



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Jean Patrick Wolff

**Diretrizes para a estruturação de informações de edificações visando a  
integração de dados para o BIM 5D**

Florianópolis  
2019



Jean Patrick Wolff

**Diretrizes para a estruturação de informações de edificações visando a  
integração de dados para o BIM 5D**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil, do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori,  
Dra.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Wolff, Jean Patrick

Diretrizes para a estruturação de informações de edificações, visando a integração de dados para o BIM 5D. / Jean Patrick Wolff ; orientador, Fernanda Fernandes Marchiori, 2019.

106 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM 5D. 3. Integração de dados. 4. Linha de balanço. 5. Planejamento de obras. I. Marchiori, Fernanda Fernandes. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Jean Patrick Wolff

**Diretrizes para a estruturação de informações de edificações visando a  
integração de dados para o BIM 5D**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de Novembro de 2019.

Prof.<sup>a</sup> Luciana Rohde, Dra.  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Leticia Mattana, Ma.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Jean e Marta, que sempre estiveram presentes em todas as minhas escolhas, me incentivando, me acolhendo, me motivando e me estimulando a seguir em busca dos meus sonhos, por todo amor, apoio, carinho, tempo e dedicação.

À minha namorada Debora, pelos momentos de parceria e companheirismo nos estudos, por me dar forças para alcançar meus objetivos, pela compreensão nos momentos difíceis e pela alegria nos momentos de descontração.

Aos meus amigos, que caminharam comigo durante toda esta jornada, e aos que surgiram durante ela.

Aos Engenheiros Clademir e Ramon, pela paciência e vontade de me transmitir o seu conhecimento e por me proporcionarem oportunidades incríveis de aprendizado e amadurecimento profissional.

À orientadora, Prof.<sup>a</sup> Fernanda, pelo aprendizado, dedicação e disponibilidade em me atender e direcionar conselhos, independentemente de qualquer fronteira.

## RESUMO

O presente trabalho possui como objetivo principal a determinação de diretrizes para a implementação do BIM 5D, realizando a integração dos dados de planejamento e custo a um modelo tridimensional, com ênfase na unidade de repetição, observando-se etapas e procedimentos que sirvam como fator facilitador deste processo. Utilizou-se como objeto de estudo um edifício residencial multifamiliar, composto por 13 pavimentos tipo, localizado em São José, SC. Realizou-se a modelagem de alguns componentes selecionados, para que fosse possível identificar alguns procedimentos iniciais necessários à otimização da implantação do BIM 5D. No tocante ao planejamento, utilizou-se de uma ferramenta nova, denominada *Prevision*, que permite aplicação parcial da metodologia de linha de balanço. Devido ao seu lançamento recente, foram demonstradas e identificadas as etapas necessárias à sua utilização, bem como os recursos que esta plataforma dispõe. O resultado deste procedimento foi posteriormente atrelado ao modelo tridimensional elaborado, através do *software Navisworks*, onde foi possível estabelecer um processo de integração entre o BIM e o *Prevision*. Além disso, a partir dos obstáculos encontrados no processo de modelagem como um todo, estabeleceu-se diretrizes, na estrutura de fluxogramas, para aperfeiçoar o processo de elaboração do modelo, permitindo-se obter um modelo final 5D.

**Palavras-chave:** BIM 5D. *Revit*. *Navisworks*. *Prevision*. Integração. Planejamento.

## ABSTRACT

The main objective of this paper is to determine guidelines for the BIM 5D implementation, integrating planning and cost data into a three-dimensional model, focusing on the repeating unit, observing steps and procedures that serve as facilitating factor of this process. A multistory residential building composed by 13 floors of the same type, located in São José, SC, was used as object of study. Some selected components were modeled, making it was possible to identify some initial procedures necessary to optimize the implementation of BIM 5D. Regarding planning, a new app called "Prevision" was used, which allows partial application of the line of balance methodology. Due to its recent release, the necessary steps for its use were demonstrated and identified, as well as the resources available in this platform. The result of this procedure was later linked to the three-dimensional model through the Navisworks software, where it was possible to establish an integration process between BIM and the "Prevision" app data. In addition, from the obstacles encountered in the modeling process, guidelines were established in the flowchart structure to improve the model design process, allowing a final 5D model to be obtained.

**Keywords:** BIM 5D. Revit. Navisworks. Line of Balance. Integration. Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação percentual para o PIB Brasil e o PIB construção civil. ....	15
Figura 2 – Frequência de publicações e curvas de tendência.....	17
Figura 3 - Representação de uma linha de balanço.....	25
Figura 4 - Representação visual dos diferentes LOD.....	27
Figura 5 - Exemplo de especificação LOD 400 para alvenaria estrutural.....	28
Figura 6 - Interface do <i>software Revit</i> . ....	32
Figura 7 - Etapas de pesquisa.....	35
Figura 8 - Interface do <i>App Prevision</i> .....	40
Figura 9 - Imagem comercial da fachada frontal do residencial VLX. ....	41
Figura 10 - Planta humanizada da unidade final 02. ....	42
Figura 11 - Planta humanizada da unidade final 03. ....	42
Figura 12 - Visualização de notas-chave. ....	47
Figura 13 - Janela de ajuda do comando “Criar peças”. ....	50
Figura 14 - Janela de criação de novo “Projeto”.....	52
Figura 15 - Janela de criação de serviços no <i>App Prevision</i> .....	53
Figura 16 - Janela de criação de pavimentos no <i>App Prevision</i> .....	54
Figura 17 - Janela de criação de atividades no <i>App Prevision</i> .....	55
Figura 18 - Destaque das linhas de precedência de um serviço criado no <i>Prevision</i> . .....	56
Figura 19 – Janela de importação de orçamento no <i>Prevision</i> .....	57
Figura20 – Distribuição de custos do orçamento, com ponderação percentual, no <i>Prevision</i> .....	58
Figura 21 - Curva S de distribuição de recursos. ....	58
Figura 22 - Janela de exportação de cronograma, no <i>Prevision</i> . ....	59
Figura 23 - Janela de opções do <i>Navisworks</i> .....	61
Figura 24 - Árvore de resultados obtidos a partir da elaboração da pesquisa. ....	63
Figura 25 - Biblioteca de materiais correlacionados aos itens da EAP. ....	65
Figura 26 - Demonstração da manipulação das diversas camadas de uma parede, através da ativação do comando “Criar peças”. ....	66
Figura 27 - Camadas de em elemento do tipo “Parede”. ....	69
Figura 28 - Primeira visualização da delimitação das faces das famílias de “Parede”. .....	69

Figura 29 - Faces ajustadas com a utilização do comando “Criar peças”.....	71
Figura 30 - Comparação do nível de detalhamento de paredes no <i>Revit</i> .....	72
Figura 31 - Comparação do tamanho dos arquivos, para diferentes métodos de modelagem de paredes no <i>Revit</i> .....	73
Figura 32 - Janela de seleção da categoria para levantamento de materiais no <i>Revit</i> . .....	75
Figura 33 - Janela de importação de dados do <i>Navisworks</i> .....	78
Figura 34 - Janela de seleção de campos do <i>Navisworks</i> .....	78
Figura 35 - Janela de busca de elementos do <i>Navisworks</i> .....	79
Figura 36 - Edição de sobreposição de texto no <i>Navisworks</i> .....	80
Figura 37 - Modelo 3D para a unidade de repetição.....	81
Figura 38 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2019.....	83
Figura 39 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2019.....	83
Figura 40 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2019.....	84
Figura 41 - Modelo 5D para o 1º trimestre de 2020.....	84
Figura 42 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2020.....	85
Figura 43 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2020.....	85
Figura 44 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2020.....	86
Figura 45 - Modelo 5D para o 1º trimestre de 2021.....	86
Figura 46 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2021.....	87
Figura 47 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2021.....	87
Figura 48 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2021.....	88
Figura 49 – Viabilização e validação da implantação BIM.....	91
Figura 50 - Processo de modelagem BIM 3D.....	93
Figura 51 - Integração BIM + <i>Prevision</i> .....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Serviços da Estrutura Analítica de Projeto do empreendimento VLX.....	43
Quadro 2 - Serviços modelados em BIM para o presente trabalho.....	45
Quadro 3 - Base de materiais utilizados na modelagem das famílias ligadas ao serviço de alvenaria. ....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Conjunto de famílias de paredes básicas criadas para o modelo.....	68
Tabela 2 - Quantitativo de blocos do pavimento tipo 12, segundo informações do modelo.....	76
Tabela 3 - Quantitativo e custo de blocos de tijolo, segundo informações do modelo, para o pavimento em estudo. ....	89
Tabela 4 - Comparativo de custo de material gasto em obra e extraído do modelo.	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D - Duas dimensões.

3D - Três dimensões.

4D - Quatro dimensões.

5D - Cinco dimensões.

nD - *n* dimensões.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AIA - *American Institute of Architects.*

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas.

BIM - *Building Information Modeling.*

CAD - *Computer Aided Design.*

CUB - Custo Unitário Básico.

EAP - Estrutura Analítica de Projeto.

IDP - Índice de Desvio de Prazo.

