificação de serviços criada pela empresa, o mesmo utilizado na EAP2

Com base nessas novas informações foi proposto um refinamento do Método Proposto 2 que deu origem ao Método Proposto 3, apresentado na Figura 34.

As principais fases definidas neste método são semelhantes às fases definidas para o Método Proposto 2 a não ser a Fase de elaboração do Modelo BIM Integrado que passou a ser chamada de Fase cíclica e participativa de elaboração do Modelo BIM Integrado. Assim, conforme cada fase, a seguir estão descritas brevemente as diferenças presentes no Método Proposto 3 em relação ao Método Proposto 2:

Figura 34 - Representação do DFD para o Método Proposto 3 – Empreendimento 2



Fonte: Autora

A. Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho

Essa fase, assim como no Método Proposto 2, promove a integração entre as equipes de campo e escritório para definição dos pacotes de trabalho. Essa integração tem por objetivo auxiliar o desenvolvimento do modelo BIM, a elaboração da sequência de atividades e o levantamento de quantitativos. A elaboração da sequência de atividades, em *Excel*, é necessária, pois a equipe de campo pode informar a quantidade, o tipo e a ordem de execução dos serviços inicialmente previstos, segundo a sua percepção.

(1) Definição de Pacotes de trabalho

A Planilha de Sequência de atividades 2 é uma versão preliminar dos pacotes de trabalho, e esta pode ser posteriormente ajustada conforme as necessidades das equipes de modelagem e de orçamento. Da mesma forma, podem haver ajustes nos modelos BIM e no Orçamento também. Esse processo de ajuste é cíclico e com a participação ativa das equipes de campo e escritório. Esses ajustes ocorrem até resultar na versão final dos pacotes de trabalhos, de forma que atenda aos interesses dos envolvidos nesta fase.

(2) Levantamento dos quantitativos

O levantamento de quantitativos ocorre da mesma forma que no Método Proposto 2, extraindo os dados do *Revit* através de uma rotina de extração automática para *Excel*.

(3) Exportação e sincronização

Esta atividade não existia no Método Proposto 2. Assim, quando o orçamento é finalizado no TOTVS, este é exportado e sincronizado com o *MS Project*. Esta funcionalidade do TOTVS permite que qualquer alteração realizada no software de orçamento ou no de planejamento reflitam simultaneamente um no outro. Essa Planilha *MS Project* Integrada concentra as informações de planejamento de serviços por EAP e pode conter informações de recursos e custos oriundos do TOTVS.

Outra vantagem de se fazer a sincronização, é que as informações importadas do TOTVS já trazem consigo o nível da estrutura de tópicos pronto

para o *MS Project*, sendo necessário somente importar a EAP3 presente na Planilha de Sequência de atividades 2 usando a CPS2 como chave de mescla.

B. Fase cíclica e participativa de elaboração do Modelo BIM Integrado

Esta fase de elaboração do Modelo BIM Integrado se difere da prevista no Método Proposto 2 por envolver a participação da equipe de campo na elaboração do Modelo BIM Integrado. As atividades previstas nessa fase são: (4) Exportação do modelo BIM 3D e (5) Ajuste dos pacotes de trabalho, planejamento, modelo BIM e uso de simulações 4D. A exportação do modelo BIM 3D é realizada para o *Navisworks* com o intuito de elaborar o Modelo BIM Integrado, já os ajustes correspondem à elaboração participativa do Modelo BIM Integrado juntamente com o uso de simulações 4D.

Dessa forma, as simulações 4D geradas por ele auxilia visualmente no ajuste dos pacotes de trabalho inicialmente adotados pelas equipes, na detecção de interferências ou incoerências que serão discutidas pelas equipes de campo e escritório. Caso detectado algum problema com a geometria, planejamento ou com os pacotes de trabalhos, estes devem ser corrigidos e o Modelo BIM Integrado e Planilha *MS Project* Integrada devem ser atualizados. As alterações de serviços realizadas são automaticamente modificadas no orçamento devido à sua sincronização com a Planilha *MS Project* Integrada.

C. Fase de acompanhamento e controle da produção

Da mesma forma que no Método Proposto 2, esta fase abrange as atividades de (6) Envio do Modelo Bim Integrado e do planejamento para uso em campo; (7) Apoio ao controle da produção; (8) Elaboração de metas de custos e definição de premiações; e (9) Compartilhamento de dados.

A coleta de dados da produção continua, também, sendo realizada diariamente pelos estagiários e/ou técnico em edificações, com informações dos serviços executados, datas e carga horária de trabalho. Contudo, além do CP Obras está utilizando a EAP Totvs como chave de mescla entre este programa e o TOTVS, no CP Obras também está inserida a EAP3 que é responsável pela comunicação entre o Modelo BIM Integrado e o software de acompanhamento

da produção. Dessa forma, a EAP3 encontra-se presente em todos os processos principais desenvolvidos pela Empresa.

O Método Proposto 3 prevê o uso de aplicativos móveis para coleta de dados em campo a ser inseridos diretamente no CP Obras, eliminando a duplicidade de inserção de dados que ocorria no Método Proposto 2. Desta forma, o CP Obras, o Modelo BIM Integrado e a Planilha *MS Project* Integrada podem ser acessados em campo com uso de um aplicativo móvel de acesso remoto à área de trabalho do computador (*TeamViewer*: Controle remoto). Como a Empresa A já possuía outro aplicativo próprio para coleta de dados de qualidade em campo (Apraise¹⁹), este poderia auxiliar na inserção direta dessas informações no CP Obras, desde que se fizesse as devidas adaptações no aplicativo.

D. Fase de geração dos dados de acompanhamento

Esta fase, assim como no Método Proposto 2, é composta pelas atividades de (10) Atualização do Modelo BIM Integrado e (11) Envio de dados para relatório gerencial. Os dados de acompanhamento coletados continuam sendo inseridos no Modelo BIM Integrado através da atualização da Planilha *MS Project* Integrada. Contudo, como a EAP3 está inserida no CP Obras, os dados de produção são diretamente inseridos na Planilha *MS Project* Integrada, através da exportação desses dados em *Excel* (oriundos do CP obras) para a Planilha *MS Project* Integrada.

A partir das informações reais inseridas na Planilha *MS Project* Integrada, é possível realizar novas simulações 4D para comparar o progresso real com o

¹⁹ Para mais informações sobre o aplicativo de qualidade e o software de acompanhamento da produção utilizados pela Empresa A consultar respectivamente:

REY, R. O. Utilização de tecnologias móveis no controle da qualidade no canteiro de obras. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia.

DURAN, R. P. Análise do processo de planejamento e controle da produção e custos em empresa construtora. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia.

planejado. Além disso, os relatórios de progresso gerados pelo *MS Project* ajudam na tomada de decisão por parte dos gerentes. Uma vez que o Modelo BIM Integrado está interligado à Planilha *MS Project* Integrada, qualquer nova alteração de planejamento pode ser repassada ao Modelo BIM Integrado.

No Quadro 14 encontra-se uma breve descrição das atividades que compõem os processos apresentados no Método Proposto 3.

Quadro 19 - Descrição das atividades propostas do Método Proposto 3

Nº	Atividades	Descrição
A. Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho		
1	Definição de pacotes de trabalho	A equipe de modelagem juntamente com a Eng. de Planejamento e de campo se reúnem para definir os pacotes de trabalho que darão base a elaboração do modelo BIM 3D e do planejamento de longo prazo.
2	Levantamento dos quantitativos	O levantamento quantitativo é feito pela equipe de modelagem com base no modelo BIM 3D desenvolvido e a planilha com os quantitativos é enviada para a equipe de orçamento.
3	Exportação e Sincronização	Os dados de custos são exportados e sincronizados com a Planilha <i>MS Project</i> Integrada.
B. Fase cíclica e participativa de elaboração do Modelo BIM Integrado		
4	Exportação do Modelo BIM 3D	O modelo BIM 3D é exportado para o <i>Navisworks</i> para dar início ao Modelo BIM Integrado.
5	Ajuste dos pacotes de trabalho, planejamento, modelo BIM e uso de simulações 4D	A Planilha <i>MS Project</i> Integrada é exportada para o <i>Navisworks</i> e é realizada a associação de elemento modelado e dados de planejamento. O uso de simulações auxilia no ajuste dos pacotes de trabalho.

Quadro 20 - Descrição das atividades propostas do Método Proposto 3 (continuação)

Nº	Atividades	Descrição
C. Fase de acompanhamento e controle da produção		
6	Envio do Modelo BIM Integrado e do planejamento para uso em campo	O Modelo BIM Integrado e a Planilha <i>MS Project</i> Integrada são enviados para campo para auxiliar na definição de atividade a nível de médio e curto prazo.
7	Apoio ao controle da produção	O levantamento de informações para detalhamento do planejamento a nível de médio e curto prazo apoia o monitoramento da produção realizado no CP Obras.
8	Elaboração de metas de custos e definição de premiações	Os serviços e as metas de custos de mão de obra continuam sendo inseridos no CP Obras para o controle dos custos de mão de obra.
9	Compartilhamento de dados	O Modelo BIM Integrado e a Planilha <i>MS Project</i> Integrada são acessados em campo com uso de um aplicativo móvel responsável atualização das informações de planejamento.
D. Fase de geração dos dados de acompanhamento		
10	Atualização do modelo Integrado BIM	O Modelo BIM Integrado é atualizado a partir da atualização da Planilha <i>MS Project</i> com os dados oriundos do CP Obras.
11	Envio de dados para relatório gerencial	Os dados de acompanhamento da produção retornaram em forma de planilha de <i>Excel</i> para o escritório, para que seja o relatório gerencial de acompanhamento da produção.

No Quadro 15 é apresentado um resumo com os processos representados no Método Proposto 3, seus respectivos responsáveis, entradas e saídas, programas utilizados e o local onde estas atividades são realizadas.

Quadro 21 - Resumo dos produtos de entrada e saída, responsáveis, softwares e ambiente dos processos - Método Proposto 3

Processos	Produtos de Entrada	Produtos de Saída	Responsável	Software	Ambiente
Modelagem BIM 3D	-	Levantamento quantitativo Modelo BIM 3D	Modelador (Estagiário)	<i>Revit</i>	Escritório
Orçamentação	Levantamento quantitativo	Serviços a serem inseridos no CP Obras; Arquivo TOTVS de sincronização	Equipe de Orçamento	TOTVS	Escritório
Planejamento	Arquivo TOTVS de sincronização	Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Eng. Planejamento	<i>MS Project</i>	Campo/ Escritório
Modelo BIM Integrado	Modelo BIM 3D; Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Simulações 4D; Ajustes para Planilha de Sequência de atividades 2	Gerente BIM	Navis Works	Campo/ Escritório
Planejamento médio e curto prazo	Modelo BIM Integrado; Planilha <i>MS Project</i> Integrada	Planejamento mensal e semanal	Eng. Planejamento	<i>Excel</i>	Campo
Acompanhamento da Produção	Serviços oriundo do TOTVS	Dados reais de produção	Estagiário e Eng. de campo	CP Obras	Campo
Aplicativo Móvel	Modelo BIM Integrado; Planilha <i>MS Project</i> Integrada; CP Obras	Dados reais de produção	Estagiário e Téc. Edificações	Team Viewer	Campo
Relatório mensal de acompanhamento da produção	Dados reais de produção	Relatório de produção	Gerentes	<i>Excel</i>	Escritório

5.2.3.1. Testes e adaptações das ferramentas e modelos BIM – Método Proposto 3

Na **Fase de definição de geometria e pacotes de trabalho** foram realizados testes de exportação da Planilha de sequência de atividades 2, do *Excel* para o programa TOTVS. Percebeu-se que não foi possível inserir diretamente a EAP3 no TOTVS, pois este não reconhecia a coluna com essa informação. Sendo necessário exportar essa informação da Planilha de sequência de atividades 2 diretamente para a Planilha *MS Project* Integrada.

Ao se fazer a exportação e sincronização do TOTVS com o *MS Project*, testou-se exportar os dados de recursos e a lista de tarefas, contudo optou-se por exportar somente os serviços, pois os recursos (materiais, mão de obra e equipamentos) deixavam o arquivo muito carregado e difícil de trabalhar. Portanto, do programa de orçamento para a Planilha *MS Project* Integrada foram exportados o nível da estrutura de tópicos, a lista de tarefas, as predecessoras e durações, contudo, sem os valores de custos orçados.

Durante a **Fase de elaboração do Modelo BIM Integrado**, somente a Planilha *MS Project* Integrada foi criada, ou seja, não foi possível gerar o Modelo BIM Integrado porque o modelo BIM não foi atualizado com a nova EAP3. Além disso, como a obra já estava em andamento, a Empresa A optou por não gerar as simulações 4D, pois a visualização do processo construtivo das unidades repetitivas já estava bem definida mentalmente pelos envolvidos (gerente, modelador e engenheiros), ou seja, como já haviam várias construções executadas, a simulação 4D de construção de uma unidade não traria tantos benefícios nesse momento, a não ser se fosse para um novo empreendimento.

Na **Fase de acompanhamento e controle da produção** foram feitas simulações de importações das informações de progresso em *Excel* geradas pelo CP obras para o *MS Project*. A importação dos dados com as datas reais de execução dos serviços de acordo com a EAP3 foi bem-sucedida, contudo, o campo de progresso (% concluído) do *MS Project* só aceitava progressos de 0 ou 100%, sendo que era prática da empresa utilizar progressos de 0, 25, 75 e

100%. Assim, só os serviços completamente executados teriam seus progressos preenchidos na Planilha *MS Project* Integrada.

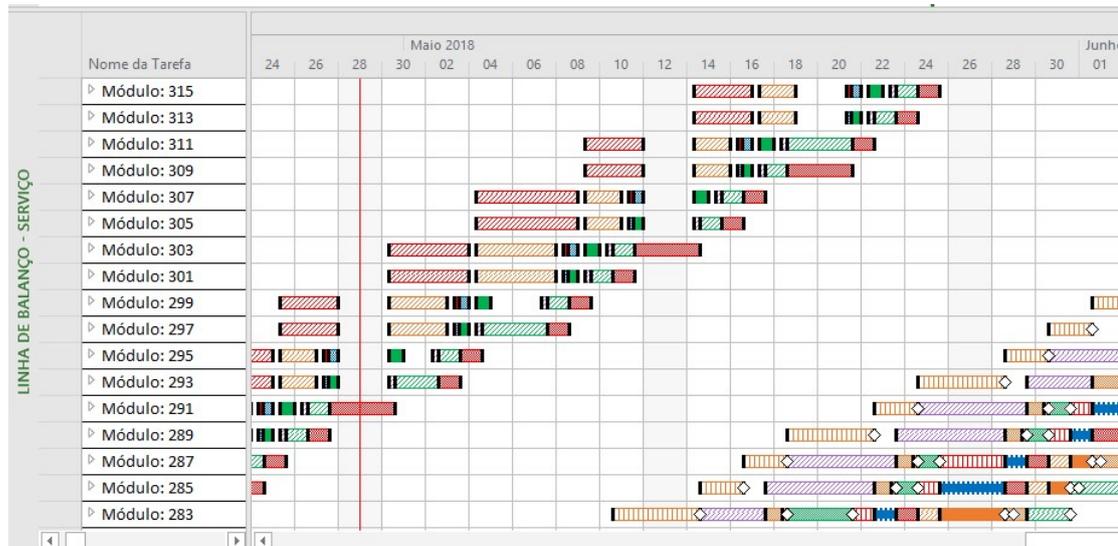
Durantes estes testes, percebeu-se que alguns serviços foram desmembrados e/ou agrupados no CP Obras, assim, quando essas informações retornavam para escritório, elas não podiam ser inseridas automaticamente na Planilha *MS Project* Integrada, necessitando de trabalho manual adicional para definir como esses dados seriam utilizados.