IFC - *Industry Foundation Class.*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LoB – *Line of Balance*

LOD - *Level of Development.*

MEP - *Mechanical, Electrical and Plumbing.*

PIB – Produto Interno Bruto.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVOS	19
1.2.1. Objetivo Geral	19
1.2.2. Objetivos Específicos	19
1.3. DELIMITAÇÃO DO TEMA	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. PLANEJAMENTO DE OBRAS	22
2.1.1. Definição	22
2.1.2. Controle	22
2.1.3. Níveis de planejamento	23
2.1.4. Planejamento através de Linha de Balanceamento	24
2.2. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	25
2.2.1. Definição	25
2.2.2. Nível de desenvolvimento de modelos BIM	26
2.2.2.1. BIM 4D	28
2.2.2.2. BIM 5D	30
2.2.3. Modelagem paramétrica	30
2.2.4. Ferramentas BIM	31
2.2.4.1. <i>Revit</i>	31
2.2.4.2. <i>Navisworks</i>	32
2.2.5. Interoperabilidade	32
3. MÉTODO DO TRABALHO	34
3.1. ETAPAS DA PESQUISA	34
3.2. Ferramentas utilizadas	38
3.2.1. <i>Revit</i>	38
3.2.2. <i>Prevision</i>	39

3.2.3.	<i>Navisworks</i>	40
3.3.	OBJETO DE ESTUDO	41
3.4.	ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO (EAP)	43
3.5.	MODELAGEM BIM	45
3.5.1.	<b>Definições iniciais</b>	45
3.5.2.	<b>Projetos</b>	48
3.5.3.	<b>Elaboração do modelo</b>	48
3.6.	ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO	50
3.6.1.	Rede de precedências	51
3.6.2.	Configurações iniciais no <i>App Prevision</i>	51
3.6.3.	Criação das atividades	54
3.6.4.	Inserção do orçamento	56
3.6.5.	Extração dos dados de planejamento do <i>App Prevision</i>	59
3.7.	IMPORTAÇÃO DOS DADOS PARA O NAVISWORKS	60
3.8.	OBTENÇÃO DO MODELO BIM 5D PARA A UNIDADE DE REPETIÇÃO	61
3.9.	MEDIÇÃO DO CONSUMO REAL DE MATERIAIS PARA O SERVIÇO DE ALVENARIA	62
4.	RESULTADOS E ANÁLISES	63
4.1.	PLANEJAMENTO EM LOB	63
4.2.	MODELO BIM	64
4.2.1.	Processo de modelagem para alvenarias	65
4.2.1.1.	Considerações sobre o uso do comando “Criar peças”	71
4.2.2.	Quantitativo de materiais	74
4.2.3.	Processo de integração BIM + <i>Prevision</i>	76
4.2.4.	Modelo 3D	81
4.2.5.	Modelo 4D	82
4.2.6.	Modelo 5D	82
4.3.	LEVANTAMENTO DO CONSUMO REAL DE BLOCOS EM OBRA	88
4.4.	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	89

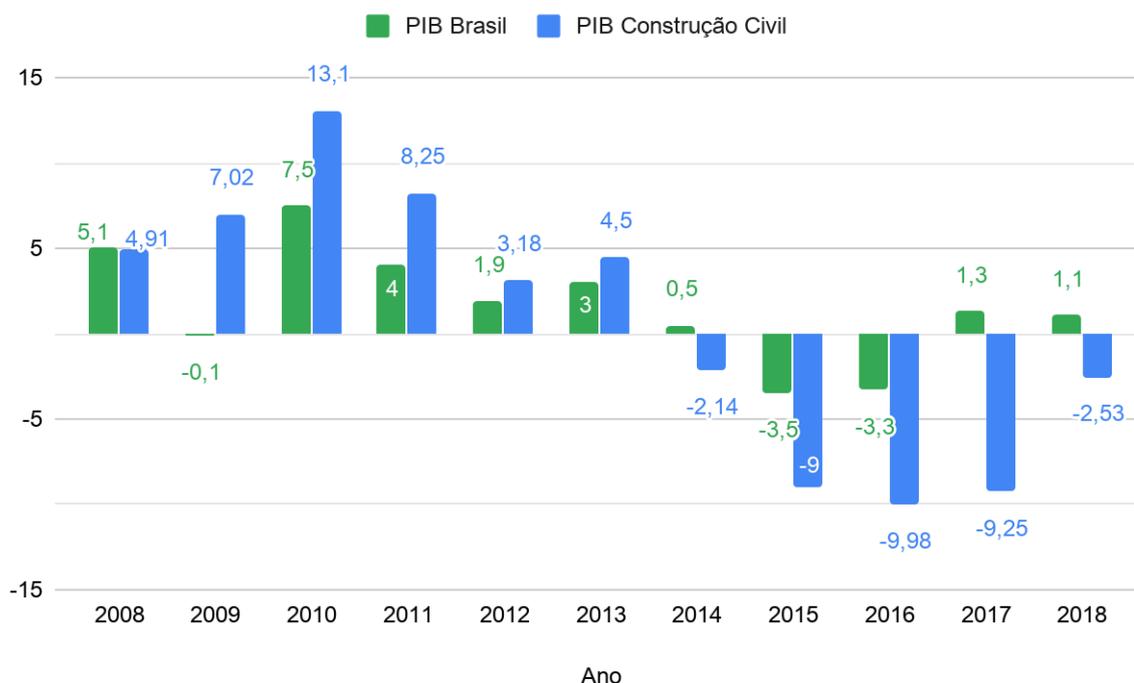
4.5. FLUXOGRAMAS SUGERIDOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM 5D NA EMPRESA	90
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
5.1. CONCLUSÕES	97
5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
APÊNDICE A - TABELA DE CONTROLE DE MATERIAS UTILIZADA EM OBRA.	103
APÊNDICE B - LINHA DE BALANCEAMENTO DA OBRA, PARA A UNIDADE DE REPETIÇÃO.	105

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. JUSTIFICATIVA

Setor de grande importância para a economia brasileira, a construção civil tem passado por uma extensa crise econômica. Segundo o IBGE (2019) *apud* CBIC (2019), a indústria da construção civil apresenta variação percentual negativa na sua participação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, desde o ano de 2014, totalizando cinco anos seguidos de retração. A partir do gráfico exibido na Figura 1, percebe-se, no entanto, que, apesar dos evidentes problemas econômicos, esta variação desfavorável vem diminuindo desde 2016, o que pode demonstrar um possível encaminhamento para recuperação do setor. No entanto, segundo o site de notícias Exame (2019), a construção civil ainda está 27% aquém do registrado no começo de 2014. O que significa que ainda há muito a ser desenvolvido.

Figura 1 - Variação percentual para o PIB Brasil e o PIB construção civil.



Fonte: IBGE (2019) *apud* CBIC (2019).

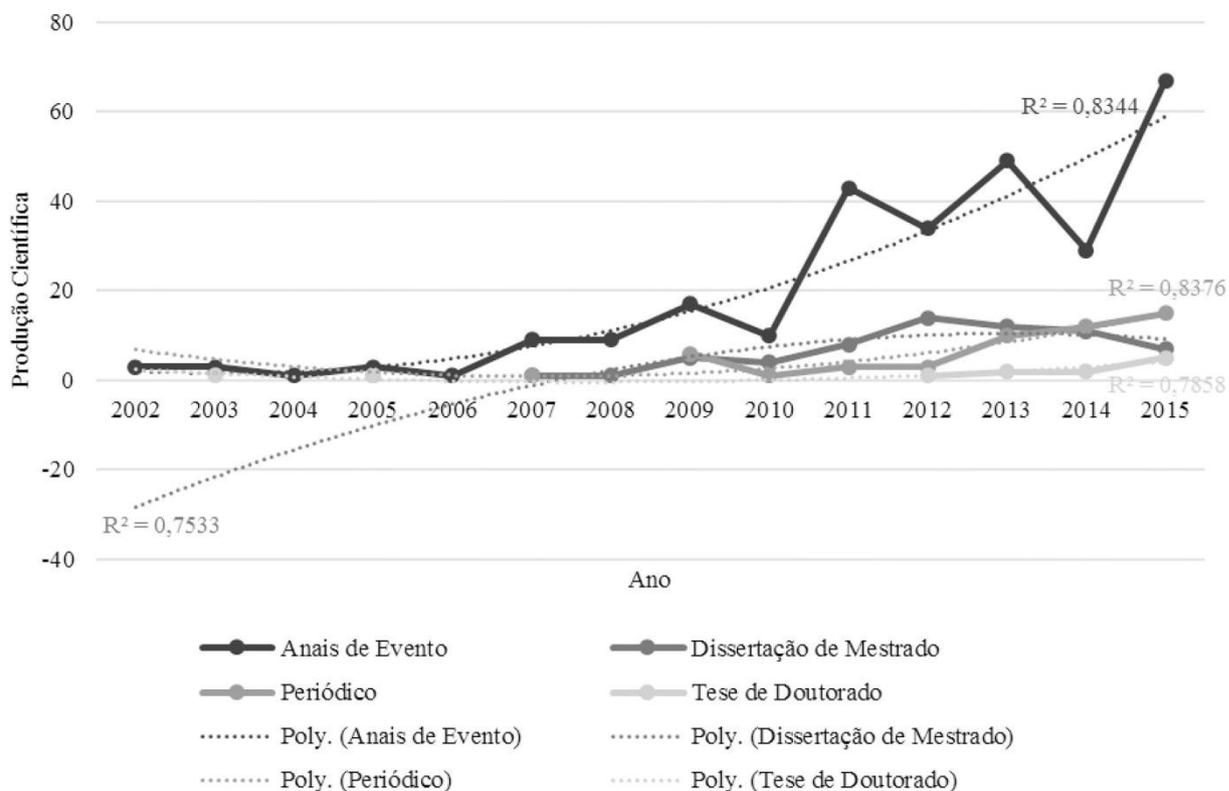
Entretanto, apesar do cenário econômico desfavorável, a partir de uma visão mais otimista, pode-se interpretar que, em função da crise, as empresas do setor da

construção civil acabaram passando por um processo de refinamento e amadurecimento, uma vez que, a escassez econômica demanda resultados mais otimizados, obtidos através de diversas maneiras, podendo-se citar algumas delas, como redução de desperdícios, otimização de produtividade ou maior precisão de orçamentos e planejamentos.

Neste sentido, o BIM pode surgir como fator contribuinte, agregando melhorias em diversos aspectos do ciclo de vida de uma construção. A utilização da metodologia BIM apresenta grandes vantagens para a construção civil, economizando tempo e dinheiro. Uma modelagem da construção, elaborada com precisão, beneficia a todos os envolvidos na elaboração do projeto. Este, permite que o processo construtivo ocorra com maior regularidade e precisão no planejamento, economizando recursos e reduzindo a incidência de erros e interferências (EASTMAN et al., 2008).

Em vista disso, percebe-se a existência de um crescente interesse sobre a metodologia BIM no Brasil. Este aumento demonstra-se na Figura 2, que expõe a evolução do número de publicações acerca deste assunto, em quatro tipos diferentes de publicações, sendo estas: artigos de anais de eventos, artigos de periódicos eletrônicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Figura 2 – Frequência de publicações e curvas de tendência.



Fonte: Machado, Ruschel e Scheer (2017)

Como fator contribuinte para a disseminação do BIM, o Governo Federal tem tomado iniciativas importantes para a sua implantação a nível estatal. Desta forma, destaca-se o Decreto Nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019, que dispõe acerca da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil (BRASIL, 2019). A partir deste, propõe-se, por exemplo, a exigência do BIM na elaboração dos modelos de arquitetura e de engenharia, iniciando-se em 2021, no que se refere às obras ligadas ao poder público (BRASIL, 2018).

Em paralelo, observando-se todos os fatores contributivos acerca do BIM, bem como os esforços promovidos pelo Governo Federal para a disseminação deste, é importante que o meio acadêmico se faça presente, agindo como catalisador deste processo, incentivando a sua abordagem, esclarecendo e identificando pontos importantes acerca desta metodologia. Deste modo, o presente trabalho visa contribuir, academicamente, com a disseminação do BIM, clarificando informações necessárias à sua implantação na esfera 5D.

Além disso, a utilização de projetos em BIM possibilita que, equipes gerenciais tenham maior acessibilidade e assertividade quanto aos dados, valores,

quantidades e indicadores que competem aos seus empreendimentos. Sendo assim, com maior facilidade de acesso à informação, tem-se, por consequência, mais clareza e precisão na elaboração do planejamento e controle das construções, uma vez que o BIM auxilia e permite maior eficiência na elaboração dos processos de concepção de projeto (EYNON,2016).

Por conseguinte, em função da aplicação da tecnologia BIM em obras civis, percebe-se que há melhorias e otimizações globais para a administração destas, podendo-se dizer que, a modelagem da informação das construções tem sido responsável por trazer amadurecimentos importantes ao setor. Segundo Eastman et al. (2008), o uso do BIM tem se tornado mais frequente em escritórios de canteiros de obra. Além disso, a aceleração da análise de dados, em decorrência da utilização do BIM, contribui para maior clareza no que tange às perspectivas da pesquisa científica, atuando também, como catalisador para o meio acadêmico.

Entretanto, para que haja um aproveitamento adequado, o modelo deve conter informações suficientes às demandas da sua aplicação. Deste modo, o processo de modelagem, como um todo, deve ocorrer de maneira otimizada, visando facilitar a interpretação das informações existentes. Neste sentido, considerações e medidas tomadas já nas etapas iniciais do processo de modelagem, podem propiciar melhor utilização do mesmo, bem como trazer amadurecimento às esferas de sua aplicação. Assim, à medida que bibliotecas de dados, com base nos projetos, são estabelecidas e desenvolvidas, permite-se que as informações sejam acessadas para elaboração de planejamentos orçamentários com rapidez e eficiência (EYNON, 2016).

Deste modo, uma vez esclarecidos os objetivos da implantação de modelos da construção, e definidas as respectivas diretrizes e adequações aos padrões de sua aplicação, pode tornar-se possível o melhor aproveitamento das informações existentes, o que é fator de extrema relevância, tendo em vista que, a implantação do BIM apresenta maior grau de maturidade quando comparado à metodologia tradicional fundamentada em CAD, conseqüentemente, consumindo esforços e recursos consideráveis (ANUMBA *et al*, 2010).

Verifica-se, ainda, que as dimensões 4D (relacionada ao planejamento) e 5D (custos de construção) são aspectos puramente ilustrativos, uma vez que representam apenas a inclusão de parâmetros ou informações adicionais, ao modelo. Entretanto, com a adição das camadas 4D e 5D, o objetivo de entregar

empreendimentos com maior qualidade, e contenção de custo e tempo de execução, torna palpável o que pode ser considerado um dos maiores desafios do cenário atual da construção civil (BALDWIN, 2019).

Portanto, observando-se os benefícios da implantação de modelos BIM, bem como o potencial de otimização dos processos gerenciais a partir da inclusão de dimensões adicionais ao modelo, pretende-se, no presente TCC, levantar em um caso real, as etapas para o desenvolvimento e implantação do modelo 5D de uma edificação residencial multifamiliar, com foco no pavimento tipo.

## 1.2. OBJETIVOS

Neste tópico, serão apresentados os objetivos gerais e específicos, acerca da elaboração do presente trabalho.

### 1.2.1. Objetivo Geral

Propor diretrizes para o desenvolvimento do modelo 5D de uma edificação residencial multifamiliar, com foco na unidade de repetição.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Levantar os *softwares* disponíveis para a elaboração do modelo BIM;
- b) Levantar o potencial de utilização do BIM em pesquisas bibliográficas;
- c) Elaborar o modelo BIM do projeto executivo arquitetônico de uma edificação residencial multifamiliar;
- d) Estruturar o planejamento de obra, através de linha de balanço, levando em consideração a modelagem BIM e os dados históricos da empresa;
- e) Atrelar, ao modelo BIM, os dados temporais referentes ao seu planejamento
- f) Atrelar, ao modelo BIM, os dados de custos, referentes à orçamentação de obra, incrementando assim, o seu nível de desenvolvimento;

- g) Analisar quais dados paramétricos podem ser inseridos ao modelo BIM, a fim de otimizar o fluxo de trabalho para implementação do BIM 5D;
- h) Realizar comparativo entre o consumo de blocos consumidos em obra, o previsto com o planejamento inicial e como quantitativo do modelo;
- i) Definir o fluxo de trabalho para a implementação de modelo BIM 5D.

### 1.3. DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente estudo delimitou-se a desenvolver diretrizes para modelagem focada na obtenção final de um modelo BIM 5D, com base nos padrões, informações e rotina de execução de obras, presente na empresa X. Entretanto, destaca-se o fato de que, o BIM não foi implementado na empresa, mas sim, foi elaborado a fim de cumprir o propósito do presente TCC. Apesar disso, a empresa tem interesse neste assunto, por isso, foram autorizados o uso de informações e projetos, bem como a realização de estudos e acompanhamentos em uma de suas obras, para os fins acadêmicos deste trabalho.

Deste modo, fez-se necessária a realização parcial da modelagem BIM de um de seus empreendimentos, para que fosse possível compreender premissas necessárias à implantação 5D, já nas etapas iniciais de modelagem.

Portanto, este trabalho limita-se a realizar a modelagem de elementos básicos do projeto arquitetônico, presentes na unidade de repetição. Deste modo, tem-se maior objetividade ao realizar a integração do modelo ao planejamento por linha de balanço, e também, maior facilidade na identificação e resolução de problemas advindos durante a determinação deste processo.

Ainda, não fazem parte do escopo deste trabalho, os assuntos referentes à realização, cálculo, dimensionamento ou elaboração de memoriais de projetos de quaisquer disciplinas, tampouco a alocação de recursos, dimensionamento de equipes e durações ou cálculo dos ritmos produtivos referentes ao planejamento, e por fim, também não serão feitas considerações acerca do cálculo e aplicação dos encargos sociais, Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), composições e parâmetros orçamentários, fluxo de caixa e estimativa de custo de obras.

Neste sentido, destaca-se que o foco principal está na compreensão e identificação de premissas e considerações importantes para a realização adequada

da integração de informações do modelo BIM, planejamento e custos de uma edificação composta por pavimentos tipo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A seguir, serão explicados e apresentados alguns dos conceitos e definições acerca de modelagem da informação da construção, planejamento e controle de obras e orçamentação de obras.

### **2.1. PLANEJAMENTO DE OBRAS**

#### **2.1.1. Definição**

Planejar é o ato de estudar, definir e pré-delimitar o necessário a ser feito, e assim, executar as ações requeridas para a realização de um determinado projeto. Neste momento, serão gerados os dados que auxiliarão no monitoramento e efetivação do feito, desta forma, será pré-estabelecido o orçamento, os recursos a serem utilizados, os cronogramas, e entre outras especificações. (NEALE; NEALE, 1989).

Esta etapa, essencial, do projeto, deverá sempre ser desempenhada antecipadamente, por tratar-se de um processo de execução, e, portanto, deve ser prévio ao mesmo.

O planejamento não é uma garantia dos fatos, tendo em vista que, os mesmos poderão ser modificados, devido à casos fortuitos ou de força maior, por exemplo: a entrega de produtos e materiais fora do prazo estabelecido pelo fornecedor, falhas em máquinas, a ausência de funcionários ou condições climáticas desfavoráveis (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2010).

Porquanto, após a implementação do planejamento, faz-se necessário a ocorrência de monitoramento frequente, ou o denominado Controle, consequentemente, enfrentando imprevistos apresentados no curso do projeto. (BALDWIN; BORDOLI, 2014).

#### **2.1.2. Controle**

O Controle é responsável por manejar as mudanças e os imprevistos, efetuando a correção de eventuais falhas ou imprevistos, que possam advir da

prática do planejamento. Há, entre o Controle e o Planejamento, uma relação de interdependência, logo, estão interligados (FORMOSO, *et al*, 2001).

Este monitoramento, na sua implantação, será realizado de forma imediata e contínua, visto que, está incumbido por inspecionar e detectar as possíveis imprecisões e equívocos cometidos. Deste modo, realizará as retificações necessárias em tempo hábil, e evitar-se-á a propagação destes por outras etapas do processo. Igualmente, ao realizar as devidas correções, permite-se que aquele responsável pelo projeto, ajuste o necessário, assim, coibindo a repetição de futuras eventualidades e falhas (FORMOSO, *et al*, 2001).

Independente da concretização das iniciais conjecturas, o controle prosseguirá com seus propósitos inalterados, investigando e fiscalizando os feitos, possibilitando o alcance do assentado inicialmente (BALDWIN; BORDOLI, 2014).

Isto posto, evidencia-se que, o planejamento torna-se ineficaz, se inexistente o controle, e esta função só existirá devido ao ato de planejar (FORMOSO, *et al*, 2001).

### **2.1.3. Níveis de planejamento**

Devido à amplitude do planejamento, que engloba decisões diversificadas, é necessária a repartição deste, dividindo-se em três níveis diferentes, sendo estes: o planejamento estratégico, o planejamento tático ou de médio prazo e o planejamento operacional.

O primeiro, mais abrangente, denomina-se planejamento estratégico, sendo considerado o nível principal, uma vez que, são identificados os propósitos e intenções a longo prazo, determinando-se os projetos que serão realizados pela empresa, ramos de atuação e suas decisões de mercado (GHOBIL, 1993).

No planejamento tático existe uma correlação entre o estratégico e o operacional. Neste, serão adotadas medidas, metodologias e tecnologias necessárias para a liberação de frentes e pacotes de trabalho, removendo toda e qualquer restrição para a sua efetivação, através da identificação das informações e recursos imprescindíveis para o mesmo (GHOBIL, 1993).