5.2.3.2. Implementação Piloto – Método Proposto 3

Em virtude do Empreendimento 2 já está em andamento e da Empresa A não ter tempo hábil para atualizar os modelos BIM para a nova codificação (EAP3), ocorreu a implementação piloto do Método Proposto 3. Essa implementação visou à integração entre o planejamento da produção e o acompanhamento da produção, uma vez que durante o desenvolvimento dos métodos propostos a integração entre BIM e Orçamento já havia sido posta em prática, conforme apresentado na seção anterior.

Durante a implementação, embora o Modelo BIM Integrado e as simulações 4D não tenham sido postos em prática, a planilha *MS Project* Integrada foi usada pela empresa. Nessa planilha, a Empresa A desenvolveu uma linha de balanço para facilitar a visualização do planejamento dos serviços. Com base nessa linha de balanço (Figura 35), o planejamento inicial foi reajustado de forma a reduzir o tempo de execução do empreendimento.

Figura 35 - Trecho da Linha de Balanço no *MS Project*



Fonte: Empresa A

Apesar dos esforços das equipes de campo e escritório em definir um planejamento de longo prazo que pudesse ser utilizado com a obra já em andamento, alguns problemas foram identificados. A maior dificuldade encontrada foi ajustar as datas de início dos serviços planejados com as datas em que os serviços estavam ocorrendo em campo, já que as previsões de início fornecidas pelo Eng. de campo raramente coincidiam com as datas reais. Optou-se então por definir uma data para iniciar o acompanhamento dos serviços em campo, de forma a se aproximar com o que estava ocorrendo em campo, e diante disso, o eng. de campo deveria ajustar os serviços programados de forma a seguir o planejamento definido.

Durante a implementação foram gerados relatórios para definir os objetivos de produção (Figura 36), como os relatórios de tarefas futuras, tarefas atrasadas, tarefas e marcos a serem superados, entre outros. Cada um desses relatórios teve uma frequência diferente. Os relatórios de tarefas eram geralmente enviados semanalmente, os relatórios de marcos eram enviados mensalmente e o relatório do balanço era bimestral. Esses relatórios eram necessários, porque como a Empresa A não teve recursos necessário para adquirir a licença do *MS Project* naquele momento, a equipe de campo não tinha acesso ao arquivo da Planilha *MS Project* Integrada.

Figura 36 - Exemplos de relatório gerado pelo *MS Project*

TAREFAS FUTURAS

Status das tarefas que começam na semana que vem

Nome
Início: Ter 02/01/18 00:00 - Ter 02/01/18 23:59
Módulo: 235
Nome: Aplicação de selador acrílico (externo)
Módulo: 250
Nome: Check list (após revestimentos)
Módulo: 258
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2

Fonte: Empresa A

Na Planilha *MS Project* Integrada também foram inseridos os dados reais de produção. Como a empresa não demonstrou interesse em utilizar uma nova aplicação para coleta de dados em campo, e como o aplicativo de qualidade utilizado em campo não pôde ser modificado para atender as demandas do CP Obras, os dados de produção foram inseridos diretamente no CP Obras.

Como base nos dados reais de produção, também foram gerados relatórios no *MS Project* para informar à equipe o andamento da produção, tais como, progresso por serviços e unidades concluídas x unidades previstas, ou seja, as tarefas sem dados oriundos CP Obras.

Um dos problemas identificados durante a implementação foi o retorno dos dados de produção para o escritório. Embora esses dados fossem inseridos no CP Obras diariamente, essas informações precisavam ser validas pelo Eng. de Campo antes de serem disponibilizadas para o escritório. Observou-se que devido a demanda de atividades no campo, o engenheiro demorava em validar essas informações. Assim, muitas vezes os relatórios de acompanhamento da produção gerados não representavam a realidade de campo. Outro fator que contribuiu para a disparidade entre a realidade da produção e os resultados do relatório foram os percentuais de progresso de serviços inseridos na Planilha *MS Project* Integrada, já que, como foi visto anteriormente, só informavam os serviços que estivessem 100% executados. Um exemplo da Planilha *MS Project* Integrada utilizada pela Empresa A é apresentada na Figura 37 a seguir:

Figura 37 - Planilha MS Project Integrada

	i	Nome da Tarefa	Predece	Modo da Tarefa	Progre	% concluída	Duração	Início	Início real	Término	Término real
	1	▷ CASA ISOLADA 235				4%	114,75 dias	Qui 28/09/17	Qui 28/09/17	Seg 19/03/18	ND
	97	▾ MÓDULO 236				49%	116,75 dias	Qui 28/09/17	Qui 28/09/17	Qua 21/03/18	ND
	98	▾ SUPRA ESTRUTURA - PAREDES E LA				100%	13,89 dias	Qui 28/09/17	Qui 28/09/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17
	99	▾ FORMA E FERRAGEM DAS PAREC				100%	12,89 dias	Qui 28/09/17	Qui 28/09/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17
	100	Aplicação de ferragem na pare	4			100%	1,89 dias	Qui 28/09/17	Qui 28/09/17	Sex 29/09/17	Sex 29/09/17
	101	Instalações elétricas nas pare	100;5			100%	0,89 dias	Seg 02/10/17	Seg 02/10/17	Seg 02/10/17	Seg 02/10/17
	102	Forma metálica e desforma p	101;6TI+0			100%	1,89 dias	Ter 03/10/17	Ter 03/10/17	Qua 04/10/17	Qua 04/10/17
	103	Forma metálica e desforma p	110;7TI+0			100%	0,89 dias	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17
	104	Aplicação de ferragem na laje	103;8			100%	0,89 dias	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17
	105	Instalações elétricas na laje	104;9			100%	0,89 dias	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17
	106	▾ CONCRETAGEM E CURA DAS PAF				100%	9,89 dias	Qua 04/10/17	Qua 04/10/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17
	107	Concretagem das paredes	102;11			100%	0,89 dias	Qua 04/10/17	Qua 04/10/17	Qua 04/10/17	Qua 04/10/17
	108	Concretagem da laje	105;13			100%	1 dia	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17	Ter 17/10/17
	109	1ª aplicação agente de cura da	108TI+0,5			100%	0,89 dias	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17
	110	Aplicação de agente de cura a	107TI+0,5			100%	0,89 dias	Qui 05/10/17	Qui 05/10/17	Qui 05/10/17	Qui 05/10/17
	111	Entrega da Supreestrutura	109			100%	0 dias	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17	Qua 18/10/17
	112	▾ COBERTURA				64%	21,89 dias	Qui 07/12/17	Qui 07/12/17	Ter 09/01/18	ND
	113	▾ PREPARO PARA TRABALHO EM A				0%	1,5 dias	Qui 07/12/17	ND	Sex 08/12/17	ND
	114	Instalação de suporte e cabo g	109TI+7 d			0%	1,5 dias	Qui 07/12/17	ND	Sex 08/12/17	ND
	115	▾ COBERTURA				100%	3,89 dias	Qui 04/01/18	Qui 04/01/18	Ter 09/01/18	Ter 09/01/18
	116	Estrutura de madeira para tell	114;171;2			100%	0,89 dias	Qui 04/01/18	Qui 04/01/18	Qui 04/01/18	Qui 04/01/18

Fonte: Empresa A

5.3. Discussão dos Resultados

Esta seção apresenta a análise cruzada dos métodos e EAPs propostas, a avaliação do Método Proposto 3, baseada na percepção dos envolvidos no estudo, bem como uma reflexão dos resultados obtidos à luz dos fundamentos teóricos adotados no presente trabalho, destacando as contribuições teóricas e práticas.

5.3.1. Análise Cruzada dos Métodos e EAPs Propostos

Para melhor entendimento dos Métodos Propostos e das Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs) utilizadas, foram elaborados os Quadros 16 e 17 apresentando uma análise cruzada.

No Quadro 16, encontra-se um conjunto de informações e critérios que torna possível analisar a evolução dos métodos propostos durante o desenvolvimento desta pesquisa. São apresentadas informações como o escopo do método proposto; as versões da EAP, CPS e Planilha de Sequência de atividades utilizadas; os problemas e limitações dos métodos, bem como as melhorias implementadas para contornar esses entraves.

No Método Proposto 1 foi apresentado um esquema para integração dos softwares utilizado pela Empresa A, ou seja, não foram contempladas as pessoas envolvidas nos processos. Além disso, a integração não abrangia o software de acompanhamento da produção (CP Obras). As versões da EAP e CPS utilizadas foram, respectivamente EAP1 e CPS1.

O Método Proposto 2 previu uma estrutura de integração entre os softwares e atividades inerentes aos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção e seus respectivos responsáveis. As versões da EAP e CPS utilizadas foram, respectivamente EAP2 e CPS2. Embora o método previsse o retorno das informações oriundas de campo, os dados do CP Obras ainda não estavam diretamente interligados ao modelo, sendo necessária a inserção dupla de dados na Planilha *MS Project* Integrada e no CP Obras.

Com o objetivo de integrar os dados do CP Obras, a EAP2 foi ajustada para abranger os campos utilizados pelo CP obras, dando origem a EAP3. O Método Proposto 3 também trazia uma estrutura de integração entre os softwares e atividades inerentes aos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção e seus respectivos responsáveis. Contudo, O planejamento de médio e curto prazo continuaram sendo feitos de forma independentes dos demais processos que foram integrados.

No Quadro 17 é apresentada uma análise comparativa da evolução da Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs) utilizadas ao longo do trabalho, sendo possível identificar em que Empreendimento a EAP foi aplicada; como estava estruturada a divisão dos seus campos; qual CPS compunha os seus campos; em qual método proposto foi utilizada; e também quais foram os principais problemas e dificuldades identificados e como esses problemas foram contornados.

Na EAP1, a CPS1 utilizada era oriunda do banco de dados do software de orçamento (TOTVS), estando sujeita à adoção de uma nova CPS para cada novo empreendimento. Isso porque a cada novo empreendimento criado, a CPS poderia ser criada ou exportada de projetos antigos, neste último caso, trazendo em si características de projetos anteriores. Nela havia duplicação da informação de localização já que na própria CPS continha dados de localização do nível e da área de execução do serviço.

Para tornar a CPS padronizada e abrangente foi criado um banco de dados de códigos de serviços para compor a mesma. A nova CPS, a CPS2, foi criada pela Empresa A e estava presente em um dos campos da nova EAP, a EAP2. Apesar dos avanços, a EAP2 ainda não conseguia integrar o software de acompanhamento da produção.

A EAP 3 foi criada a partir dos campos presentes no CP Obras de modo a facilitar o retorno das informações reais de produção à Planilha *MS Project* Integrada.

Quadro 22 - Análise comparativa dos Método Propostos

Evolução dos Métodos Propostos			
	Método Proposto 1	Método Proposto 2	Método Proposto 3
Escopo	Propor uma estrutura para integração entre os softwares de modelagem, planejamento e orçamento utilizados pelo escritório de empresa.	Propor uma estrutura de integração entre os softwares e atividades inerentes aos processos de modelagem BIM, planejamento, orçamentação e acompanhamento da produção e seus respectivos responsáveis.	Propor uma estrutura de integração entre os softwares e atividades inerentes aos processos de modelagem BIM, planejamento, orçamentação e acompanhamento da produção e seus respectivos responsáveis.
Versão da EAP	EAP1	EAP2	EAP3
Versão CPS	CPS1	CPS2	CPS2
Pessoas	não contemplado	Modelador, Gerentes, Gerente BIM, Equipe de Orçamento, Eng. de planejamento, Eng. de Campo, Estagiário e Téc. Edificações	Modelador, Gerentes, Gerente BIM, Equipe de Orçamento, Eng. de planejamento, Eng. de Campo, Estagiário e Téc. Edificações
Processos e Tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> Modelagem BIM 3D: <i>Revit</i> Orçamentação: TOTVS Planejamento: <i>MS Project, Navisworks</i> Acompanhamento da produção: não contemplado Ferramentas auxiliares: <i>Dynamo</i> , VBA, Planilha 1 e Planilha 2.	<ul style="list-style-type: none"> Modelagem BIM 3D: <i>Revit</i> Orçamentação: TOTVS Planejamento: <i>MS Project, Navisworks</i> Acompanhamento da produção: CP Obras, <i>Navisworks</i> Ferramentas auxiliares: <i>Dynamo</i> , Planilha de Sequência de atividades 2, <i>Remote Desktop Client</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Modelagem BIM 3D: <i>Revit</i> Orçamentação: TOTVS Planejamento: <i>MS Project, Navisworks</i> Acompanhamento da produção: CP Obras, <i>Navisworks</i> Ferramentas auxiliares: <i>Dynamo</i> , Planilha de Sequência de atividades 2, <i>TeamViewer</i> ou <i>Apraise</i> .

Quadro 23 - Análise comparativa dos Método Propostos (continuação)

	Método Proposto 1	Método Proposto 2	Método Proposto 3
Integração BIM / Orçamentação	Os dados de quantitativos extraídos do modelo BIM alimentavam o orçamento. Os dados de orçamento inseridos na planilha do <i>MS Project</i> estavam integrados ao modelo através do <i>Navisworks</i> .	Os dados de quantitativos extraídos do modelo BIM alimentavam o orçamento. Os dados de custos previsto e reais estavam presentes no Modelo BIM Integrado e na Planilha <i>MS Project</i> Integrada.	Os dados de quantitativos extraídos do modelo BIM alimentavam o orçamento. Os dados de custos previsto e reais estavam presentes no Modelo BIM Integrado e na Planilha <i>MS Project</i> Integrada.
Integração Planejamento / Acompanhamento da Produção	Os dados de acompanhamento da produção não estavam integrados aos dados de planejamento, de forma auxiliar na avaliação do progresso da construção.	Os dados de reais de produção retornavam para a Planilha <i>MS Project</i> Integrada (inserção manual dos dados), podendo ser utilizado para acompanhamento e controle da produção.	Os dados de reais de produção retornavam para a Planilha <i>MS Project</i> Integrada (exportação automática do CP Obras), podendo ser utilizado para acompanhamento e controle da produção.
Integração BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção	O Modelo BIM 3D e o planejamento foram integrados no <i>Navisworks</i> , mas não foi previsto o acompanhamento da produção.	O Modelo BIM Integrado tinha a função de integrar todas as informações do Modelo BIM 3D e os dados planejamento e da produção.	O Modelo BIM Integrado tinha a função de integrar todas as informações do Modelo BIM 3D e os dados planejamento e da produção, além de permitir simulações 4D (planejado x real).
Integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção	Não foi previsto o retorno das informações de custos reais à planilha do <i>MS Project</i> .	Foi prevista a integração dos dados de custos e planejamento (reais e planejados) na Planilha <i>MS Project</i> Integrada.	Foi prevista a integração dos dados de custos e planejamento (reais e planejados) na Planilha <i>MS Project</i> Integrada, além disso, esta planilha estava sincronizada com o software de orçamento.

Quadro 24 - Análise comparativa dos Método Propostos (continuação)

	Método Proposto 1	Método Proposto 2	Método Proposto 3
Problemas e Limitações	<p>Não abrangia o CP Obras.</p> <p>Erros ao utilizar o CPS1 como chave de mescla das informações do TOTVS para o <i>MS Project</i>.</p> <p>Inserção manual dos dados de EAP1 e CPS1 no <i>MS Project</i>.</p>	<p>Os dados do CP Obras não estavam diretamente interligados ao modelo, sendo necessária a inserção de dados na Planilha <i>MS Project</i> Integrada e no CP Obras.</p>	<p>O planejamento de médio e curto prazo continuaram sendo feitos de forma independentes dos demais processos que foram integrados</p>
Melhorias Implementadas	<p>Inserção do CP Obras no fluxo de informações proposto.</p> <p>Exportação dos serviços e da codificação (EAP2 e CPS2) da Planilha de Sequência de atividades já utilizada pela Empresa para o <i>MS Project</i>.</p>	<p>Ajustes da EAP2 para integrar o CP obras à Planilha <i>MS Project</i> Integrada.</p>	<p>Uso de linha de balanço e relatórios no <i>MS Project</i>.</p>

Quadro 25 - Análise comparativa das Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs)

	EAP1						EAP2						EAP3					
Empreendimento	Empreendimento 1						Empreendimento 2						Empreendimento 2					
Divisão dos campos	Bloco	Nível	Área	Apart.	Int/Ext	CPS	Bloco	CPS2: C20001303					Int/ext	Apart.	Localização CP obras			CPS2
								Tipo	Tipologia	Área	Nível	Cód. Serv.			Fase	Quadra	Módulo	
		18	N00	1	0	2	P222001	2	C	2	0	0	1303	0	0	F1	Q4	M299
	EAP: 18.N00.01.101.02.P222001						EAP: 02.C2000130300						EAP: F1Q4M299.C20001303					
CPS	CPS - Banco de dados do TOTVS						CPS2 - Criada pela empresa						CPS2 - Criada pela empresa					
Método Proposto	Método Proposto 1						Método Proposto 2						Método Proposto 3					
Problemas / Dificuldades	EAP com muitos pontos e campos; havia duplicação da informação de localização; sujeita à adoção de uma nova da CPS para cada novo empreendimento						Não permitia integração com o Software de acompanhamento da produção (CP Obras)						-					
Melhorias realizadas	Inserção de uma CPS criada pela própria empresa						Inserção de campos de localização utilizados pelo CP Obras na EAP						-					

5.3.2. Avaliação do Método Proposto 3

O Método Proposto 3 foi avaliado em relação aos construtos de Integração do fluxo de informações entre processos, Utilidade e Limitações, Facilidade de Uso, e Generalização e Replicabilidade, conforme apresentado a seguir.

5.3.2.1 Integração do fluxo de informações entre processos

Para a avaliação da percepção dos usuários, foram entrevistados 5 usuários diretamente envolvidos no estudo, incluindo gerente, modelador, orçamentista, engenheiro de planejamento e engenheiro de campo. A análise do fluxo de informações entre processos foi realizada com base nas proposições teóricas.

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação dos usuários referentes à integração do fluxo de informações entre os processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da Produção, de acordo com as variáveis identificadas.

Tabela 1 - Avaliação da integração do fluxo de informações entre processos

Integração do fluxo de informações entre processos		Variáveis					
		Processo	Estatística	Uso da EAP entre os processos	Comunicação entre o escritório e o campo	Integração de diferentes softwares e ferramentas	Revisão e atualização de informações
BIM/Planejamento e Acompanhamento da produção	Média	4,60	3,80	4,60	3,60	3,20	4,20
	Desvio	0,55	0,84	0,89	1,52	1,30	0,84
	Moda	5,00	4,00	5,00	2,00	2,00	5,00
Planejamento de produção/Acompanhamento da produção	Média	4,40	4,20	5,00	4,20	3,60	4,40
	Desvio	0,89	0,84	0,00	1,30	1,52	0,89
	Moda	5,00	5,00	5,00	5,00	2,00	5,00
Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da produção	Média	4,20	4,00	4,60	3,20	3,40	4,20
	Desvio	0,84	1,22	0,89	1,30	1,34	0,84
	Moda	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00	5,00

Tabela 2 - Avaliação da integração do fluxo de informações entre processos (continuação)

Integração do fluxo de informações entre processos		Variáveis					
Processo	Estatística	Uso da EAP entre os processos	Comunicação entre o escritório e o campo	Integração de diferentes softwares e ferramentas	Revisão e atualização de informações	Automação e simplificação dos processos	Banco de dados único e fácil acesso à informação
BIM/Orçamentação	Média	4,40	3,00	4,40	4,00	3,80	4,20
	Desvio	0,89	1,41	0,89	1,00	1,30	0,84
	Moda	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00
Escala Likert (1-discordo totalmente; 2-discordo parcialmente; 3-Eu não concordo ou discordo; 4-concordo parcialmente; 5- concordo totalmente)							

A utilização da EAP como linguagem comum entre os processos foi amplamente percebida pelos entrevistados, principalmente, em relação a integração entre BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção (média = 4,60, desvio = 0,55 e moda = 5,00). No empreendimento estudado a EAP utilizada no processo de acompanhamento da produção era a mesma utilizada pelo processo de planejamento. Embora o modelo BIM não tivesse sido integrado ao planejamento e ao acompanhamento da produção devido à falta de atualização da EAP inserida no modelo, o seu uso para esse fim já havia sido testado na Empresa A durante o período de desenvolvimento e adaptação das ferramentas e modelos BIM.

A Integração entre Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção foi a que teve menor pontuação de avaliação pelos usuários (média = 4,20, desvio = 0,84 e moda = 5,00), isso se deve ao fato de que, embora previsto no método proposto, a Empresa A optou por controlar os custos independentemente do modelo integrado. Assim, não pôde ser verificado os benefícios do planejamento e controle dos custos, conforme o andamento da execução do empreendimento.

Com base nestes resultados, observou-se que a EAP padronizada apresentou-se como um recurso primordial para a integração entre os processos, principalmente porque foi inserida em todos os processos avaliados. A importância e os benefícios da aplicação de uma EAP padrão para integração entre os processos também foi ressaltada por diversos autores, entre eles: Rasdorf; Abudayyeh (1991), Carr (1993), Marco, Briccarello e Rafele (2009), Jrade; Lessard (2015), Fan *et al.* (2016) e Wang *et al.* (2016). Os elementos do modelo BIM foram associados à EAP utilizada pelo planejamento, de maneira que os pacotes de trabalho definidos coincidissem, sendo mais fácil gerar modelos 4D que permitissem a visualização da execução das atividades planejadas. A EAP também permitiu o melhor acompanhamento da produção em termos de custos e tempo, ou seja, permitiu a fácil associação aos custos relacionados aos pacotes de serviço, o que pode facilitar o planejamento do fluxo de caixa do empreendimento, e permitir o retorno hábil das informações da produção.

Com relação à comunicação, a partir dos resultados obtidos, percebeu-se que a comunicação entre as equipes de campo e o escritório foi melhorada, uma vez que foram realizadas reuniões de replanejamento, definição de pacotes de trabalho condizentes com o que estava sendo feito no campo, e *feedback* dos dados de campo na Planilha *MS Project* Integrada. Assim, à medida em que inconsistências ou atrasos eram detectados, as equipes se comunicavam, via e-mail ou telefone, para tentar resolver os problemas identificados. Essa melhoria na comunicação também foi percebida pelos usuários, principalmente, em relação a Integração do Planejamento / Acompanhamento da Produção (média = 4,20, desvio = 0,84 e moda = 5,00), já que estes foram os processos que efetivamente tiveram sua integração implementada.

Para Kymmel (2008), a colaboração está entre os principais benefícios de se utilizar o BIM. No entanto, houve uma indiferença por parte dos usuários em relação a Integração Orçamentação / BIM (média = 3,00, desvio = 1,414 e moda = 3,00), o que pode ser explicado pelo fato de que a integração entre BIM e orçamentação ocorreu apenas no escritório, objetivando a troca de informações relativas ao levantamento quantitativo e à codificação de serviços, não

abrangendo as equipes de campo. Além disso, os dados de custos previstos e executados também não alimentaram a Planilha *MS Project* Integrada e o Modelo BIM Integrado.

A interoperabilidade é de essencial importância para a integração dos programas e disciplinas (EASTMAN *et al.* 2011). A Integração de diferentes softwares e ferramentas, com a consequente melhoria da comunicação foi percebida por todos os usuários entrevistados, uma vez que foi uma das variáveis mais bem avaliadas. Todos os entrevistados concordaram plenamente que com relação aos softwares, a integração Planejamento / Acompanhamento da Produção foi atendida (média = 5,00, desvio = 0,00 e modo = 5,00), principalmente, porque essa integração foi amplamente contemplada durante a implementação piloto.

Já com relação a Integração Orçamentação / BIM, em termos de comunicação entre software e ferramentas, essa integração mesmo sem diferenças significativas em relação às demais avaliações de integrações, teve a avaliação mais baixa (média = 4,40, desvio = 0,89 e moda = 5,00). Uma das reclamações do orçamentista era que, mesmo com uma rotina de extração automática de quantitativos, a planilha do *Excel* com os quantitativos não estava agrupada por CPS, mas por quantitativos dos elementos modelados, o que gerava um trabalho extra para organizar essas informações. Assim, a comunicação entre software e ferramentas foi possível devido aos recursos disponibilizados pelos softwares utilizados e ao uso da mesma EAP em todos os processos.

Informações atualizadas e confiáveis permitem uma real representação do andamento da execução da obra no canteiro, além de facilitar e agilizar a tomada de decisão. Portanto, com relação à variável revisão e atualização das informações do modelo integrado, o método permitiu uma atualização mais rápida das informações devido à centralização dos dados em uma única planilha, a qual estava vinculada aos modelos BIM, aos dados de custos e ao planejamento. A percepção dos usuários sobre a revisão e atualização das informações indicou que a integração Planejamento / Acompanhamento da Produção teve a melhor avaliação (média = 4,20, desvio = 1,30 e moda = 5,00).

Embora a frequência de atualização das informações atenda a maioria dos usuários, o atraso na atualização dos dados da CP Obras foi uma das reclamações recorrentes dos usuários, pois a velocidade com que os dados eram atualizados não representou adequadamente o avanço dos serviços de campo. A integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção teve a pior avaliação, pois, embora os dados de custos pudessem ser integrados ao planejamento da produção, esses dados estimados e reais não foram integrados ao controle da produção.

Para Jrade e Lessard (2015), a integração de diferentes softwares deve ser automatizada sempre que possível. A automatização traz agilidade e acurácia aos processos, seja por associação automática de atividades planejadas aos elementos dos modelos BIM, ou através do levantamento de quantitativos. A Automação e Simplificação de processos foi a variável pior avaliada pelos usuários, com moda 2 para quase todos os processos integrados, com exceção da Integração Orçamentação / BIM, com moda 5, isso deve-se principalmente à extração automática de quantitativos do BIM. Apesar dos avanços em relação ao que era praticado na Empresa A, o novo método de trabalho exige diversos programas e planilhas que poderiam ser simplificados se houvesse apenas um software para gerenciar essas informações.

Um dos critérios bem avaliado pelos usuários foi o uso de um banco de dados único e acesso às informações, principalmente em relação à Integração Planejamento / Acompanhamento da Produção (média = 4,40, desvio = 0,89 e moda = 5), corroborando com Jrade e Lessard (2015), que recomenda que os sistemas integrados devem integrar todos os profissionais de construção em um único processo / ferramenta, sendo que as informações utilizadas por esses profissionais devem estar disponíveis e de fácil entendimento. Isso porque era possível gerar relatórios de progresso da produção, bem como o uso de uma linha de balanço em um único local.

Entretanto, essa variável foi a menos percebida pelo engenheiro de campo, já que ele não podia acessar a Planilha *MS Project* Integrada diretamente devido à ausência da licença do programa em seu computador. O acesso a essas informações foi fornecido por meio de relatórios enviados do escritório

para o campo. Diante dos diversos programas utilizados pela empresa, os quais necessitavam de mão de obra mais especializada para sua manipulação, o uso de uma planilha no *MS Project* permitiu o fácil acesso às informações geradas por outros softwares, mesmo que fornecidas em forma de relatórios.

Em relação às suas responsabilidades, quando questionados sobre seus papéis no processo, os usuários responderam que estavam cientes e descreveram suas funções conforme sugerido pelo método proposto. Este resultado corrobora com Kern (2005) que recomenda que a definição dos papéis dos envolvidos seja uma das diretrizes para implementação de modelos integrados de planejamento e controle da produção e custos. Assim as tarefas são atribuídas de modo a evitar dúvidas e conflitos entre os participantes.

5.3.2.2 Facilidade de uso

A Tabela 2 apresenta o resultado da avaliação dos usuários quanto à facilidade de uso do método proposto, destacando-se as variáveis: (a) Facilidade de uso do método e software/ferramentas do sistema; (b) Facilidade para compreender as informações fornecidas e; (c) Aprendizagem do método e das ferramentas usadas.

As equipes de campo não consideraram as atividades de fluxo de informações de fácil entendimento, ao contrário da equipe de escritório que era capaz de entender o fluxo de informações. Isso se deve principalmente ao menor envolvimento da equipe de campo durante as reuniões de definições do método quando comparado à equipe do escritório. Outro fator importante foi a ausência de um “evento inicial”, proposto por Kern (2005) para discussão dos conceitos e ferramentas. Como a obra já estava em andamento, alguns dos aspectos da nova forma de trabalho foram comunicados por e-mail, mas não houve uma reunião geral com todos os envolvidos para explicar o método e esclarecer as dúvidas.