O planejamento operacional será realizado no decorrer da obra, em menores espaços temporais, ocorrendo a segmentação de tarefas e atribuição de recursos físicos para a execução destas (FORMOSO *et al*, 2001). Este será constituído de

reuniões periódicas, avaliando-se a eficiência da produção, e o cumprimento das metas designadas previamente.

#### **2.1.4. Planejamento através de Linha de Balanceamento**

A concepção de projetos de múltiplos pavimentos, denominados pavimentos tipo, tem como característica fundamental, a execução de múltiplas tarefas e processos repetitivos. Assim sendo, a natureza repetitiva e a necessidade de aumento na produtividade, atrelada à padronização de processos, são características que convergem para a linearização da produção baseada em locais (MENDES JUNIOR, 1999).

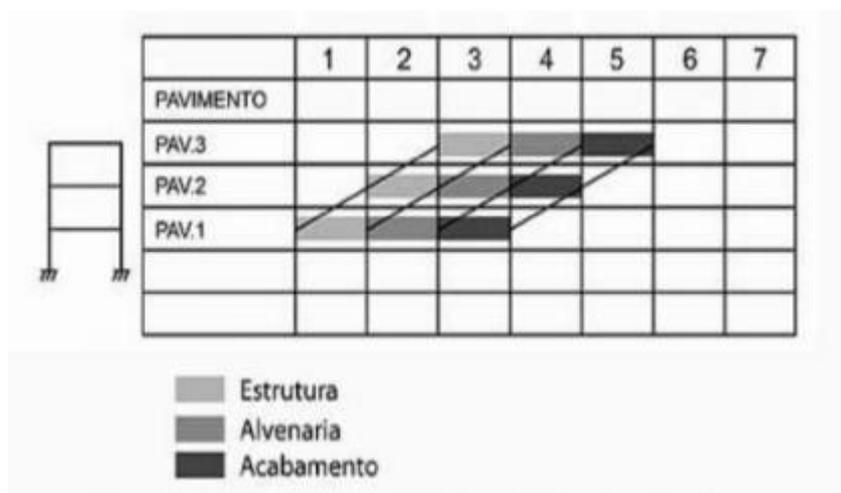
Deste modo, a Linha de Balanço, do inglês, *Line of Balance* (LoB) serve como ferramenta de excelente potencial para o gerenciamento de projetos com tais características, tanto a níveis de planejamento a longo prazo, quanto na integração dos horizontes de médio e curto prazo, justamente por tratar-se de um método baseado na liberação de frentes de trabalho, com fluxo contínuo.

Por outro lado, os projetos de construção, repetitivos, naturalmente apresentam processos com diferentes ritmos de produção, por sua vez, oriundos de diferentes níveis de complexidade executiva ou quantidades de serviço. Tal desequilíbrio pode ser interpretado como desbalanceamento produtivo, apresentando potencial para afetar o projeto, e seu desempenho, negativamente.

Ainda, segundo Mendes Júnior (1999), o ritmo de produção deve permanecer, supostamente, constante ao longo do tempo, na Linha de Balanço. Todavia, em função da aleatoriedade presente nos processos construtivos, e a incidência do efeito da curva de aprendizado, esta hipótese pode apresentar equívocos, trazendo resultados falhos.

Ante ao exposto, como forma de absorção dos impactos ocasionados pela variabilidade produtiva, esta metodologia de planejamento utiliza de recursos denominados buffers, ou, pulmões. Estes podem ser classificados como: de tempo, de espaço, de estoque, de produto, ou de capacidade de produção. A Figura a seguir demonstra um exemplo de linha de balanço (CORRÊA, 2019).

Figura 3 - Representação de uma linha de balanço



Fonte: Mattos (2010)

## 2.2. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

### 2.2.1. Definição

A Modelagem da Informação da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM) traz um conceito diferenciado para a elaboração de projetos, através do processo de modelagem virtual da edificação, atrelando dados, informações e parâmetros para cada elemento do projeto. Tal modelo pode apresentar diversos níveis de desenvolvimento (LOD), de acordo com o nível de detalhamento e enriquecimento de dados. Por conseguinte, a elaboração de modelos digitais de edificações pode abranger diversas esferas, de acordo com o tipo de informação atrelada ao mesmo, recebendo assim, classificações de acordo com o teor da representação de projeto. Portanto, um modelo em BIM pode ser representado em 2D, 3D, 4D (cronograma físico), 5D (custo), ou superiores, quando informações mais específicas são atreladas, como energia, sustentabilidade, manutenção e operação, e assim consecutivamente (AOUAD *et al*, 2010).

Desta maneira, percebe-se que a utilização de modelos virtuais está altamente atrelado a processos gerenciais, justamente por fornecer meios e ferramentas de planejamento e controle altamente enriquecidos com dados do projeto, tornando-se assim, um recurso de engenharia de alto valor agregado. Por outro lado, a elaboração de modelos virtuais com maturidade a cargo de

desempenho gerencial, torna-se um processo oneroso, justamente pela quantidade de informações e detalhamentos atrelados a este. Deste modo, o enriquecimento do projeto (o que engloba aspectos de gerenciamento e controle) através da implementação do BIM, envolve processos próprios e específicos, que por sua vez, destoam, em diversos aspectos, da estruturação e implementação de projetos em CAD 2D. Conseqüentemente, para a correta utilização do BIM, há uma necessidade intrínseca de reestruturação do *modus operandi* como um todo, sendo esta, diretamente proporcional ao nível de representação que se quer adotar (EASTMAN *et al.*, 2008).

Em convergência ao exposto, Hardin (2009) exemplifica que, muitas empresas adquirem a licença de um determinado *software* BIM e, sem maior aprofundamento, simplesmente inserem um funcionário para sua utilização, erroneamente acreditando que estão trabalhando com BIM. Ainda, afirma que, ao implementar o BIM de maneira apropriada, uma empresa apresenta alterações notáveis dos seus processos. Anteriormente, o que fazia sentido para modelos CAD 2D, não mais se fazem eficazes.

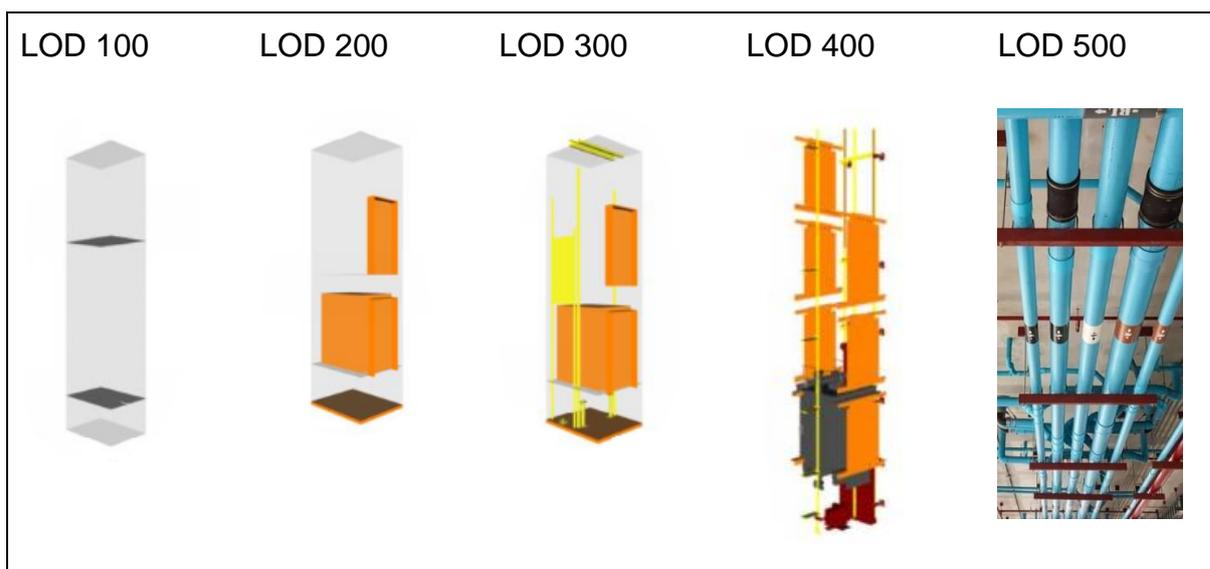
Por fim, a implantação ineficaz da metodologia BIM acarreta em custos indesejados, o que pode ser interpretado como desperdício de recursos, uma vez que o desenvolvimento do modelo requer grandes esforços de trabalho, conseqüentemente, levando tempo para que seja devidamente elaborado. Outros fatores atrelados a esta ineficiência, referem-se a problemas decorrentes de modelos falhos, com falta de informações, ou de sua interpretação inapropriada. Deste modo, faz-se necessária a análise do nível de desenvolvimento do modelo a ser implementado, a fim de adequar-se à sua realidade de uso, otimizando-se os custos e impactos da prática de modelos BIM (HARDIN; MCCOOL, 2015).

### **2.2.2. Nível de desenvolvimento de modelos BIM**

O nível de desenvolvimento, ou, do inglês, *Level Of Development* (LOD), refere-se a uma classificação do nível de confiabilidade das informações existentes dentro de modelos BIM, sendo esta, proposta pelo *American Institute of Architects* (AIA), no documento "*Project Building Information Modeling Protocol*" (AIA, 2013). Assim, através desta classificação, faz-se possível a interpretação do nível de detalhamento de um modelo e suas informações.

Para tal, o AIA (2013) propõe cinco níveis, nomeados por uma classificação numérica, de 100 a 500, onde conforme maior for esta numeração, conseqüentemente, maior o grau de maturidade do modelo e suas informações atreladas.

Figura 4 - Representação visual dos diferentes LOD.

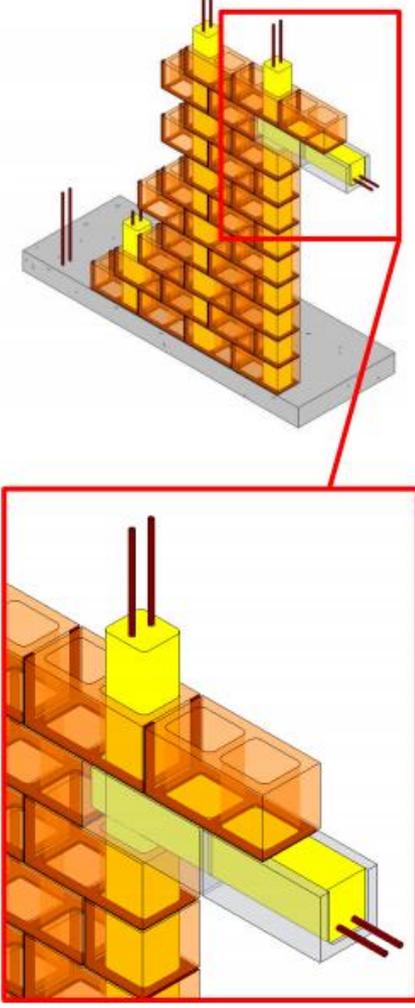


Fonte: Adaptado de BIM Forum (2019).

Sendo assim, percebe-se que um modelo pode apresentar elementos com diversos níveis de representação diferentes, possibilitando a concentração de esforços de modelagem em elementos específicos, definidos pelo contratante, ou projetista responsável, de acordo com a necessidade de disponibilização de informações, e complexidade dos serviços, atrelados àquele determinado elemento, a serem executados em obra.

Deste modo, para a definição do LOD, em se tratando de elementos específicos, a organização internacional BIM Forum, apresenta em seu documento, *Level Of Development (LOD) Specification Part I & Commentary* (2019), diretrizes e especificações para definição de diferentes LOD, para diversos elementos, de acordo com as especificações, anteriormente mencionadas, propostas pelo AIA.

Figura 5 - Exemplo de especificação LOD 400 para alvenaria estrutural.

400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reinforcing</li> <li>• Connections</li> <li>• Grouting Material</li> <li>• Jams</li> <li>• Bond Beams</li> <li>• Lintels</li> <li>• Member fabrication part number</li> <li>• Any part required for complete installation</li> </ul>	 <p>41 B1010.10-LOD-400 Floor Structural Frame (Masonry Framing)</p>
-----	---	---

Fonte: Level Of Development (LOD) Specification Part I & Commentary (2019)

### 2.2.2.1. BIM 4D

A partir da inserção da variável tempo, ao modelo, inicia-se a elaboração de projetos em BIM 4D. Sendo assim, permite-se a utilização deste, como ferramenta de desenvolvimento do planejamento construtivo, ou acompanhamento visual e virtual do andamento da obra, atrelando-se o cronograma aos devidos elementos de projeto. Portanto, observa-se que simulações 4D para modelos funcionam primariamente como ferramentas de comunicação, para a detecção de potenciais gargalos construtivos e/ou operacionais, ou como método de aprimoração para

realização de trabalhos colaborativos. Assim, à partir da revisão de simulações 4D, torna-se viável avaliar, a nível de planeamento de obras, a sua construtibilidade e eficiência. (EASTMAN et al., 2008).

Outrossim, segundo Baldwin e Bordoli (2014), durante o processo de simulação, faz-se possível a visualização do processo construtivo planejado, deste modo, permitindo a realização da análise de métodos executivos alternativos, avaliação da sequência construtiva e solucionamento de quaisquer conflitos construtivos detectados, incluindo aqueles envolvendo as variáveis tempo e espaço, além de validar o processo sequencial de execução de obra como um todo. Trata-se de um processo iterativo, em que a equipe de planeamento e a de modelagem, devem trabalhar de maneira alinhada e integrada, a fim de desenvolver modelos capazes de otimizar o processo construtivo.

Ante o exposto, é notório que modelos com maiores níveis de maturidade conferem maior controle sobre o *ecossistema* denominado obra, trazendo diversos benefícios que, segundo Eastman et al. (2008), podem englobar cinco diferentes áreas:

- **Comunicação:** o processo construtivo adotado pelo gestor da construção pode ser apresentado de forma visual. O modelo 4D captura ambos os aspectos, temporal e espacial, acerca do planeamento, e apresenta o mesmo com maior eficiência em comparação aos tradicionais gráficos de Gantt.
- **Múltiplas partes envolvidas:** modelos 4D podem ser amplamente utilizados em audiências públicas, a fim de apresentar a indivíduos leigos, os possíveis impactos de um determinado projeto, perante o tráfego local, acesso a hospitais, ou quaisquer outras interferências de interesse público.
- **Logística de canteiro:** gestores podem planejar a disposição de canteiro, acessos à obra e suas instalações, localização de grandes equipamentos, instalações temporárias e entre outros.
- **Coordenação de alterações e mudanças:** gestores podem coordenar a localização e data do fluxo de alterações das instalações temporárias de obra, bem como coordenar a realização de serviços em espaços pequenos.

- **Comparativo de planejamentos e rastreamento de progresso de obra:** gerentes de projeto podem comparar com facilidade os diferentes planejamentos existentes, identificando rapidamente os momentos em que a execução de obra está atrasada ou de acordo com o planejado.

#### 2.2.2.2. BIM 5D

Uma vez projetado o modelo, mesmo de forma genérica, é possível extrair quantitativos dos elementos ou componentes ali existentes. O resultado pode ser extraído em formato aceitável pelo *software* de planejamento ou estimativa de custos, entretanto, faz-se necessário definir com antecedência como este procedimento, de fato, funciona, para que seja possível viabilizar os aspectos técnicos. Neste sentido, a medida que são desenvolvidas as bibliotecas, famílias e fontes de dados, o processo de modelagem 5D se torna mais rápido e eficiente (EYNON, 2016).

Vale ressaltar que, o uso de bibliotecas de informações, para preencher o modelo e o banco de dados, é um fator importante para melhorar a velocidade, eficiência e confiabilidade do processo de elaboração do projeto (EYNON, 2016).

#### 2.2.3. Modelagem paramétrica

A modelagem paramétrica é uma característica fundamental no BIM, sendo instituída por regras pré-programadas para a estruturação e formação do modelo, resultando no aparecimento de diversos componentes deste. As regras e parâmetros pré-programados permitirão que objetos automaticamente se atualizem conforme as alterações são realizadas pelo usuário, e o seu contexto. Há por exemplo: quando se faz a exclusão de uma janela, a modelagem irá preencher automaticamente a lacuna por uma parede, devido à relação paramétrica entre a parede e a janela (EASTMAN et al., 2008).

## 2.2.4. Ferramentas BIM

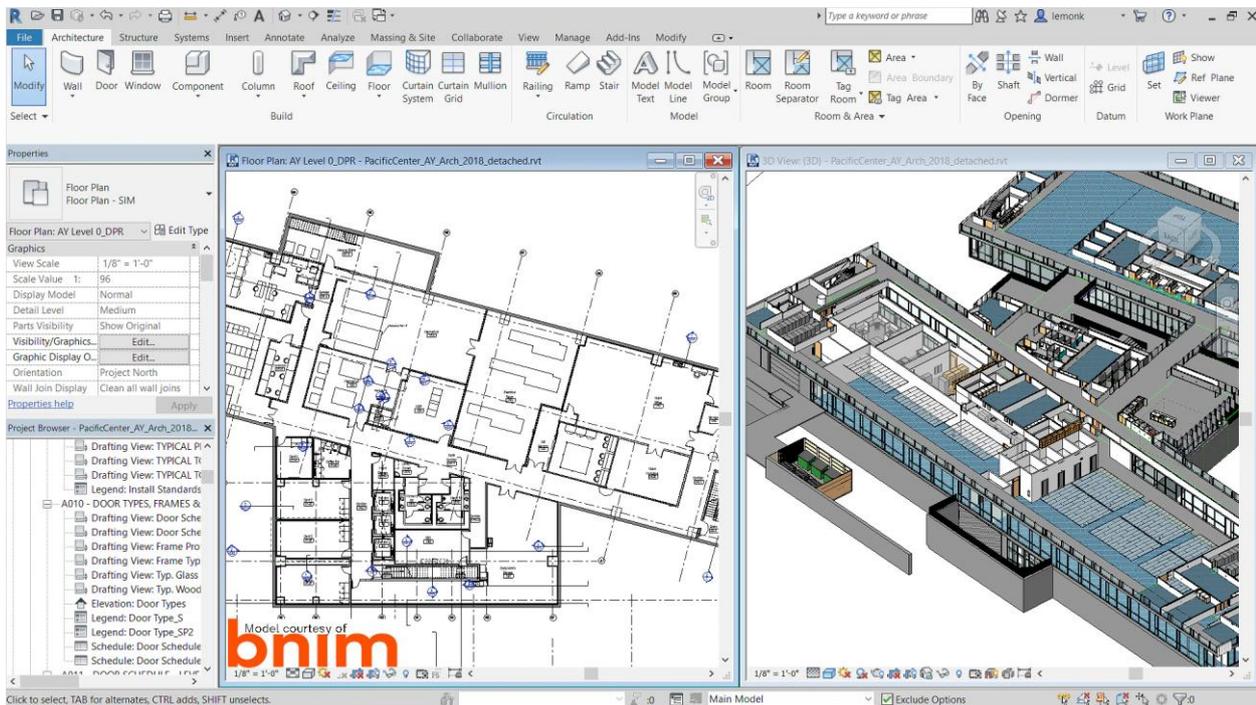
Existem inúmeros *softwares* disponíveis no mercado, sejam livres ou com licença paga, capazes de compreender e trabalhar dentro da metodologia BIM. Cada qual apresenta características específicas, com ferramentas voltadas aos seus respectivos objetivos de utilização. Neste sentido, ao realizar a escolha de um *software* a ser utilizado para trabalhar-se com a tecnologia BIM, devem ser observadas estas particularidades específicas, estando de acordo com a finalidade proposta ao modelo. Neste sentido, segundo Hardin e Mccool (2015), ao realizar a escolha de uma ferramenta BIM, deve ser analisado se esta realmente é capaz de proporcionar melhorias no modo de trabalho da empresa.

### 2.2.4.1. Revit

O *software Revit* é desenvolvido e distribuído pela empresa Autodesk Inc., direcionado para profissionais das áreas de engenharia, arquitetura e design. Este, possui ferramentas específicas para a modelagem de projetos BIM, permitindo a criação de modelos ricos em informação, tridimensionais, de edifícios.