Tabela 3 - Avaliação da facilidade de uso

Variável	Entrevistados				Estatísticas			
	Eng. de Planejamento	Eng. de Campo	Orçamentista	Modelador	Gerente	Média	Desvio	Moda
Nível de participação no desenvolvimento de meios para integração	Baixo	Médio	Baixo	Muito alto	Muito alto	-	-	-
Considero de fácil entendimento as atividades do fluxo de informações ao longo dos processos	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0	3,0	1,0	2,0
Considero de fácil utilização as ferramentas e softwares associados ao método proposto	2,0	2,0	2,0	5,0	4,0	3,0	1,4	2,0
As informações geradas ao longo dos processos são fáceis de entender	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	3,2	1,3	2,0
Escala Likert (1-discordo totalmente; 2-discordo parcialmente; 3-Eu não concordo ou discordo; 4-concordo parcialmente; 5- concordo totalmente)								

Da mesma forma que as atividades desenvolvidas nos fluxos de informações não ficaram tão claras para as equipes de campo como para as equipes de escritório, a facilidade no entendimento das informações que eram geradas ao longo dos processos também não foi bem avaliada pela equipe de campo. Isso também se deve ao não envolvimento frequente da equipe de campo na elaboração do método proposto, e também devido à falta de uma reunião geral que permitisse a apresentação mais detalhada do método.

O uso das ferramentas e softwares associados ao método proposto foi considerado fácil por aqueles que estavam diretamente ligados ao uso dos programas ou que receberam treinamento para compreendê-los. Embora tenha sido realizado alguns treinamentos sobre o uso de alguns dos programas, tais

como CP Obras e *MS Project*, alguns dos usuários expressaram no questionário a sua dificuldade em usar o *MS Project* e os softwares BIM.

5.3.2.3 Utilidade e Limitação

Em relação à utilidade do método proposto, as necessidades de informações foram significativamente atendidas para as equipes do escritório, enquanto que a equipe de campo discordou parcialmente de que as necessidades de informação foram atendidas. No entanto, quando questionados sobre qual tipo de informação não foi atendida, a equipe de campo não respondeu a esta pergunta aberta no questionário. O não cumprimento de algum tipo de necessidade requerido pela equipe de campo justifica-se principalmente pelo baixo grau de envolvimento dos mesmos na elaboração do método proposto.

Os principais benefícios e barreiras à implementação do método proposto, identificados pelos usuários, são apresentados no Quadro 18.

Quadro 26 - Principais benefícios e barreiras à implementação do método proposto

Benefícios	Limitação
<ul style="list-style-type: none"> • Visão macro do planejamento para tomada de decisões mais rápidas • Controle de metas de custo e planejamento • Melhor integração entre os pacotes de trabalho definidos no orçamento e no planejamento • Base de código unificada • Menos tempo gasto em compatibilização e retrabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações, em campo, dos pacotes de trabalho definidos • Atraso no carregamento de dados, que pode não representar o que está acontecendo realmente no campo • Integração do escritório com o campo

Com relação aos benefícios, a “Visão macro do planejamento para tomada de decisões mais rápidas” foi fundamental para o Empreendimento 2, uma vez que durante o diagnóstico do fluxo de informações entre os processos foi identificado que o empreendimento não possuía planejamento de longo prazo. Assim que foram identificados os prazos de conclusão das atividades, foram tomadas medidas para ajustar o prazo de entrega do empreendimento.

O “Controle de metas de custo e planejamento” era implementado no empreendimento de forma muito imprecisa e tardia, já que dependia de um relatório mensal de acompanhamento da produção para identificar possíveis atrasos ou excedentes de custos. Portanto, esse controle mais efetivo foi um dos benefícios identificados por aqueles que participaram da pesquisa por meio do questionário.

Como a EAP que estabelecia os pacotes de trabalhos a serem empregados no empreendimento era utilizada entre os processos estudados, a “Melhor integração entre os pacotes de trabalho definidos no orçamento e no planejamento” se tornou um benefício evidente para os envolvidos nos processos.

A “Base de código unificada” permitiu uma padronização dos códigos de serviços utilizados pela Empresa A, assim, os códigos que compunham a EAP do Empreendimento 2 eram adotados para os demais empreendimentos da empresa.

Um dos problemas identificados durante o desenvolvimento do método proposto foi a falta de compatibilização do número de atividades e codificações adotadas pela equipe de planejamento e orçamento no escritório com as adotadas pela equipe de campo. Assim, ao se compilar as informações oriundas de campo era necessário agrupar ou reagrupar as atividades para coincidir os pacotes de serviços adotados. Embora não tenha sido totalmente resolvido, esse problema foi reduzido e foi identificado o benefício de “Menos tempo gasto em compatibilização e retrabalho”.

Uma das limitações identificada foi “Alterações, em campo, dos pacotes de trabalho definidos”, já que embora os pacotes de serviços fossem definidos previamente por meio da EAP e inseridos no software de acompanhamento da produção, o engenheiro de campo poderia a qualquer momento agrupar ou desmembrar as atividades conforme novas demandas de campo.

O “Atraso no carregamento de dados, que pode não representar o que está acontecendo realmente no campo” está relacionado o atraso da aprovação dos dados de reais de produção pelo engenheiro de campo, apesar da inserção diária dessas informações pelos técnicos de edificações ou estagiários. Uma vez

que somente os dados de campo aprovados pelo engenheiro responsável são exportados para relatórios em *Excel*, a atualização da Planilha *MS Project* Integrada fica comprometida, já que esta é abastecida por esses relatórios.

Embora o uso de EAP tenha integrado softwares de diferentes ambientes, e apesar dos dados de planejamento e controle estarem reunidos na Planilha *MS Project* Integrada, os entrevistados ainda consideram a “Integração do escritório com o campo” uma tarefa difícil e que precisa ser melhorada. Mesmo com as discussões para definição de pacotes de trabalhos, outras reuniões periódicas baseadas no método de integração devem ser realizadas. Além disso, o acesso da equipe de campo à Planilha *MS Project* Integrada e ao Modelo BIM Integrado deve ser resolvido para permitir o livre acesso às informações por eles necessitadas a qualquer tempo.

5.3.2.4 Generalização e Replicabilidade

Com relação à generalização e replicabilidade do método proposto, percebe-se que o principal fator para a aplicação do método foi o uso de uma EAP através dos processos. A EAP usada mostrou ser facilmente adaptável a outros tipos de projetos da empresa, pois o código de serviço contido no banco de dados é o mesmo para todos os novos projetos. Outras empresas podem usar sua própria codificação, ou usar algum sistema de classificação, como OmniClass, Uniformat, Masterclass, e adaptá-lo de acordo com suas necessidades.

Para entender melhor a generalização e a possível replicabilidade do método proposto, as principais fases do Método Proposto 3 serão abordadas de acordo com este aspecto.

A Fase cíclica e participativa para definição de geometria e pacotes de trabalho pode ser estendida para outras empresas. Independentemente dos programas utilizados, essa fase é essencial para o funcionamento do método, pois um pacote de trabalho bem definido e alinhado entre todos os processos, facilita o retorno das informações de campo e serve de base para o melhor desenvolvimento dos modelos BIM e simulações. A definição dos pacotes de trabalho deve estar alinhada com os níveis hierárquicos presentes na EAP, em

que o pacote de trabalho representa o menor nível hierárquico da EAP, que será usado para monitorar a produção no campo.

Na Fase cíclica e participativa de elaboração do Modelo BIM Integrado, o modelo BIM 3D e o planejamento são vinculados no software de simulação 4D. A função da simulação 4D é facilitar a visualização da execução dos serviços por pacote de trabalho. Assim, correções e melhorias nos pacotes de trabalho definidos na fase anterior (Fase cíclica e participativa para definição de geometria e pacotes de trabalho) podem ser feitas. O principal aspecto nessas duas primeiras fases é manter a EAP entre os processos e manter as informações armazenadas em um banco de dados (*Excel* ou *MS Project*).

Nas fases de acompanhamento e controle da produção e na Fase de geração dos dados de acompanhamento, os dados devem ser enviados para o campo para auxiliar na tomada de decisão a nível de médio e curto prazo, portanto, mesmo que a empresa não tenha um software de acompanhamento de produção, os dados coletados no campo podem ser inseridos diretamente na planilha com os dados integrados. Esta planilha conterà as informações de planejamento e acompanhamento da produção.

5.3.3. *Análise das proposições teóricas adotadas*

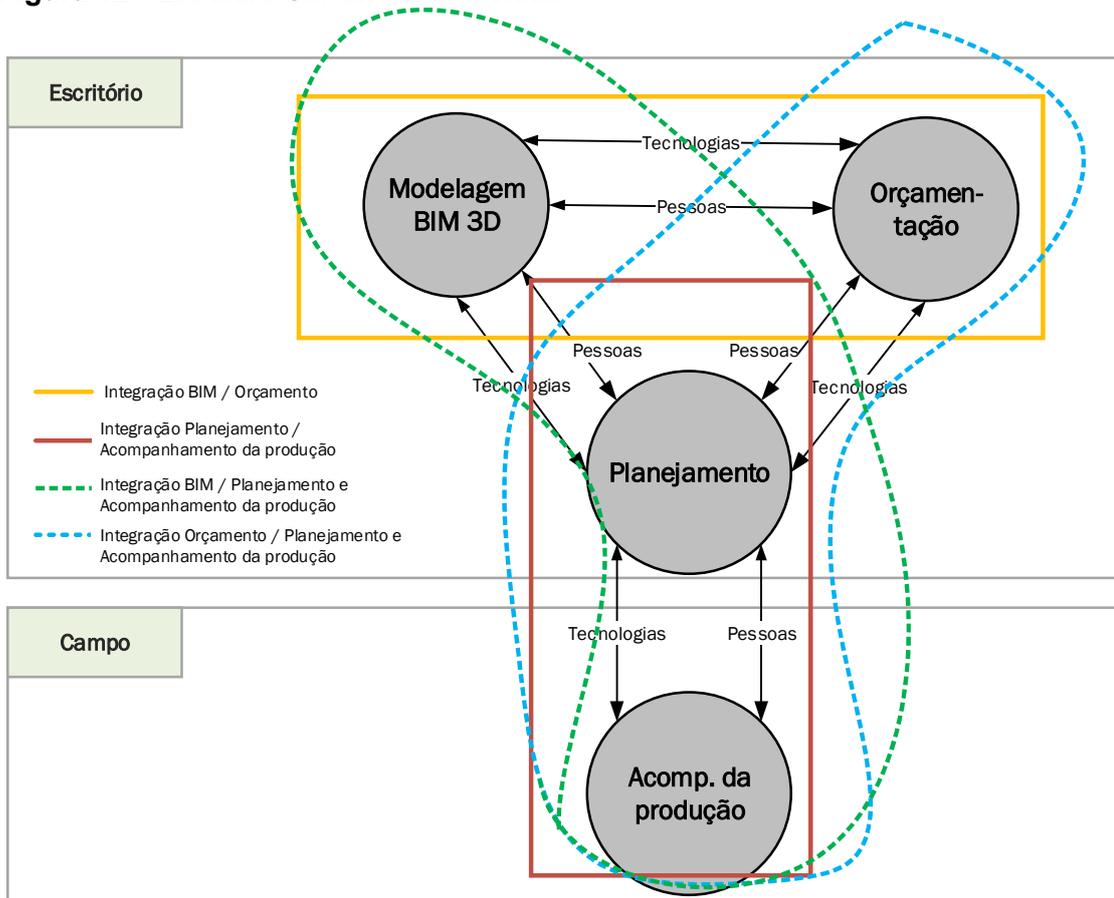
Os avanços e as limitações relativos ao cumprimento das proposições presentes na Estrutura Conceitual, Figura 12, já discutidos no Método de Pesquisa, são apresentados a seguir, considerando os resultados obtidos e os aspectos abordados na revisão da literatura.

- Integração BIM / Orçamentação

O método proposto prevê a integração BIM / Orçamentação durante a fase de elaboração do modelo através do uso da CPS presente tanto no software de orçamentação como no Modelo BIM 3D. Os dados de levantamento quantitativo gerados pelo modelo BIM são utilizados pela equipe de orçamento para elaboração da estimativa de custos e do orçamento dos serviços. Essas atividades são desenvolvidas em escritório e os custos orçados devem ser associados ao Modelo BIM Integrado por meio da Planilha *MS Project* Integrada. O método também previu a disponibilização dos custos orçados ao ambiente de

campo, bem como o retorno das informações de custos executados ao Modelo BIM Integrado. Os dados de custos associados ao Modelo BIM Integrado permitem uma visualização do progresso físico e financeiro, por meio da simulação da construção ao longo do tempo.

Figura 12 - Estrutura Conceitual do estudo



Fonte: Autora

Durante a implementação do método, a integração BIM / Orçamentação se restringiu ao ambiente de escritório. Como nem todos os dados de custos foram disponibilizados à equipe de campo, e como não houve retorno dos dados de custos ao Modelo BIM Integrado, o BIM apoiou somente o levantamento de quantitativos para serem utilizados pela equipe de orçamento. Os benefícios do uso do BIM 5D, tais como, levantamentos quantitativos mais precisos e mais rápidos, foram evidenciados, principalmente, por meio do uso de rotinas automáticas para extração desses dados. A integração entre as equipes de modelagem e orçamentação foi fundamental para que a forma como o modelo foi desenvolvido, principalmente em termos de nível de detalhes e quantidade de

elementos modelados, permitisse o uso das informações de quantitativos pela equipe de orçamentação.

- Integração do Planejamento / Acompanhamento da Produção

O método propõe que a integração Planejamento / Acompanhamento da Produção ocorra na Planilha *MS Project* Integrada, assim, as informações do planejamento da produção e o *feedback* com os dados reais de produção ficam reunidos em um único banco de dados. A elaboração do Planejamento se dá em função da EAP definida no início do projeto, conforme os pacotes de trabalho adotados pelas equipes de campo e escritório. Já o retorno das informações para servir de apoio ao acompanhamento e controle da produção é oriundo do software de acompanhamento da produção.

A implementação do método contemplou totalmente a Integração do Planejamento / Acompanhamento da Produção, e foi possível obter um controle mais efetivo da produção em campo, apesar dos problemas com a atualização das informações citados anteriormente. O sucesso na integração dessas informações já era esperado, uma vez que esse é o tipo de integração mais abordado na literatura, conforme pode ser observado nos capítulos de revisão da literatura. Essa integração deu suporte à tomada de decisão em termos de programação e dimensionamento de equipes e mudanças na frente de trabalho do canteiro de obras. Uma limitação identificada na implementação do método proposto foi uma integração mais efetiva do planejamento de longo prazo com o planejamento de médio e curto prazo. Como a equipe de campo não tinha acesso à Planilha *MS Project* Integrada, um planejamento à nível de médio e curto prazo foi elaborado pela equipe de campo, em *Excel*, com uma linguagem independente da adotada pelo método proposto. Além da disponibilização do programa, outra possibilidade para superar este problema seria a inserção dos dados de planejamento no CP Obras, já que o mesmo só registra os dados reais de produção.

- Integração BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção

Pelo método proposto a Integração BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção se dá por meio do Modelo BIM Integrado, em que estão reunidas as informações no modelo BIM 3D e do planejamento e acompanhamento da Produção. Nesse ambiente é possível fazer simulações da construção de acordo com o planejamento da produção, bem como simulações representando como a construção realmente está ocorrendo em campo. Esse recurso disponibilizado pelo Modelo BIM Integrado, permite, de acordo com revisão da literatura melhorar a visualização do planejamento das atividades e identificar incoerências construtivas. Essa integração não foi implementada devido à falta de atualização da EAP no modelo BIM. Contudo, observou-se que como a obra já estava em andamento, a visualização da rede de precedência das atividades e da execução dos processos construtivos já estavam bem assimilados pela equipe de campo, embora a equipe de escritório carecesse dessa interpretação, tendo que recorrer várias vezes à equipe de campo para esclarecer dúvidas sobre a precedência de atividades.

- Integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção

A Integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção foi prevista pelo método proposto através do uso da Planilha *MS Project* Integrada. Nela os dados de custos são associados aos dados de planejamento de forma que possa ser observada a distribuição dos custos ao longo do tempo. Essa planilha oferece um orçamento operacional da construção para auxiliar no gerenciamento do fluxo de caixa e na tomada de decisão de compra de matérias, aluguel de equipamentos, contratação de mão de obra, entre outros. Durante a implementação do método o único custo controlado pela empresa A foi o de mão de obra, que era acompanhado pelos gerentes da empresa diretamente no CP Obras. Essas informações não alimentavam a Planilha *MS Project* Integrada, portanto, não foram analisadas durante esse estudo.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Este trabalho teve como principal objetivo propor um método para integrar os fluxos de informações entre os processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento, e Acompanhamento da produção, envolvendo pessoas e tecnologias desde a elaboração do projeto do empreendimento até o controle da produção em campo. Os objetivos secundários foram: (a) Identificar e definir requisitos de informações para desenvolvimento de modelos que suportem a integração entre esses processos estudados, bem como entre as pessoas e tecnologias envolvidos; (b) Estabelecer comunicação entre ferramentas e softwares, bem como atribuir responsabilidades às pessoas envolvidas na integração dos processos estudados; e (c) Identificar benefícios e dificuldades da implementação do método para integração dos processos estudados. Portanto, diante do que foi apresentado no presente trabalho, observa-se que os objetivos definidos foram todos alcançados e uma análise sucinta dos meios empregados, dos principais resultados obtidos e das contribuições é apresentada a seguir.

Foram realizados diagnósticos do fluxo de informações entre os processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção em dois empreendimentos da Empresa A. Os diagramas de fluxo de dados obtidos nos diagnósticos permitiram a visualização de entraves e requisitos à integração entre esses processos do ponto de vista de pessoas, ambientes e tecnologias.

Dentre os entraves destacam-se: (a) a centralização do planejamento no ambiente do escritório sem considerar informações sobre definição dos pacotes de trabalho a serem realizados em campo; (b) falta de periodicidade da avaliação das informações de planejamento e custo; (c) o modelo BIM servindo somente para registro e sem aplicações práticas na empresa; e (d) falta de uma linguagem comum de comunicação, seja codificação ou nomenclatura, entre as pessoas, programas e processos.

Alguns dos requisitos identificados nesta etapa do trabalho foram: (a) a melhoria na comunicação entre os ambientes de campo e escritório por meio do uso de uma estrutura analítica de projeto; (b) a definição de forma participativa

para elaboração dos pacotes de trabalho que vão compor essa EAP, de forma a representar mais fielmente a maneira como os serviços serão executados em campo; (b) a definição de critérios para desenvolvimento do modelo BIM em função da EAP utilizada; e (d) a disponibilização do modelo BIM para a equipe de campo de modo a melhorar a visualização das atividades planejadas e promover a comunicação entre as equipes de campo e escritório.

A primeira contribuição deste estudo é uma melhor compreensão dos tipos de fluxo de informações necessários para integrar os processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção, a partir da **estrutura conceitual estabelecida**, envolvendo **quatro proposições para integração**: (1) Integração BIM / Orçamentação; (2) Integração Planejamento / Acompanhamento da Produção; (3) Integração BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção; e (4) Integração Orçamentação / Planejamento e Acompanhamento da Produção.

Associado às quatro proposições, foram definidas sete variáveis de análise da integração do fluxo de informações entre processos, que podem também ser entendidas como **requisitos de informações** para integração entre esses processos estudados, sendo elas: (a) Integração de diferentes softwares e ferramentas; (b) Uso da EAP entre os processos; (c) Comunicação entre escritório e campo; (d) Revisão e atualização de informações; (e) Automação e simplificação dos processos; (f) Responsabilidades das pessoas envolvidas e (g) Banco de dados único e fácil acesso à informação.

A partir desta estrutura conceitual, outras empresas construtoras que desejem implementar a integração dos seus processos podem se apoiar nas quatro proposições e seus requisitos para realizar um diagnóstico inicial da integração a nível de processos, pessoas e tecnologias, bem como avaliar se houve melhorias ao final da implementação da integração. Essa avaliação pode ser realizada tanto para processos relacionados ao ambiente interno da empresa como para aqueles desenvolvidos por empresas externas à organização.

A segunda contribuição deste estudo é a prescrição de um método que descreve o fluxo de informações, tecnologias e pessoas para a integração dos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e

Acompanhamento da produção. O desenvolvimento do método proposto se deu a partir das proposições adotadas e da cooperação mútua entre a pesquisadora e os envolvidos nos processos estudados.

O Método proposto é composto por um Diagrama de Fluxo de Informação (DFD), no qual está indicado um conjunto de fases para integração das informações, os processos, as atividades de entrada e saída entre os processos, os programas a serem utilizados, além da atribuição de responsabilidade às pessoas envolvidas nos processos.

As principais fases e atividades do método proposto foram:

A Fase cíclica e participativa de definição de geometria e pacotes de trabalho promove a integração entre as equipes de campo e escritório para definição dos pacotes de trabalho. Nela estão envolvidas principalmente o modelador, orçamentista, gerentes, engenheiro de planejamento e engenheiro de campo. Nessa fase o modelo BIM 3D é modelado e codificado conforme definição da EAP, é realizado o levantamento dos quantitativos e o orçamento dos serviços, além do desenvolvimento do planejamento e a sincronização das informações de prazos e custos. As atividades definidas foram: (1) Definição de Pacotes de trabalho; (2) Levantamento dos quantitativos; e (3) Exportação e sincronização.

Na Fase cíclica e participativa de elaboração do Modelo BIM Integrado, o modelo BIM 3D e a Planilha *MS Project* Integrada, com informações do planejamento e dos custos, são integrados no programa *Navisworks*, dando origem ao Modelo BIM Integrado cujo objetivo é auxiliar a visualização da pacotes de trabalho planejados e promover a discussão entre as equipes de campo e escritório. As atividades definidas foram: (4) Exportação do modelo BIM 3D e (5) Ajuste dos pacotes de trabalho

Na Fase de acompanhamento e controle da produção, o Modelo BIM Integrado e a Planilha *MS Project* Integrada são enviados para campo para elaboração de um planejamento mais detalhado a nível de médio e curto prazo. Nesta fase também são coletados os dados reais de produção. As atividades definidas foram: (6) Envio do Modelo BIM Integrado e do planejamento para uso

em campo; (7) Apoio ao controle da produção; (8) Elaboração de metas de custos e definição de premiações; e (9) Compartilhamento de dados.

Na Fase de geração dos dados de acompanhamento, os dados coletados atualizam o Modelo BIM Integrado e a Planilha *MS Project* Integrada e são gerados relatórios de acompanhamento de custos e da produção, de modo a auxiliar a tomada de decisão. As atividades definidas foram: (10) Atualização do Modelo BIM Integrado e (11) Envio de dados para relatório gerencial.

Para cada um desses processos, foi estabelecida a integração do fluxo de informações entre eles, por meio de um arranjo de softwares/ferramentas e da identificação das pessoas envolvidas. Os softwares utilizados para modelagem BIM 3D foram o *Revit*, da *Autodesk*; para orçamentação foi utilizado o TOTVS; no planejamento foram utilizados o *MS Project* e o *Excel*, da *Microsoft*; para simulação 4D, o *Navisworks* da *Autodesk*, e para acompanhamento dos serviços executados em campo, o próprio software da Empresa, o CP Obras. As principais pessoas identificadas tratavam-se de modeladores, gerentes, orçamentistas, engenheiros de planejamento e campo, técnicos de edificações e estagiários.

O método proposto contribuirá para orientar o profissional a implementar a integração dos quatro diferentes processos identificados desde a fase de projeto do projeto até o acompanhamento da produção no campo. A chave para implementação do método proposto é a utilização de uma EAP comum a todos os processos estudados, bem como o processo cíclico de troca de informações para definição dos pacotes de trabalho a serem adotados pelas equipes de campo e escritório.

A avaliação do método proposto se seu a partir do constructo de Integração do fluxo de informações entre processos, já a implementação piloto do método posposto foi avaliada a partir da estrutura conceitual estabelecida e dos constructos para avaliação do artefato, sendo eles: (a) Utilidade e Limitação; (b) Facilidade de uso, e (c) Generalização e Replicabilidade. Essa avaliação se baseou na percepção dos usuários por meio de questionários na escala Likert e entrevistas com os envolvidos no processo.

Com relação à **Integração do fluxo de informações entre processos**, a utilização da EAP como linguagem comum entre os processos foi amplamente percebida pelos entrevistados, principalmente, em relação a integração entre BIM / Planejamento e Acompanhamento da Produção. A comunicação entre as equipes de campo e o escritório foi melhorada, devido ao uso da Planilha *MS Project* Integrada e às reuniões para definição de pacotes de trabalho e do planejamento. A Integração de diferentes softwares e ferramentas, com consequente melhoria da comunicação foi percebida por todos os usuários entrevistados, uma vez que foi uma das variáveis mais bem avaliadas, principalmente a integração entre os softwares de Planejamento e Acompanhamento da Produção. A criação de um banco de dado único de codificação dos serviços e a centralização das informações na Planilha *MS Project* Integrada melhoraram a comunicação e transparência das informações, embora a equipe de campo tenha tido acesso limitado a essas informações devido a carência de licença dos programas *MS Project* e BIM.

Com relação a **facilidade de uso do método**, as atividades de fluxo de informações propostas pelo método não foram consideradas de fácil entendimento pela equipe de campo, isso se deve a uma reduzida participação dessa equipe no desenvolvimento do método proposto e à falta de reuniões gerais para treinamentos e esclarecimentos sobre o método proposto.

Em relação à **utilidade do método proposto**, as necessidades de informação foram significativamente atendidas para as equipes do escritório, ao contrário da equipe de campo. Os principais benefícios citados pelos participantes foram: (a) visão macro do planejamento para tomada de decisões mais rápidas; (b) Controle de metas de custo e planejamento; (c) melhor integração entre os pacotes de trabalho definidos no orçamento e no planejamento; (d) base de código unificada; e (e) Menos tempo gasto em compatibilização e retrabalho. Os principais problemas foram: (a) alterações, em campo, dos pacotes de trabalho definidos; (b) atraso no carregamento de dados, que pode não representar o que está acontecendo realmente no campo; e (c) integração do escritório com o campo.

Com relação à **generalização e replicabilidade do método proposto**, as principais fases do método podem ser adaptadas a outros empreendimentos da mesma empresa e de outras construtoras cujo objetivo seja melhorar a integração entre os processos de Modelagem BIM, Orçamentação, Planejamento e Acompanhamento da produção, e seus respectivos responsáveis e tecnologias. Os critérios de avaliação propostos por este trabalho podem ser aplicados em diferentes contextos e em diferentes empresas, desde que o objetivo seja integrar os processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção.

De um modo geral o método proposto definiu um fluxo de informações baseado em fases de integração, o qual é composto por processo e atividades sugeridas para a integração tanto de software e ferramentas, como das pessoas responsáveis por esses processos. A transparência e o acesso às informações foram melhorados, uma vez que um banco de dados no *MS Project* foi responsável por integrar as informações e deixá-las disponíveis para ser consultadas por aqueles que a requerem no momento necessário e com qualidade e nível de detalhe suficiente para apoiar a tomada de decisão. Mesmo com profissionais diferentes, em ambientes diversos e com uso de tecnologias distintas em cada processo, o método permitiu uma melhoria na coordenação dos processos e o controle efetivo devido a um *feedback* mais eficaz.

As principais limitações do trabalho dizem respeito aos recursos disponibilizados pelos programas utilizados pela empresa participante, uma vez que o método se fundamentou nos formatos e recursos de importação e exportação dos programas. O método proposto não se aprofundou na interface do planejamento de longo da Planilha *MS Project* Integrada para os planejamentos de médio e curto prazo, o que precisa ser melhor explorado. A coleta de dados nesses níveis de planejamento ocorreu de forma duplicada, ou seja, utilizando o CP Obras e o *Excel*.

A principal dificuldade em desenvolver este trabalho foi o fato da obra já está andamento quando a pesquisa se iniciou. Assim, o método não pôde ser testado e implementado desde a fase de elaboração do projeto ao acompanhamento e controle da produção em campo. Outra dificuldade foi em

realizar reuniões com todos os principais envolvidos, principalmente, devido a demanda individual de trabalho de cada um dos responsáveis pelos processos, a localização do escritório e do empreendimento, e a rotatividade da engenheira de planejamento entre as obras da empresa.

Para trabalhos futuros, é necessária a completa implementação do método proposto em outros empreendimentos da empresa estudada, para que se possa identificar mais benefícios, limitações e possíveis ajustes no método proposto. O treinamento e implementação do método proposto em outras empresas é necessário para identificar mais aspectos para a generalização do mesmo.

Pode-se prever a utilização da análise do valor agregado para acompanhamento e controle da dados de custo. Além da extensão do método para abranger também o controle da qualidade dos serviços.

REFERÊNCIAS

- ABANDA, F. et al. A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. **Advances in Engineering Software**, v. 90, p.183-201, 2015.
- ABOURIZK, S. Role of simulation in construction engineering and management. **J. Constr. Eng. Manage.** v.136, p. 1140-1153, 2010.
- Abu Bakar, A.H., Yusof, M.N., Tufail, M.A. and Virgiyanti, W. (2016), “Effect of knowledge management on growth performance in construction industry”, *Management Decision*, Vol. 54 No. 3, pp. 735-749.
- ABUDAYYEH, O.; RASDORF, W. Prototype integrated cost and schedule control system. **J. Comput. Civ. Eng.**, v.7(2), p.181-198, 1993.
- AKINTOYE, A; FITZGERALD, E. A survey of current cost estimating practices in the UK. **Constr Manag Econ**, v.18(2), p.161–72, 2000.
- ALASHWAL, A.; FONG, P. Empirical study to determine fragmentation of construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141(7), p. 04015016, 2015.
- ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate**. Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University. 2006.
- AL-JIBOURI, S. H. Monitoring systems and their effectiveness for project cost control in construction. **International Journal of Project Management**, v. 21(2), p. 145-154, 2003.
- ALSHAWI, M.; INGIRIGE, B. Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction. **Automation In Construction**, v. 12 (4), p.349-364, 2003
- ANDRADE, A. C.; SOUZA, U.E.L. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para a confecção de um orçamento integrado ao processo

de produção de um empreendimento. III SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. São Carlos /SP, 2003.