O *Revit* possui diversos recursos para modelagem, sendo estes, multidisciplinares. Assim, faz-se possível trabalhar com os mais variados tipos de projeto, utilizando ferramentas do *Revit Architecture* para projetos arquitetônicos, *Revit MEP* para projetos complementares, como mecânicos, elétricos e hidráulicos, e do *Revit Structure*, para projetos estruturais. Ainda, o *software* permite a criação de elementos de anotação 2D, sendo estes, elementos exclusivos de uma vista específica, o que permite criar detalhamentos com maior facilidade. Por fim, é possível realizar trabalhos colaborativos, em nuvem, ou servidor local, através do uso de modelos compartilhados, permitindo que diversos profissionais consigam acessar e trabalhar em arquivos centrais, realizando trabalhos com maior coordenação e menor incidência de interferências e retrabalhos. Estes profissionais podem ter acesso limitado ou restringido a determinada disciplina, ou famílias específicas do modelo, permitindo que não haja perda de informação ou interferência multidisciplinar nos diversos fluxos de trabalho.

Figura 6 - Interface do software Revit.



Fonte: Autodesk (2019).

#### 2.2.4.2. Navisworks

Da empresa Autodesk, o *Navisworks* consiste em um *software* de análise de projetos que permite a interpretação, coordenação e compatibilização de diferentes tipos de projeto. O *Navisworks* é uma ferramenta complementar às ferramentas de desenho 3D e nele consegue-se navegar nos projetos, incluir comentários de revisão, realizar quantificação de elementos, detectar conflitos e interferências nos projetos com a ferramenta de clash detection, realizar simulações 4D da obra, entre outras funções (AUTODESK, 2017).

#### 2.2.5. Interoperabilidade

A interoperabilidade possibilita a coexistência entre implementação e geração de relações colaborativas envolvendo equipes multidisciplinares, assim, resultando no desenvolvimento integrado de projetos de edifícios. Portanto, o ato de interoperar propicia o trabalho em conjunto de diferenciados sistemas e organizações, sendo

um basilar para que haja comunicação entre desenvolvedores de *software* e fornecedores (FELISBERTO, 2017).

O intercâmbio de informações, acerca do desenvolvimento do empreendimento, é uma das fundamentais características do BIM. Portanto, o intuito é que diversas equipes, de diferentes áreas da engenharia, possam utilizar e manter atualizados as informações sobre o empreendimento. Contudo, mesmo o projeto estando em uma mesma fase, os técnicos atualizarão os dados do modelo, de tal forma que, estes poderão fazer o uso de programas diferentes, incompatíveis entre si, dificultando a comunicação entre os agentes.

Isto posto, o *Industry Foundation Classes* (IFC), objetiva a padronização mundial de processos BIM, deste modo, organizando as “categorias de componentes e processos utilizados pela indústria da construção, caracterizado por ser uma estrutura pública e neutra”. Desenvolvido pela organização sem fins lucrativos, *buildingSMART*, o IFC é um “padrão aberto de arquivo para modelos BIM”, visando a sua utilização durante todo o ciclo do empreendimento, possibilitando que dois ou mais *softwares* comuniquem-se entre si, recebendo dados e utilizando as informações recebidas. O padrão IFC é utilizado, de maneira secundária ou principal, por diversos *softwares* BIM, tendo em vista o reconhecimento do trabalho realizado pela *buildingSMART*. Destarte, O IFC permitirá a interoperabilidade ao possibilitar que haja uma padronização para o fornecimento de informações, através de diferentes mecanismos, de forma otimizada e mantendo a fidelidade e consistência dos dados ali contidos. (BUILDINGSMART, 2019).

### **3. MÉTODO DO TRABALHO**

Neste capítulo, é apresentado o método adotado para a elaboração do presente estudo, seus principais pontos e considerações. Ressalta-se que, a metodologia foi desenvolvida, observando-se as limitações e objetivos previamente abordados, estipulando-se foco na execução do serviço de alvenaria.

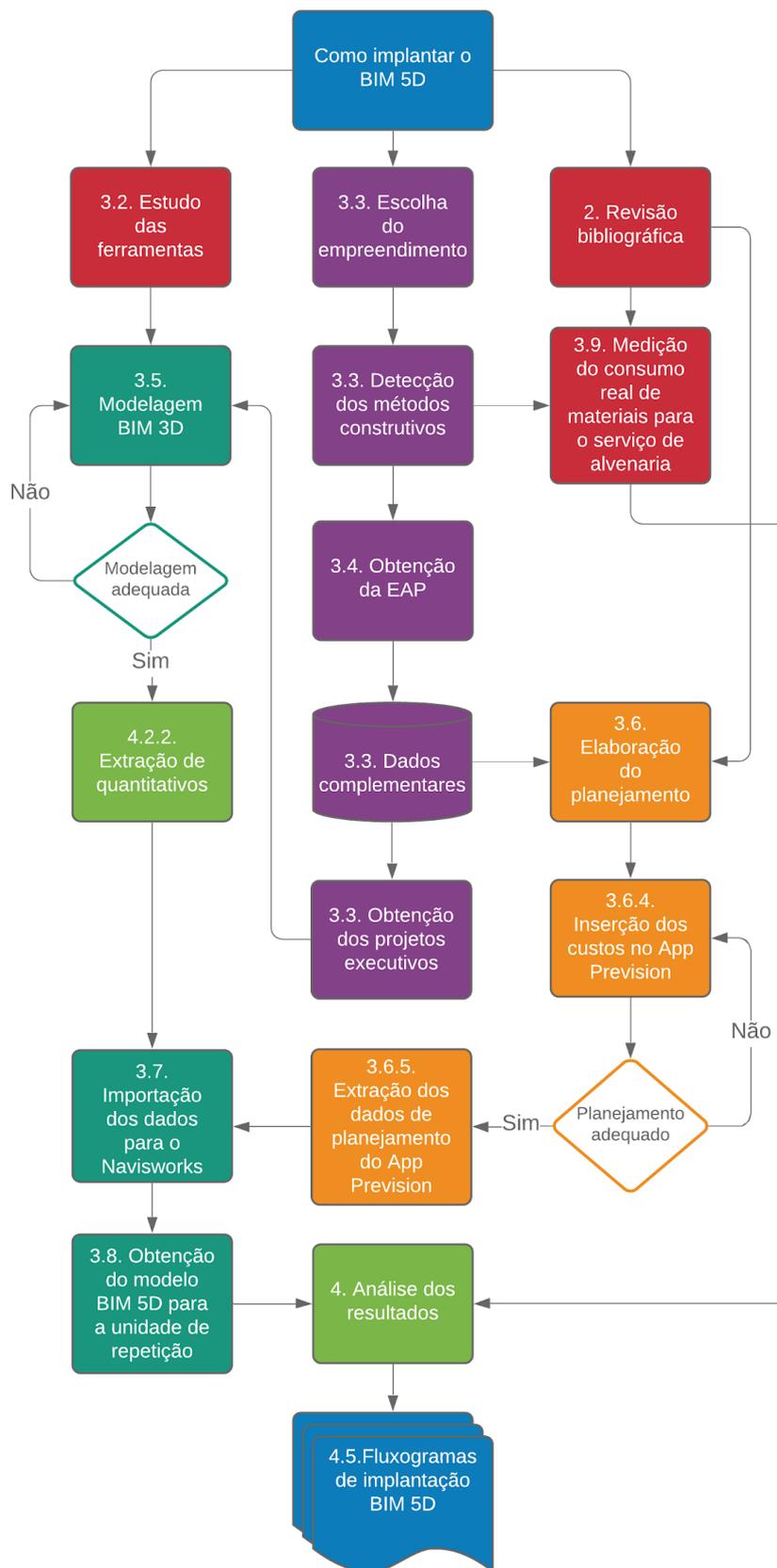
#### **3.1. ETAPAS DA PESQUISA**

O desenvolvimento do presente trabalho ocorreu de acordo com a sequência de trabalho conforme o fluxograma a seguir, apresentado pela Figura 7<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Neste fluxograma, faz-se possível a identificação das respectivas numerações de tópicos, referentes ao conteúdo apresentado neste trabalho.

Figura 7 - Etapas de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

- a) Revisão bibliográfica: foi estruturada uma revisão de literatura acerca dos tópicos e assuntos pertinentes à elaboração do presente estudo, sendo estes: metodologia BIM, planejamento de obras e orçamento de obras. Para tal, utilizou-se de recursos acadêmicos como livros, publicações, artigos e dissertações, encontrados através do repositório da Universidade Federal de Santa Catarina e de meios de pesquisa online, como o Google Acadêmico, além de recursos educacionais, como os guias online de conhecimento, disponibilizados pela empresa *Autodesk* para orientação ao uso das ferramentas comercializadas e disponibilizadas pela mesma.
- b) Estudo das ferramentas a serem utilizadas: foram estudadas as funcionalidades e recursos dos *softwares Revit*, utilizado para a elaboração de modelos BIM 3D, *Navisworks*, utilizado para a navegação e integração de modelos BIM 5D, e do *App Prevision*, aplicação *web* utilizada para desenvolvimento de planejamento através de linha de balanço.
- c) Escolha do empreendimento objeto de estudo: determinou-se qual empreendimento da empresa X seria utilizado como objeto de estudo, em função da etapa construtiva atual, de modo em que fosse possível realizar uma comparação entre modelo e realidade, no que tange aos aspectos de consumo de materiais, e então, aprofundou-se os conhecimentos acerca das características do mesmo, a partir de informações presentes no memorial descritivo e nos projetos.
- d) Análise dos métodos construtivos adotados pela empresa: foram estudados os métodos construtivos para melhor compreensão de como o modelo BIM poderia ser elaborado de forma a ser compatível com o que era executado no canteiro de obras.
- e) Obtenção da EAP: a partir das bases de dados existentes da empresa X, obteve-se a estrutura analítica de projeto para o empreendimento escolhido.
- f) Obtenção de dados complementares: foram levantados e obtidos dados, aqui chamados de complementares, como custo de materiais, orçamento paramétrico atual adotado para o empreendimento

escolhido, e demais dados pertinentes à realização do presente estudo,

- g) Obtenção e estudo dos projetos executivos pertinentes: obtiveram-se os projetos pertinentes e realizou-se um aprofundamento dos conhecimentos, acerca do empreendimento, através dos mesmos, a fim de identificar os padrões construtivos e de projeto a serem herdados do CAD para o modelo BIM.
- h) Elaboração do modelo BIM 3D: como a empresa X não faz uso da metodologia BIM nas suas obras em execução, fez-se necessário realizar a modelagem para o objeto de estudo, a partir das informações previamente extraídas e dos projetos obtidos em CAD.
- i) Extração de quantitativos e tabelas de materiais: a partir do modelo BIM 3D, foram extraídos os devidos quantitativos de materiais referentes aos serviços a serem planejados e analisados futuramente.
- j) Elaboração do planejamento: para que fosse possível a obtenção de um modelo BIM 5D, elaborou-se um planejamento através de linha de balanceamento<sup>2</sup>, sendo este, voltado apenas para as unidade de repetição, tendo como base informações e planejamentos já existentes da empresa X.
- k) Inserção das quantidades de serviço e custos no *App Prevision*: para futura realização da análise comparativa, inseriu-se informações referentes às quantidades de serviço e custos de cada serviço, realizando a distribuição dos mesmos para cada pavimento, dentro da plataforma *Prevision*.
- l) Extração dos dados de planejamento do *App Prevision*: foram exportados para um arquivo externo, as informações do planejamento em linha de balanço, do sistema *Prevision*, a fim de serem importados posteriormente, para elaboração do modelo BIM 5D.
- m) Exportação dos dados para o *Navisworks*: realizou-se uma configuração inicial do programa, onde foram inseridos, dentro do

---

<sup>2</sup> Observa-se que o conceito de linha de balanceamento não é utilizado em sua plenitude, no ambiente do *software* utilizado, uma vez que o mesmo não realiza o cálculo do ritmo constante a ser adotado para a obtenção do tamanho das equipes em todas as atividades. Entretanto, é utilizada, sim, a lógica de organização das informações, com base na linha de balanceamento, ou seja, tem-se o tempo no eixo das abcissas e o local de execução da atividade no eixo das ordenadas, e ainda, as atividades são representadas com linhas de cores distintas.

*software Navisworks*, o modelo 3D e dados de planejamento e custos. Outrossim, foram ajustados parâmetros de importação a fim de adequar a captação de dados externos durante o processo de importação.

- n) Finalização do modelo BIM 5D para a unidade de repetição: desenvolveu-se, dentro do *software Navisworks*, a integração do modelo BIM, com os respectivos dados de planejamento e orçamento existentes, obtendo um modelo final BIM 5D, para a unidade de repetição e serviços em estudo.
- o) Medição do consumo real de materiais para o serviço de alvenaria: realizou-se, *in loco*, medição do consumo de materiais para o serviço de alvenaria, a ser executado em um pavimento tipo, para realização de futura análise comparativa.
- p) Análise comparativa das divergências entre os resultados do modelo, do orçamento paramétrico da empresa e da execução da obra: a partir do modelo BIM 5D desenvolvido, das informações do plano paramétrico obtidas do banco de dados da empresa X, e dos dados de consumo real obtidos por medição no canteiro de obras, realizou-se uma análise comparativa do custo e tempo de execução do serviço de alvenaria, para uma unidade de repetição.

### 3.2. Ferramentas utilizadas

Para a realização deste estudo, foram utilizadas ferramentas específicas para a elaboração, manipulação e interpretação de modelos BIM, além de ferramentas auxiliares, para a elaboração de planejamento de obras, as quais serão citadas a seguir.

#### **3.2.1. Revit**

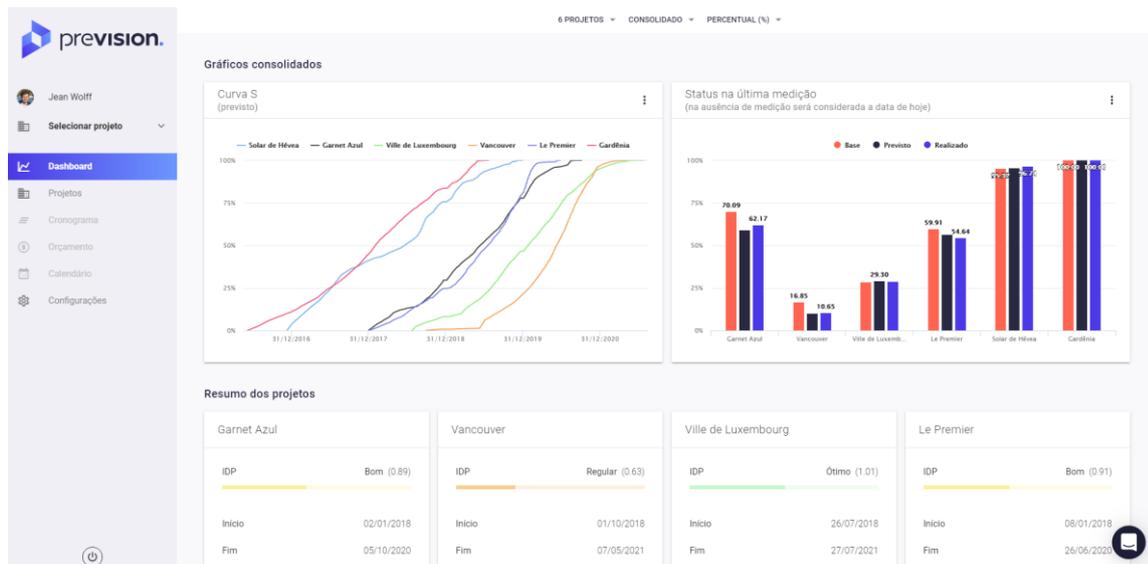
Comercializado pela empresa *Autodesk*, utilizou-se da versão estudante do *software Revit 2019*, para a realização da modelagem do empreendimento objeto de estudo. Este *software* foi escolhido devido aos recursos disponibilizados pela

ferramenta, facilidade de uso e familiaridade do Autor com a mesma, devido à realização de cursos e treinamentos certificados pela própria empresa *Autodesk*.

### **3.2.2. Prevision**

Recentemente disponibilizado no mercado, a aplicação web (*App*) *Prevision* foi lançada em 2019. Surgindo inicialmente como uma *Startup* chamada *Welob*, o *Prevision* é um sistema tipo *SaaS* (*Software as a Service*, ou, *Software* como um serviço) que permite o desenvolvimento de planejamento de obras através de linha de balanceamento. Esta plataforma foi escolhida por ter sido disponibilizada gratuitamente pela empresa, para os fins acadêmicos do presente estudo.

Através desta plataforma, é possível criar projetos e desenvolver seus respectivos planejamentos, inseridas informações como pavimentos e suas devidas áreas, serviços a serem executados, data e duração dos serviços. Além disso, algumas funcionalidades da aplicação permitem que seja possível criar tarefas específicas, atreladas a determinado serviço e/ou pavimento, importar a estrutura de orçamento da obra e jungir os dados aos respectivos serviços, realizar medições e monitorar indicadores, como curva S de distribuição de recursos e IDP (Índice de Desempenho de Projeto). A Figura 8 mostra a interface gráfica da plataforma.

Figura 8 - Interface do *App Prevision*

Fonte: compilação do Autor<sup>3</sup>.

Este sistema traz vantagens no que tange à celeridade do desenvolvimento de planejamentos. Consoante às ferramentas tradicionais de planilhas eletrônicas, ou até mesmo aos sistemas tradicionais voltados ao planejamento através do diagrama de Gantt, através do *App Prevision*, torna-se possível a criação de serviços de maneira automatizada, estabelecendo facilmente, grupos de repetição e regras de precedências de atividades, além de contar com uma interface visual limpa e de fácil compreensão.

### 3.2.3. *Navisworks*

Também fornecido pela empresa *Autodesk*, o *software Navisworks* pode ser caracterizado como ferramenta de integração visual para modelos BIM 4D e 5D, sendo este, utilizado na sua versão “estudante”, para o desenvolvimento deste trabalho.

<sup>3</sup> *Print screen* da tela “Dashboard”, no *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Nesta seção, é possível verificar e acompanhar o desempenho dos projetos, a partir de indicadores preexistentes no sistema. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/dashboard>. Acessado em 14/09/2019.

### 3.3. OBJETO DE ESTUDO

Para a elaboração deste estudo de caso, foram analisados os processos gerenciais adotados pela empresa X, devido ao fato de ter sido onde o Autor realizara estágio profissionalizante. Esta, é especializada na execução de obras civis, mais especificamente, na construção de empreendimentos residenciais multifamiliares, sendo altamente focada na produtividade de suas incorporações. Ainda, o projeto escolhido para a realização deste estudo, entre os empreendimentos em execução, foi o residencial multifamiliar VLX, localizado em São José, Santa Catarina, representado pela imagem comercial computadorizada exposta na Figura 9.

Figura 9 - Imagem comercial da fachada frontal do residencial VLX.



Fonte: website da construtora X (2019).

O empreendimento possui uma torre, com área total de 12.040m<sup>2</sup> e 22 pavimentos, onde, 13 são pavimentos tipo, sendo estes, objetos pontuais de realização deste estudo, uma vez que, trata-se da unidade de repetição, responsável por conferir ritmo produtivo ao projeto. Outrossim, o residencial VLX possui quatro unidades residenciais por andar, onde suas respectivas áreas privativas são de

129,15m<sup>2</sup> para os finais “01” e “02” (Figura 10), e 128m<sup>2</sup> para os finais “03” e “04” (Figura 11), sendo este, caracterizado como empreendimento de alto padrão.

Figura 10 - Planta humanizada da unidade final 02.



Fonte: website da construtora X.

Figura 11 - Planta humanizada da unidade final 03.



Fonte: website da construtora X.

Os métodos construtivos adotados pela empresa X são: estrutura em concreto armado, laje tipo nervurada com tijolos de alvenaria como nervura, elementos pré-moldados extrudados em material polimérico para aberturas na laje (para passagem de tubulações e afins), vergas pré-fabricadas, contravergas

moldadas em tijolos de alvenaria tipo “U”, contrapiso aderido, paredes de alvenaria com, chapisco, reboco, massa corrida e pintura, esquadrias de madeira pré-fabricadas, churrasqueiras com peças pré-fabricadas e pré-moldadas, além de alguns elementos moldados in loco, forro de gesso acartonado nos banheiros e gesso comum nos demais ambientes, revestimento cerâmico padrão com peças de 30x45cm nas paredes dos banheiros, cozinha e área de serviço, e, por fim, fachada externa com pintura e pele de vidro.

### 3.4. ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO (EAP)

Utilizada como base para elaboração do planejamento de obras no *App Prevision*, a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) para o empreendimento VLX possui uma configuração enxuta, composta pelos serviços a serem executados e subdividida nos respectivos locais de aplicação (pavimento ou fachada). Esta, é apresentada a seguir, pelo quadro 1.