ANGELONI, M. T. et al. Gestão Estratégica da Informação e o Processo Decisório: uma preparação para a gestão do conhecimento. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 1999, Rio de Janeiro. XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínio de edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

BAX, P. M. Design Science: Filosofia Da Pesquisa Em Ciência Da Informação E Tecnologia. In: XV ENANCIB 'ALÉM DAS NUUVENS: EXPANDINDO AS FRONTEIRAS DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO'. Belo Horizonte, 2014, p. 3883-3903.

BERENTE, N.; VANDENBOSCH, D.; AUBERT, B. Information flows and business process integration. **Business Process Management Journal**, v. 15(1), p. 119-141, 2009.

BERNARDES, M.M.S. **Método de análise do processo de planejamento da produção de empresas construtoras através de seu fluxo de informação**: proposta baseada em estudo de caso. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 291p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil — PPGEC/UFRGS, Porto Alegre.

BERTEAUX, F., JAVERNICK-WILL, A. Adaptation and Integration for Multinational Project-Based Organizations. **Journal of management in engineering**, v. 31(6), p. 04015008, 2015

BOTON C., KUBICKI S., HALIN G., The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle: a case study, **Procedia Engineering**, v. 123: p. 59–67, 2015.

CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificações**. Florianópolis, 1988. 151p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CARR, R. Cost, schedule, and time variances and integration. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.119(2), p.245-265, 1993.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras**. Brasília, 2016.

CHEN, S. *et al.* A framework for an automated and integrated project scheduling and management system. **Automation in Construction**, v.35, p. 89-110, 2013.

CHO, D.; RUSSELL, J.; CHOI, J. Database framework for cost, schedule, and performance data integration. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 27(6), p.719-731, 2012.

CHO, K.; HONG, T.; HYUN, C. Integrated schedule and cost model for repetitive construction process. **Journal of Management in Engineering**, v. 26 (2), p. 78–88, 2010.

CHOO, C. W. The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge and Make Decisions. **International Journal of Information Management**, v. 16 (5), p. 329-340, 1996.

CHOO, H.J., TOMMELEIN, I.D., BALLARD, G., ZABELLE, T.R. Workplan: Constraint-based database for work package scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.125 (3), p.151–160, 1999.

DAVE, B.; KOSTELA, L. Collaborative knowledge management - A construction case study. **Automation in Construction**, v. 18, p. 894-902, 2009.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Information ecology: mastering the information and knowledge environment**. New York: Oxford University Press, 1997.

DE MARCO, A.; BRICCARELLO, D.; RAFELE, C. Cost and schedule monitoring of industrial building projects: Case study. **J. Construct. Eng. Manage.**, v.10.1061, p.853–862, 2009.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2.ed. New Jersey: John Wiley& Sons, 2011.

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

EDWARDS, J. A process view of knowledge management: It ain't what you do, it's the way that you do it. **The Electronic Journal of Knowledge Management**, v. 9(4), p. 297–306, 2011.

FAN, S. *et al.* Integration of cost and schedule using BIM. **Journal of Applied Science and Engineering**. v. 13(3), p. 223-232, 2015.

FAN, S. *et al.* Cost-based scheduling method using object-oriented approach. **Automation in Construction**, v. 65, p. 6577, 2016.

FAN, S.; WU, C.; HUN, C. Integration of cost and schedule using BIM. **Journal of Applied Science and Engineering**, v. 13(3), p. 223-232, 2015.

FENATO, Thalmus; SAFFARO, Fernanda; BARISON, Maria Bernadete. Modelagem BIM para orçamento operacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

FENG, C.; CHEN, Y.; HUANG, J. Using the MD CAD model to develop the time–cost integrated schedule for construction projects. **Automation in Construction**, v.19(3), p. 347-356, 2010.

FIRAT, C et al. Quantity take-off in modelbased systems. In: PROCEEDINGS OF CIB W78 2010: 27TH INTERNATIONAL CONFERENCE, Cairo, Egypt, 2010.

FISCHER, M. *et al.* Benefits of 3D and 4D Models for Facility Managers and AEC Service Providers. In: ISSA, R. *et al.* *4D CAD and Visualization in Construction: developments and applications*. Lisse/Abingon/Exton (PA): A. A. Balkema Publishers, 2005.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, SBPQ 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2009, p. 571-582.

FORMOSO, C. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. 1991. Tese - Dpto of Quantity an Biulding Surveying, University of Salford, Salford.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T.C.L. & OLIVEIRA, K. A. Planejamento e controle da produção em empresas de construção. NORIE/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 50p. 2001.

FORMOSO, C. T et al. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção**. Notas de aula. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and presenting design science research for maximum impact. **MIS Quarterly**, v.37 (2), p.337-355, 2013

GREIMAN, V. **Megaproject Management: Lessons on Risk and Project Management from the Big Dig**. 1. ed. New Jersey: Wiley, 2013.

- HALLBERG, D.; TARANDI, V. On the use of open BIM and 4d visualisation in a predictive life cycle management system for construction works. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 16, p. 445-466, 2011.
- HARTMANN, T. *et al.* Aligning building information model tools and construction management methods, **Automation in Construction**. v. 22, p. 605–613, 2012.
- HAUGAN, G. **Effective Work Breakdown Structures**. 1.ed. Vienna: ManagementConcews, 2001.
- HERNANDEZ, C. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Design Studies**, v. 27, p.309-324, 2006.
- HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. 2nd ed. Boston: Irwin Mc Graw-Hill, 2000.
- HOSSEINI, M. The Impact of People, Process and Technology on Knowledge Management. **European Journal of Business and Management**, v. 6 (28), p. 230 – 241, 2014.
- ISIDORE, L. J.; BACK, W. E. Probabilistic optimal-cost scheduling. **J. Constr. Eng. Manage.**, v. 127(6), p. 431–437, 2001.
- ISIDORE, L. J.; BACK, W. E. Multiple simulation analysis for probabilistic cost and schedule integration. **J. Constr. Eng. Manage.**, v. 128(3), p. 211–219, 2002.
- JRADE, A; LESSARD, J. An integrated BIM system to track the time and cost of construction projects: A case study. **Journal of Construction Engineering**, vol.2015, pp. 1-10, 2015.
- JUNG, Y.; KANG, S. Knowledge-based standard progress measurement for integrated cost and schedule performance control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.133, p. 10-21, 2007.
- JUNG, Y.; WOO, S. Flexible work breakdown structure for integrated cost and schedule control. **J. Construct. Eng. Manage.**, v. 130(5), p. 853–862, 2004.

- KANG, L.; PAULSON, B. Information management to integrate cost and schedule for civil engineering projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.124 (5), p. 381-388, 1998.
- KHALFAN, M., RAJA, N. Improving Construction Process through Integration and Concurrent Engineering. **Australian Journal of Construction Economics and Building**, v.5(1), p. 58-66, 2012
- KENDALL, K.E.; KENDALL J.E. **Análises y diseño de sistemas**. México: Prentice-Hall, 2005. 752 p.
- KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- KERN, A. P.; SOARES, A. C.; FORMOSO, C. T. Introducing target costing in cost planning and control: a case study in a Brazilian construction firm. In: CIB W107 CONSTRUCTION IN DEVELOPING COUNTRIES INTERNATIONAL SYMPOSIUM - "CONSTRUCTION IN DEVELOPING ECONOMIES: NEW ISSUES AND CHALLENGES", Santiago, 2006. Anais... Santiago, 2006.
- KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- KOO, B.; FISCHER, M. KUNZ, J. A formal identification and re-sequencing process for developing sequencing alternatives in CPM schedules, **Automation in Construction**. v.17 (1), p. 75–89, 2007.
- KYMMELL, W. **Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations**. New York: Mac Graw Hill, 2008.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management and Economics**, v. 5(3), p. 243-266, 1987.
- LEE, S.; KIM, K.; YU, J. BIM and ontology-based approach for building cost estimation. **Automation in Construction**, v.41, p. 96–105, 2014.

LESSARD, A. An Integrated BIM System to Track the Time and Cost of Construction Projects: A Case Study. **Journal of Construction Engineering**, v. 2015, 2015.

LESTER, A. **Project Management, Planning and Control**: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. 5ed. Elsevier Science & Technology Books, 2006.

LIN, Y.C. et al. Enhancing knowledge and experience exchange through construction map-based knowledge management system. **Construction Research Congress**, San Diego, CA, pp. 1–10, 2005.

LIU, H. *et al.* BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints. **Automation in Construction**, v.53, p.29-43, 2015.

MANSON, N. J. Is operations research really research? **Operations Research Society of South Africa**, v.22(2), p. 15-180, 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995.

MARCHESAN, P.R.C. Modelo de gestão de custos e controle da produção para obras civis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARCHESAN, P.R.C. e FORMOSO, C.T. Cost management and production control for construction companies. 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, National University of Singapore, Agosto, 2001.

MARTINS, J. C. C. Técnicas Para Gerenciamento de Projetos de Software. 1.ed. Rio de Janeiro: Barsport, 2007.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

MUELLER, F. **Integrated cost and schedule control for construction projects**. 1. Ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

NAWI, M.N.M.; BALUCH, N.; BAHAUDDIN, A.Y. impact of fragmentation issue in construction industry: An overview. **MATEC Web of Conferences**, v. 9, p.1–8, 2014.

OSPINA-ALVARADO, A.; CASTRO-LACOUTURE, D. Interaction of Processes and Phases in Project Scheduling Using BIM for A/E/C/FM Integration. in: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2010, 2010, p. 939-948.

POPESCU, C.; Phaobunjong, K.; Ovararin, N. **Estimating Building Costs**. New York: Marcel Dekker, 2003.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide 2000 Edition, Pennsylvania-USA, 2000.

QUINTAS, P.; LEFRERE, P.; JONES, G. Knowledge management: a strategic agenda. **Long Range Planning**, v.30(3), p.385 –391,1997.

RASDORF, W. J., & ABUDAYYEH, O. Y. Cost-and schedule-control integration: Issues and needs. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 117(3), p. 486-502, 1991.

SABOL, L. Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. IFMA World Workplace. 2008.

SANTOS, A.; TURRA, F.; PANZETER, A. Viabilidade da aplicação de planejamento e orçamento operacional. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído. Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

SANTOS, A. WITICOVSKI, L. GARCIA, L. SCHEER, S. A Utilização do BIM em Projetos de Construção Civil. **IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 1(2), p.24-42, 2009.

SATTINENI, A.; MACDONALD, J. 5D-BIM: A case study of an implementation strategy in the construction industry. In: 31ST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 2014. p. 1-7.

SCHEER, S. ; AYRES FILHO, C. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE

CONSTRUÍDO E IX WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2009, São Carlos. **E-anais do I SBQP e IX WBGPPCE**. São Carlos: Rima, 2009. v.1. p. 591-601.

SCHEER, S. et al. On-site BIM model use to integrate 4d/5d activities and construction works: a case study on a Brazilian low income housing enterprise. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, Orlando, 2014. Proceedings... Orlando, 2014.

SHEN Z, ISSA R. Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates. **Journal of Information Technology in Construction**, v.15, p. 234-257, 2010.

SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. v.119, p. 475-484, 2014.

SOLANO, Renato da Silva. **Curva ABC de fornecedores: uma contribuição ao planejamento, programação, controle e gerenciamento de empreendimentos e obras**. 2003. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

STAUB, S.; FISCHER, M. The practical need of integrating scope, cost, and time, durability of building materials and components, in: M.A. Lacasse, D.J. Vanier (Eds.), Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada, p. 2888–2898, 1999.

TIWARI, S. JOHARI, S. Project scheduling by integration of time cost trade-off and constrained resource scheduling. **J Inst Eng (India)**, v.96(1), p.37–46, 2015.

TOMMELEIN, I. D. Pull driven scheduling for pipe–spool installation: simulation of a lean construction technique. *Journal of construction engineering management*, v. 124 (4), p. 279-288, 1998.

UMAR, U. *et al.* 4D BIM application in AEC industry: Impact on integrated project delivery. **Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.**, v.10, p. 547-552, 2015.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology**. 2. ed. United Kingdom: CRC press, 2015.

VAN DEN AKKER, J., GRAVEMEIJER, K., MCKENNY, S., NIEVEEN, N. (Eds.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006.

WANG, H. et al. 4D dynamic management for construction planning and resource utilization. **Automation in construction**, v. 13(5), p. 575–589, 2004.

WANG, K.C. et al. Applying building information modeling to integrate schedule and cost for establishing construction progress curves. *Automation in construction*, v. 72, p. 397–410, 2016.

WANG, X. *et al.* An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. **Automation in construction**, v.45, p. 126-135, 2014.

WAYNE, J. **Project Control: Integrating cost and schedule in construction**. 1.ed. Canadá: Wiley, 2013.

WIERINGA, R. Design science as nested problem solving. In: PROCEEDINGS OF THE 4TH INT. CONF. ON DESIGN SCIENCE RESEARCH IN INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY, ACM, 2009, p. 1-12,.

WU, S. *et al.* A technical review of BIM based cost estimating in UK quantity surveying practice, standards and tools, **ITcon**, v.19, p. 534-562, 2014.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE 1 – Questionário para avaliação do método proposto



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



Escola Politécnica – Departamento de Construções e Estruturas

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPEC)

Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia das Construções (GETEC)

Questionário – Operacionalidade e Uso do método proposto

Esta entrevista tem por objetivo analisar a operacionalidade do método proposto para integração entre os processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção, quanto ao Fluxo de informações, Uso de simulações 4D, Implementação e Uso do método proposto.

DADOS DO PARTICIPANTE

Nome: _____

Formação: _____

Função: _____

Quais desses processos você está mais diretamente ligado?

() Modelagem BIM () Orçamentação () Planejamento () Acompanhamento da produção

Em uma escala de 1 a 5, como você classificaria seu nível de participação no desenvolvimento de meios para a integração dos processos de Modelagem BIM, Planejamento, Orçamentação e Acompanhamento da produção realizados na empresa

() 1- Muito baixo () 2- Baixo () 3- Médio () 4- Alto () 5- Muito alto

OPERACIONALIDADE DO MÉTODO PROPOSTO

Indique, segundo a sua percepção, o nível de concordância com as seguintes afirmações sobre a concepção do método proposto.

Considere as seguintes definições para as questões de nível de concordância:

(1) Discordo totalmente (2) Discordo parcialmente (3) Não concordo nem discordo

(4) Concordo parcialmente (5) Concordo plenamente

- **Fluxo de informações:** O fluxo de informações ocorre quando os processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Controle da Produção estão

integrados, permitindo a troca de informações entre as equipes de campo e escritório, durante a fase de projeto e execução, com o uso de banco de dados e do modelo BIM para dar suporte à integração através da centralização das informações necessárias.

Afirmações:

1. A EAP utilizada facilita o fluxo de informações entre os processos
2. O método proposto melhora a comunicação entre os setores de campo e escritório envolvidos no desenvolvimento do empreendimento
3. O método proposto facilita a comunicação entre os diversos softwares e ferramentas envolvidos na elaboração do projeto do empreendimento e sua execução
4. A atualização e revisão das informações foram facilitadas
5. O método proposto permitiu a automatização e simplificação de etapas inerentes aos processos
6. Existe uma base de dados única onde as informações estão centralizadas e essas informações estão disponíveis para o acesso de cada um dos envolvidos quando necessário.

Nº	Fluxo de Informação	Integração Planejamento e Controle da Produção / BIM	Integração Planejamento / Controle da Produção	Integração Planejamento e Controle da Produção / Orçamento	Integração Orçamento / BIM
1	Uso da EAP				
2	Comunicação entre campo e escritório				
3	Comunicação entre softwares e ferramentas				
4	Revisão e atualização de informações				
5	Automatização e Simplificação de processos				
6	Base de dados única e acesso à informação				

Questões:

1. Você tem acesso direto às informações de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção caso haja a necessidade de consultar essas informações? Quais informações você não tem acesso?

2. A frequência de atualização das informações Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM ou Acompanhamento da produção e os dados gerados pelos relatórios atentem às suas necessidades de informação? Com que frequência você acessa essas informações?

3. Quando detectado um desvio em relação ao programado, o método permite a adoção mais rápida de medidas corretivas? Existiu algum tipo de interferência no campo ou no escritório para que as metas fossem alcançadas?

4. Os dados coletados e os relatórios gerados são discutidos entre as equipes de campo e escritório? Onde e Como ocorrem essas reuniões?

- **Uso de visualização 4D:** O uso de visualizações 4D diz respeito ao uso de simulações do progresso da construção com o uso de software BIM 4D.

Afirmações:

O método proposto permite melhorar a visualização das sequências de atividades planejadas tanto na fase de projeto como na fase de construção

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

O uso simulações 4D facilitou a avaliação de cenários alternativos e auxiliou na replanejamento de atividades

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Questões:

1. Você fez uso ou teve acesso a alguma simulação 4D durante a implementação do método proposto? Se sim, te ajudou de alguma forma no entendimento do processo construtivo ou de planejamento? Como?

2. Houve simulação de cenários alternativos em 4D ou replanejamento em função desse tipo de simulação?

IMPLEMENTAÇÃO E USO DO MÉTODO PROPOSTO

Indique, segundo a sua percepção, o nível de concordância com as seguintes afirmações sobre a implementação do método proposto na empresa.

- **Utilidade:** Diz respeito ao atendimento à necessidade de informações, barreiras, benefícios e melhorias do método de acordo com a percepção dos usuários.

Afirmações:

As necessidades de informações de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção, das equipes de campo e escritório, foram atendidas com a implementação do método

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Questões:

1. Quais foram melhor fornecidas pelo método proposto? Quais ainda não foram atendidas?

2. Quais foram os principais benefícios da implementação do método para integração dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção?

3. Quais as principais dificuldades encontradas na implementação do método para integração dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção?

4. Quais melhorias você poderia sugerir para tornar a integração mais eficaz?

- **Facilidade:** Está relacionado à facilidade de uso dos softwares e ferramentas utilizados (*Revit, Totvs, MS Project, CP Obras e Navisworks*) e ao entendimento das informações ao longo dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção.

Afirmações:

Considero de fácil entendimento as atividades do fluxo de informações ao longo dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Considero de fácil utilização as atividades propostas pelo fluxo de informações proposto pelo método

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Considero de fácil utilização as ferramentas e softwares associados ao método proposto

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

As informações geradas ao longo dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção são de fácil compreensão

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Questões:

1. Você tem entendimento de quais são suas responsabilidades ao longo dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção propostos pelo método? Quais seriam essas responsabilidades?

2. Você recebeu algum tipo de treinamento ou comunicado para entendimento das alterações na forma de trabalho que visa à integração dos processos de Planejamento, Orçamentação, Modelagem BIM e Acompanhamento da produção, bem como das ferramentas e softwares utilizados? Quais treinamentos?

3. Existe algum novo processo ou ferramenta/software, que foi inserido com o novo método de trabalho, que você considera difícil de utilizar? Qual?

- **Generalização e Replicabilidade:** Está relacionado ao uso do método proposto em outros empreendimentos da empresa e em outras empresas construtoras

Questões:

1. O uso da codificação padronizada e o fluxo de informações proposto pelo método pode ser utilizado por outros empreendimentos da empresa? Quais aspectos propostos pelo método e ainda não implementados você gostaria que fosse implementado em outro momento?

-
-
2. Você acha que seria viável a implementação dessa forma de trabalho em outras empresas? Quais dificuldades você acha que elas enfrentariam?
-
-

Observações Gerais:

ANEXO 1 – Banco de dados de codificação - Empreendimento 2

Código	Descrição	Data criação	Criado por
0301	Aplicação de ferragem no radier	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
0302	Aplicação de ferragem na parede	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
0303	Aplicação de ferragem na laje	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
1001	Marcação do gabarito, Marcação para escavação e Instal. do gabarito e retirada do anterior (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
1002	Reaterro manual compacto e Regularização do terreno com solo cimento (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
1201	Escavação mecânica das redes subterrâneas	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
1202	Regularização do terreno com solo cimento	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
1203	Reaterro manual compacto	quinta-feira, 2 de março de 2017	Leonardo
1204	Retirada de entulho	quinta-feira, 2 de março de 2017	Leonardo
1205	Escavação manual de valas em solo de 1ª categoria com altura menor ou igual a 2,00m	quarta-feira, 17 de maio de 2017	Leonardo
1206	Expurgo de material inclusive carga, transporte e descarga até 5km	segunda-feira, 22 de maio de 2017	Leonardo
1301	Locação da obra	quinta-feira, 2 de março de 2017	Leonardo
1302	Marcação do gabarito	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
1303	Marcação para escavação	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
1304	Instal. do gabarito e retirada do anterior	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
2201	Concretagem do radier	sexta-feira, 28 de abril de 2017	Leonardo
2203	Aplicação do agente de cura da fundação	SD	Leonardo
2204	Execução e concretagem de sapata	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
2401	Montagem da forma de fundação (metálica)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
2402	Montagem da forma de fundação (compensado)	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
3103	Marcação das paredes	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3105	1ª aplicação agente de cura da laje (após cristalização)	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3106	Aplicação de agente de cura acomp. a deforma	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3107	Tratamento interno/Reboco	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3108	Montagem da passarela e guarda corpo metálico	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3109	Tratamento externo/Reboco	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3110	Inst. de suporte e cabo guia	sexta-feira, 17 de março de 2017	

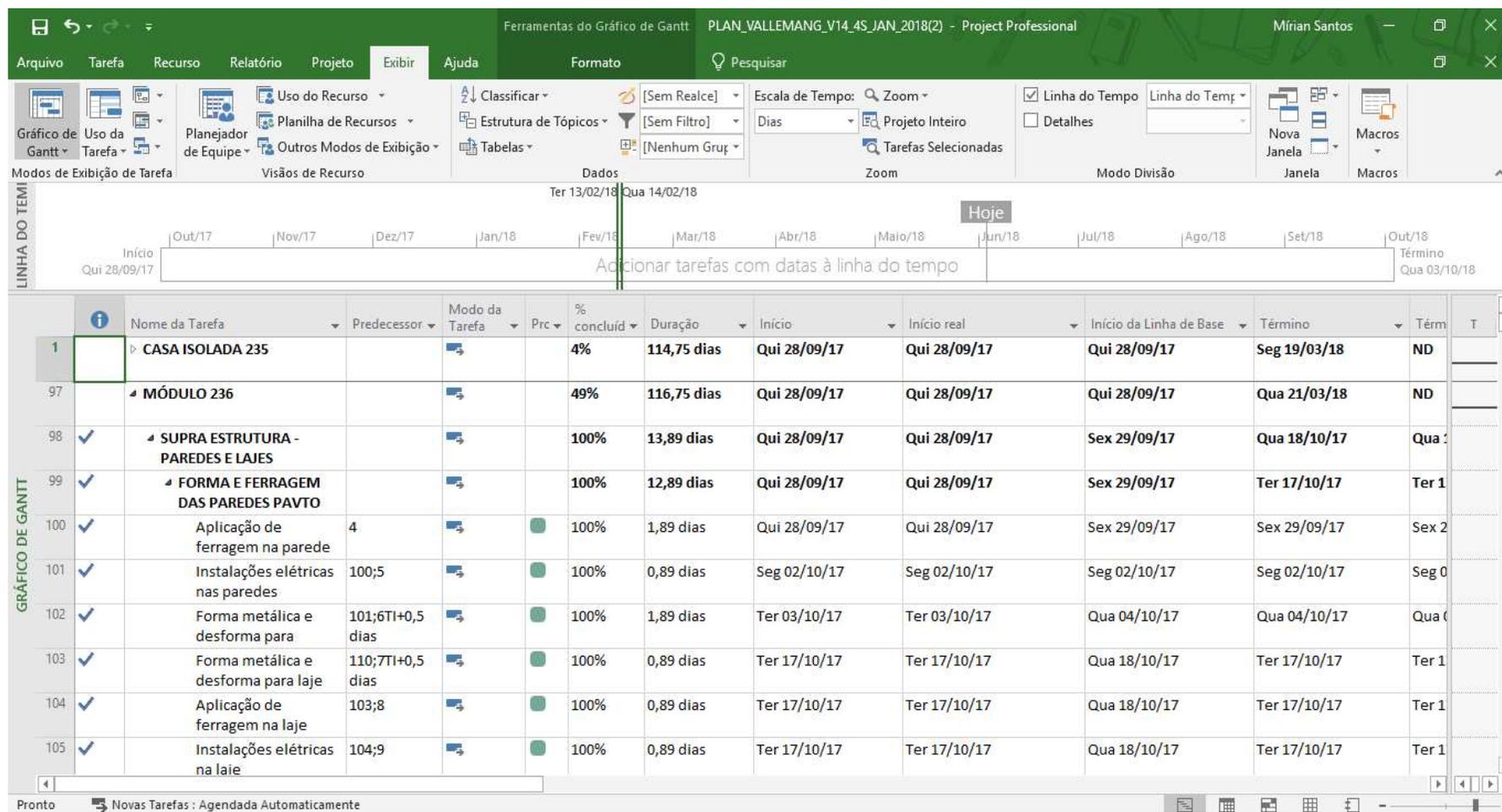
3111	Tratamento do arestamento superior do mod.	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3112	Aplicação de agente das empenas (cobertura)	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3113	Montagem das empenas (cobertura)	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3114	Tratamento de fissuras com selante acrílico	sexta-feira, 17 de março de 2017	
3201	Execução e concretagem de viga	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
3202	Execução e concretagem de pilar	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
3203	Concretagem da laje	sexta-feira, 28 de abril de 2017	Leonardo
3204	Concretagem das paredes	sexta-feira, 28 de abril de 2017	Leonardo
3205	Concretagem das empenas	sexta-feira, 28 de abril de 2017	Leonardo
3401	Fôrma e desforma para paredes de concreto	sexta-feira, 12 de maio de 2017	Leonardo
3402	Fôrma para estrutura (3 reaprov.)	quarta-feira, 17 de maio de 2017	Leonardo
3403	Fôrma e desforma para laje (metálica)	segunda-feira, 26 de junho de 2017	Leonardo
3404	Fôrma e desforma para laje (compensado)	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
4101	Bloco de cimento 09x19x39cm 3,0MPA	quinta-feira, 16 de março de 2017	Leonardo
4102	Bloco de cimento 14x19x39cm 3,0MPA	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
4103	Bloco Refratário 10x4,5x20cm	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
4201	Bloco grauteado 14x19x39cm	segunda-feira, 24 de abril de 2017	Leonardo
4202	Bloco de cimento 19x19x39cm 4,5MPa grauteado verticalmente	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
4203	Cinta de amarração superior com bloco calha 14x19x39cm (armada e grauteada)	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
4501	Bloco de cimento 0,09x0,19x0,39m 3,0MPA	quinta-feira, 16 de março de 2017	Leonardo
5101	Assentamento de portas e alizares de madeira	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
5102	Fechadura e regulagem das portas de madeira	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
5201	Assentamento de alçapão	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
5202	Colocação dos alizares e regulagem das esquadrias de alumínio	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
5203	Portinhola medidores de água	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
5204	Assentamento de esquadrias metálicas (Porta, Janelas e Basculante)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
5205	Aplicação de selante acrílico nos alizares (int. e ext.)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
6101	Estrutura de madeira p/ telhado	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
6201	Cobertura com telhas	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo

6301	Cravejamento de cumeeira e espigões do telhado	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
6302	Cravejamento de beiral	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
6303	Cumeeira e Espigão	terça-feira, 7 de março de 2017	Leonardo
6304	Instalação de tabeira	quinta-feira, 13 de abril de 2017	Leonardo
7001	Assentamento cerâmico completo (incl. soleiras, filetes e rodapés) (fusão)	segunda-feira, 5 de junho de 2017	Leonardo
7101	Gesso corrido nas paredes	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
7102	Textura no hall e escada	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7103	Assentamento de sancas EPS	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7104	Assentamento de peitoril	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7105	Assentamento cerâmico (paredes)	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
7106	Massa regularizadora interna	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7107	Chapisco interno	quinta-feira, 27 de abril de 2017	Leonardo
7108	Massa única interna	quinta-feira, 27 de abril de 2017	Leonardo
7201	Assentamento de molduras externas - EPS	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7202	Massa regularizadora externa	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7203	Massa única externa	terça-feira, 2 de maio de 2017	Leonardo
7204	Chapisco externo	terça-feira, 2 de maio de 2017	Leonardo
7301	Assentamento cerâmico (piso)	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
7302	Aplicação de massa regularizadora	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7303	Regularização de laje em área seca p/ cerâmica (contrapiso)	quinta-feira, 2 de março de 2017	Leonardo
7303	Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
7401	Impermeabilização com 3 demãos de emulsão asfáltica	segunda-feira, 22 de maio de 2017	Leonardo
7402	Impermeabilização de lona plástica PVC preta 150 micras	segunda-feira, 22 de maio de 2017	Leonardo
7501	Massa regularizadora no teto	quarta-feira, 24 de maio de 2017	Leonardo
7502	Forro de gesso	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
7601	Pintura completa interna	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7602	Aplicação de selador acrílico (interno)	terça-feira, 7 de março de 2017	Leonardo
7603	Textura acrílica em paredes internas (banheiro e cozinha) e teto	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo
7604	Textura acrílica em paredes internas (banheiro e cozinha)	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
7605	Textura acrílica (teto)	segunda-feira, 29 de maio de 2017	Leonardo
7701	Aplicação de selador acrílico (externo)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
7702	Massa acrílica (paredes externas)	terça-feira, 7 de março de 2017	Leonardo
7703	Textura acrílica em paredes externas	sexta-feira, 10 de março de 2017	Leonardo

7704	Pintura paredes externas	terça-feira, 2 de maio de 2017	Leonardo
8001	Instalações elétricas na laje, paredes e fundação (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
8002	Instalações de esgoto na laje, paredes e fundação (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
8003	Instalações de água fria na laje, paredes e fundação (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
8004	Tomadas e Interruptores com colocação do espelho e QL e Instalação de arandela (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
8005	Instalação do poste para entrada de energia e Entrada elétrica (quadro medidores) (fusão)	quinta-feira, 1 de junho de 2017	Leonardo
8006	Instalações hidrossanitárias na fundação (fusão)	segunda-feira, 5 de junho de 2017	Leonardo
8007	Instalação de isométrico de água e esgoto (fusão)	segunda-feira, 5 de junho de 2017	Leonardo
8008	Enfição elétrica com estanhamento e Cabo de alimentação do QDC ao medidor (fusão)	segunda-feira, 5 de junho de 2017	Leonardo
8101	Instalações hidráulicas (AF e Dreno) na fundação	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8102	Instalações hidráulica na laje	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8103	Instalações dreno (Parede)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8104	Instalações hidráulicas (isométrico)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8105	Instalação de base metálica dos reservatórios e execução de barriletes e prumadas	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8106	Instalação da entrada hidráulica (Caixa dos Hidrômetros)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8201	Instalações elétricas na fundação	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8202	Instalações elétricas nas paredes	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8203	Instalações elétricas na laje	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8204	Enfição elétrica com estanhamento	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8205	Tomadas e Interruptores com colocação do espelho e QL	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8206	Quadro elétrico de medição	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8207	Instalação do rack e cabo alimentador do rack	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8208	Cabo alimentador do QL ao quadro de medição e montagem dos disjuntores	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8209	Instalação de arandela	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8211	Instalação do poste para entrada de energia	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo

8212	Instalação de luminárias	quarta-feira, 31 de maio de 2017	Leonardo
8213	Entrada elétrica (quadro medidores)	quarta-feira, 31 de maio de 2017	Leonardo
8701	Instalação de louças, pia, tanque, sifões, válvulas, engates, tampas de ralos	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8702	Instalação de torneiras	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8801	Instalações sanitárias na fundação	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8802	Inst. sanitárias na laje	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
8803	Instalação das caixas de esgoto e gordura	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
8804	Instalações de esgoto (isométrico)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9101	Cerca de toras de eucalipto	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
9201	Assentamento de placas de concreto do estacionamento	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9202	Nivelamento do terreno do módulo	quinta-feira, 2 de março de 2017	Leonardo
9301	Colocação de seixos rolados	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9302	Colocação de grama externa	quarta-feira, 24 de maio de 2017	Leonardo
9501	Lavagem (piso, teto e/ou paredes)	sexta-feira, 17 de março de 2017	
9502	Limpeza geral externa	sexta-feira, 17 de março de 2017	
9503	Limpeza fina das unidades	sexta-feira, 17 de março de 2017	
9504	Limpeza geral	sexta-feira, 17 de março de 2017	
9701	Placa de numeração das unidades	sexta-feira, 26 de maio de 2017	Leonardo
9801	Check list de elétrica	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9802	Revisão geral no apt. antes da pintura	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9803	Revisão geral para entrega	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9804	Check list (após revestimentos)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9805	Check list (após pinturas)	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo
9806	Teste das instalações	sexta-feira, 17 de março de 2017	Leonardo

ANEXO 2 – Planilha MS Project integrada e linha de balanço - Empreendimento 2



ANEXO 3 – Relatórios do *MS Project* integrada - Empreendimento 2

TAREFAS FUTURAS

Status das tarefas que começam na semana que vem

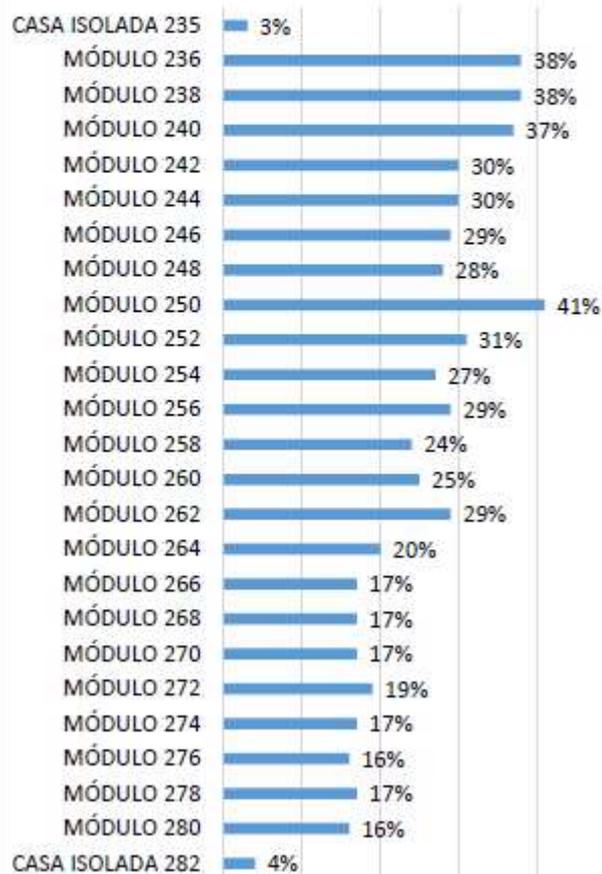
Nome
Início: Ter 02/01/18 00:00 - Ter 02/01/18 23:59
Módulo: 235
Nome: Aplicação de selador acrílico (externo)
Módulo: 250
Nome: Check list (após revestimentos)
Módulo: 258
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2
Módulo: 268
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2
Módulo: 272
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2
Módulo: 276
Nome: Lavagem (piso, teto e/ou paredes)
Nome: Teste das instalações hidrossanitárias
Módulo: 278
Nome: Instalação de suporte e cabo guia
Nome: Parede em Drywall
Nome: Textura acrílica (paredes externas)
Módulo: 280
Nome: Instalação de suporte e cabo guia
Nome: Massa acrílica (paredes externas)
Módulo: 282
Nome: Aplicação de selador acrílico (externo)
Módulo: 283
Nome: Tratamento interno/Reboco
Módulo: 285
Nome: Tratamento externo/Reboco
Módulo: 315
Nome: Check list de elétrica

VISÃO GERAL DO PROJETO

% CONCLUÍDA

15%

UNIDADE / % CONCLUÍDA



TAREFAS ATRASADAS

Uma tarefa é dita como atrasada se a previsão da data de início atualizada é maior em três dias se comparada com a data da linha de base (data inicialmente prevista para início).

Nome	Módulo	Início	Início da Linha de Base	Progresso
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	258	Seg 18/12/17 17:00	Qui 14/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	260	Ter 19/12/17 17:00	Sex 15/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	264	Qui 28/12/17 08:00	Ter 19/12/17 08:00	Atrasada
Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2	264	Ter 26/12/17 15:45	Sex 22/12/17 13:30	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	266	Sex 29/12/17 08:00	Qua 20/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	268	Ter 02/01/18 08:00	Qui 21/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	270	Qua 03/01/18 08:00	Sex 22/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	272	Qui 04/01/18 08:00	Ter 26/12/17 08:00	Atrasada
Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2	272	Ter 02/01/18 15:45	Sex 29/12/17 13:30	Atrasada
Tratamento interno/Reboco	274	Seg 18/12/17 08:00	Ter 05/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	274	Sex 05/01/18 08:00	Qua 27/12/17 08:00	Atrasada
Tratamento interno/Reboco	276	Seg 18/12/17 08:00	Ter 05/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	276	Seg 08/01/18 08:00	Qui 28/12/17 08:00	Atrasada
Tratamento interno/Reboco	278	Seg 18/12/17 08:00	Ter 05/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	278	Ter 09/01/18 08:00	Sex 29/12/17 08:00	Atrasada
Tratamento interno/Reboco	280	Seg 18/12/17 08:00	Ter 05/12/17 08:00	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	280	Qua 10/01/18 08:00	Ter 02/01/18 08:00	Atrasada
Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2	280	Seg 08/01/18 15:45	Sex 05/01/18 13:30	Atrasada
Tratamento interno/Reboco	282	Seg 18/12/17 08:00	Ter 05/12/17 08:00	Atrasada
Lavagem (piso, teto e/ou paredes)	282	Ter 16/01/18 13:30	Sex 05/01/18 13:30	Atrasada
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	282	Qui 11/01/18 08:00	Qua 03/01/18 08:00	Atrasada
Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C1	282	Qua 17/01/18 13:30	Seg 08/01/18 13:30	Atrasada
Instalações de água fria (isométrico)/Instalações de esgoto (isométrico)/(fusão)	282	Sex 12/01/18 08:00	Qui 04/01/18 08:00	Atrasada
Teste das instalações hidrossanitárias	282	Ter 16/01/18 08:00	Sex 05/01/18 08:00	Atrasada

MARCOS A VENCER

Marcos chegando em breve

Nome	Início	Módulo
Início: Qui 28/12/17 17:00	Qui 28/12/17 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Qui 28/12/17 17:00	327
Início: Sex 29/12/17 17:00	Sex 29/12/17 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Sex 29/12/17 17:00	329
Início: Ter 02/01/18 17:00	Ter 02/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Ter 02/01/18 17:00	330
Início: Qua 03/01/18 17:00	Qua 03/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Qua 03/01/18 17:00	332
Início: Qui 04/01/18 17:00	Qui 04/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Qui 04/01/18 17:00	334
Início: Sex 05/01/18 17:00	Sex 05/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Sex 05/01/18 17:00	336
Início: Seg 08/01/18 17:00	Seg 08/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Seg 08/01/18 17:00	338
Início: Ter 09/01/18 17:00	Ter 09/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Ter 09/01/18 17:00	340
Início: Qua 10/01/18 13:30	Qua 10/01/18 13:30	
Entrega da Cobertura	Qua 10/01/18 13:30	235
Início: Qua 10/01/18 17:00	Qua 10/01/18 17:00	
Entrega da Suprestrutura	Qua 10/01/18 17:00	342
Início: Qui 11/01/18 13:30	Qui 11/01/18 13:30	
Entrega da Cobertura	Qui 11/01/18 13:30	236

TAREFAS SEM APONTAMENTO

Tarefas que não foram apontadas no CPObras (relativo a semana anterior).

Nome	Módulo	Início	Início da Linha de Base	Progresso
Aplicação de ferragem na parede	235	Qui 28/09/17 08:00	Qui 28/09/17 08:00	Sem apontamento
Forma metálica e desforma para paredes de concreto	235	Ter 03/10/17 08:00	Ter 03/10/17 08:00	Sem apontamento
Forma metálica e desforma para laje	235	Ter 17/10/17 08:00	Ter 17/10/17 08:00	Sem apontamento
Aplicação de ferragem na laje	235	Ter 17/10/17 13:30	Ter 17/10/17 13:30	Sem apontamento
Concretagem das paredes	235	Ter 03/10/17 13:30	Ter 03/10/17 13:30	Sem apontamento
Aplicação de agente de cura acompanhando a deforma	235	Qua 04/10/17 13:30	Qua 04/10/17 13:30	Sem apontamento
Concretagem da laje	235	Qui 12/10/17 18:00	Ter 17/10/17 18:00	Sem apontamento
1º aplicação agente de cura da laje (após cristalização)	235	Sex 13/10/17 13:30	Qua 18/10/17 13:30	Sem apontamento
Entrega da Suprestrutura	235	Seg 16/10/17 13:30	Qui 19/10/17 13:30	Sem apontamento
Instalação de suporte e cabo guia	235	Qui 07/12/17 08:00	Qui 07/12/17 08:00	Sem apontamento
Estrutura de madeira para telhado	235	Sex 05/01/18 13:30	Sex 05/01/18 13:30	Sem apontamento
Cobertura com telhas	235	Seg 08/01/18 13:30	Ter 09/01/18 08:00	Sem apontamento
Cravejamento de cumeeira e espigões do telhado	235	Ter 09/01/18 13:30	Qua 10/01/18 13:30	Sem apontamento
Entrega da Cobertura	235	Qua 10/01/18 13:30	Qui 11/01/18 13:30	Sem apontamento
Tratamento interno/Reboco	235	Sex 10/11/17 08:00	Sex 10/11/17 08:00	Sem apontamento
Tratamento externo/Reboco	235	Ter 19/12/17 08:00	Ter 19/12/17 08:00	Sem apontamento
Regularização de laje em área molhada p/ cerâmica (contrapiso)	235	Seg 27/11/17 08:00	Ter 28/11/17 08:00	Sem apontamento
Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) CI	235	Qui 28/12/17 17:00	Sex 01/12/17 13:30	Sem apontamento
Instalações de água fria (isométrico)/Instalações de esgoto (isométrico)/(fusão)	235	Ter 28/11/17 08:00	Qua 29/11/17 08:00	Sem apontamento

MARCOS VENCIDOS

Marcos vencidos por atraso ou por falta de apontamento das suas subtarefas

Nome	Início	Módulo
Início: Seg 16/10/17 13:30	Seg 16/10/17 13:30	
Entrega da Suprestrutura	Seg 16/10/17 13:30	235
Início: Qui 23/11/17 13:30	Qui 23/11/17 13:30	
Entrega da Suprestrutura	Qui 23/11/17 13:30	282
Início: Ter 26/12/17 11:30	Ter 26/12/17 11:30	
Entrega da Suprestrutura	Ter 26/12/17 11:30	325

Unidade Concluídas x Previstas

(até a data atual)

Nome	Unidades Concluídas (Total)	Unidades Previstas (Total)
Nome: 1ª aplicação agente de cura da laje (após cristalização)	25	25
Nome: Aplicação de agente de cura acompanhando a deforma	32	35
Nome: Aplicação de ferragem na laje	26	27
Nome: Aplicação de ferragem na parede	35	39
Nome: Aplicação de selador acrílico (externo)	0	0
Nome: Aplicação de selante acrílico nos alizes (int. e ext.)	0	0
Nome: Assentamento de alçapão	0	0
Nome: Assentamento de esquadrias metálicas (Porta, Janelas e Basculante)	0	0
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C1	0	0
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2	0	0
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C1	0	0
Nome: Assentamento de placas de concreto do estacionamento	0	0

Unidades Concluídas x Previstas

(Mensal)

Nome	Unidades Concluídas (Mensal)	Unidades Previstas (Mensal)
Nome: 1° aplicação agente de cura da laje (após cristalização)	21	22
Nome: Aplicação de agente de cura acompanhando a deforma	21	22
Nome: Aplicação de ferragem na laje	21	22
Nome: Aplicação de ferragem na parede	20	22
Nome: Aplicação de selador acrílico (externo)	0	0
Nome: Aplicação de selante acrílico nos alizares (int. e ext.)	0	0
Nome: Assentamento de alçapão	0	0
Nome: Assentamento de esquadrias metálicas (Porta, Janelas e Basculante)	0	0
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C1	0	0
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C2	0	10
Nome: Assentamento de pisos/soleiras/filetes/rodapés/(fusão) C1	0	1
Nome: Assentamento de placas de concreto do estacionamento	0	0
Nome: Assentamento de portas e alizares de madeira	0	0

% Progresso por Serviço

(até a data atual)