Quadro 1 - Serviços da Estrutura Analítica de Projeto do empreendimento VLX.

Item	Serviço	Código
1	Limpeza do Terreno	LIMPT
2	Movimentação de Terra	MOVT
3	Estrutura de Fundação	FUNDAÇÃO
4	Superestrutura	EST
5	Alvenaria	ALVE
6	Chapisco em Estrutura	CHAP. EST
7	Muchetas, Encunhamento e Chapisco	MUCH/ENC/CHAP
8	Taqueamento	TAQ
9	Reboco	REB
10	Massa Corrida	MACO
11	Pintura - Primeira Demão	1DEM
12	Pintura - Segunda Demão	2DEM
13	Pintura - Terceira Demão	3DEM

Quadro 2 - Serviços da Estrutura Analítica de Projeto do empreendimento VLX (continuação).

Item	Serviço	Código
14	Pastilhas	PAST
15	Azulejos	AZUL
16	Contrapiso	COPI
17	Piso Cerâmico	PISC
18	Forro de Gesso	FOGE
19	Instalações Hidráulicas	ÁGUA
20	Instalações de Esgoto	ESG
21	Instalação de Hidrômetros	HID
22	Louças e Metais	LOME
23	Eletrodutos	ELET
24	Fiação	FIO
25	Acabamentos Elétricos	ACAB
26	Instalações de Ar Condicionado	ARCO
27	Instalações de Gás	GÁS
28	Contramarcos	CTMA
29	Alumínios	ALU
30	Vidros	VID
31	Portas, Vistas e Rodapés	PVR
32	Impermeabilização	IMP
33	Recuperação de cubetas	RECUP
34	Piso Polido	PisPo
35	Cisterna	CIST
36	Elevadores	ELEV
37	Limpeza Fina	LIMPF
38	Limpeza Grossa	LIMPG

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Todavia, para a realização do presente trabalho, foram selecionados alguns dos serviços supracitados, tanto para modelagem, quanto para o acompanhamento e posterior análise comparativa de dados, em função do estado atual da obra. Assim, serão modelados os serviços referentes à superestrutura e vedações (alvenarias), suas respectivas camadas justapostas e aberturas, listados no quadro 2, para que seja possível a realização da análise final dos dados obtidos.

Quadro 3 - Serviços modelados em BIM para o presente trabalho.

Item	Serviço	Código
4	Superestrutura	EST
5	Alvenaria	ALVE
9	Reboco	REB
10	Massa Corrida	MACO
11	Pintura - Primeira Demão	1DEM
12	Pintura - Segunda Demão	2DEM
13	Pintura - Terceira Demão	3DEM
15	Azulejos	AZUL

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

### 3.5. MODELAGEM BIM

Para a realização do presente trabalho, o empreendimento VLX teve de ser modelado pelo Autor, uma vez que, a empresa X não trabalha com projetos em BIM. Portanto, para a sua elaboração, utilizou-se do conhecimento obtido através de cursos realizados, experiências anteriores e consultas bibliográficas. Além disso, utilizou-se dos projetos executivos, existentes em CAD, como base para modelagem.

#### 3.5.1. Definições iniciais

Para dar início ao processo de modelagem BIM do empreendimento em estudo, foram necessários alguns ajustes e configurações iniciais, visando uma

obtenção de resultados claros, com precisão pertinente à sua aplicabilidade, com seus parâmetros voltados para a análise 5D. Portanto, a partir da metodologia construtiva, estrutura de projeto e padrões de fornecedores adotados pela empresa X, fez-se a modelagem e configuração das famílias utilizadas no projeto, criando-se assim, materiais e componentes adequados à realidade construtiva.

Uma vez que, este, possui foco no serviço de alvenaria, foi desenvolvido, pelo Autor, uma biblioteca que representasse os diferentes tipos de materiais encontrados em obra. Portanto, extraiu-se uma lista de materiais da plataforma Sienge, utilizada pela empresa para controle financeiro e de materiais, dos itens que seriam pertinentes à elaboração do modelo, conforme o quadro 3.

Quadro 4 - Base de materiais utilizados na modelagem das famílias ligadas ao serviço de alvenaria.

Material de obra
Tijolo cerâmico 9x19x19 cm
Tijolo cerâmico 11,5x19x19 cm
Tijolo cerâmico 14x19x19 cm
Tijolo cerâmico 19x19x19 cm
Bloco celular 12,5x30x60 cm
Argamassa colante
Argamassa de assentamento
Argamassa para revestimento interno
Argamassa para chapisco
Revestimento cerâmico
Massa corrida
Pintura interna
Pintura externa

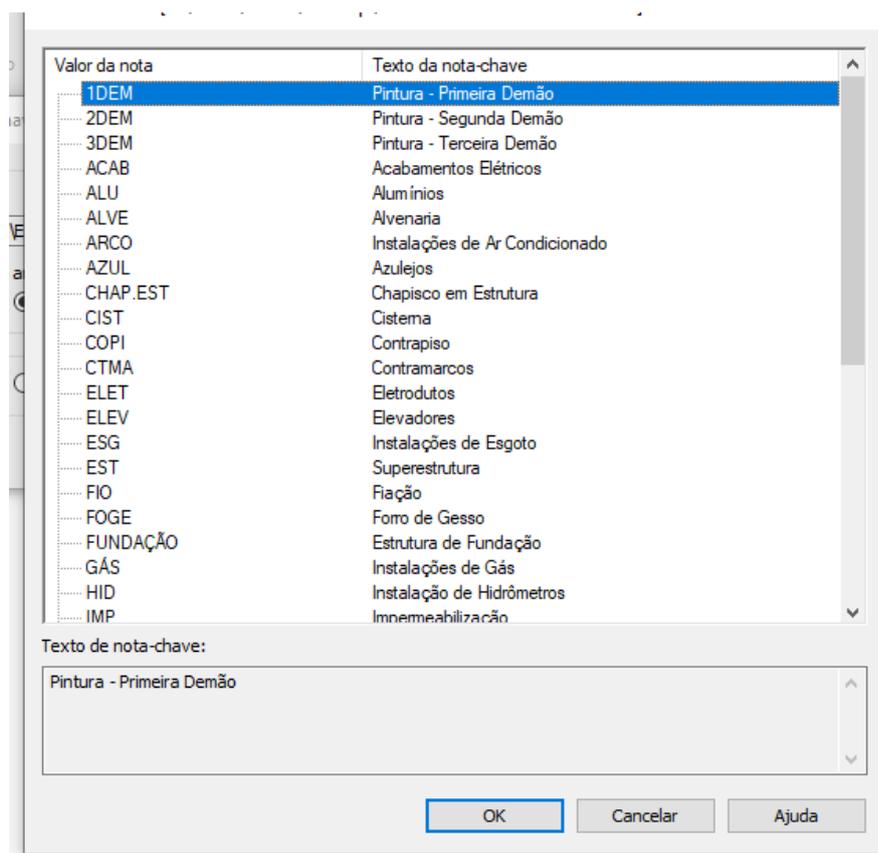
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Além disso, visto que o BIM 5D possui como parte de sua informação, os serviços a serem executados, faz-se necessário relacioná-los com os elementos presentes no modelo. Esta relação pode ser feita de maneira direta, dentro do

software de modelagem, ou externamente, a partir da exportação dos quantitativos e definição manual para cada item extraído. Aqui, optou-se por realizar esta conexão entre serviços e elementos dentro do *Revit*, manipulando as informações de modo centralizado, evitando-se perdas ou falhas durante o processo, conferindo maior precisão e assertividade ao modelo e seu planejamento.

Como forma de conexão entre ambos, serviços e elementos do modelo, utilizou-se do recurso “nota-chave”, presente dentro do *software Revit*. Para a sua utilização, fez-se necessária a criação de um arquivo de texto (.txt), contendo a estrutura de serviços apresentada anteriormente. Este arquivo foi inserido dentro do *software*, a partir da opção “Configurações de nota-chave”, disponível na barra de navegação “Anotações”. A Figura 12 mostra a janela visual deste recurso.

Figura 12 - Visualização de notas-chave.



Fonte: Compilação do Autor (2019).

A partir deste ponto, faz-se possível atrelar os parâmetros de nota-chave aos respectivos materiais que correspondem aos serviços extraídos da EAP, deste modo, preparando o correspondente modelo para a sua integralização como modelo

BIM 5D. Assim, futuramente, ao realizar a integração entre o modelo e o planejamento extraído da aplicação *Prevision*, o processo será facilitado, uma vez que parte da informação já está presente nos elementos do modelo.

Por conseguinte, deu-se início à criação da biblioteca de materiais, utilizada posteriormente para a modelagem das paredes e suas respectivas camadas. Neste ponto, foram inseridas especificações relevantes ao modelo e à sua visualização, além das informações de nota-chave previamente mencionadas, item este, essencial ao desenvolvimento do modelo BIM 5D. Tais materiais foram desenvolvidos observando-se as especificações presentes no quadro 3.

### **3.5.2. Projetos**

Fator essencial para a viabilização da modelagem BIM, os projetos executivos do empreendimento VLX foram cedidos pela empresa X, após contato do Autor. Sendo assim, utilizou-se de um arquivo CAD, contendo todos os projetos executivos do objeto de estudo, segmentados em layers padronizados da empresa. Assim, o processo de modelagem torna-se facilitado, quando comparado à utilização de plantas em pdf, ou arquivos CAD com disciplinas isoladas, visto que, é possível ter uma visão geral do empreendimento, durante a modelagem, usufruindo-se do recurso de vínculo de arquivos externos, da ferramenta de modelagem *Revit*.

### **3.5.3. Elaboração do modelo**

Após a configuração da biblioteca de materiais e das famílias a serem utilizadas, iniciou-se o processo de modelagem. Destarte, deve-se perceber que os elementos, famílias, ou componentes presentes dentro do *Revit*, nada mais são que uma maneira de representar um elemento físico. Sendo assim, um elemento qualquer pode possuir “n” maneiras de ser representado dentro do modelo. As terças de um telhado, por exemplo, podem ser modeladas como um sistema de vigas de madeira, como um sistema de cortina por face, como um sistema de telhado inclinado, ou até mesmo como um elemento genérico modelado no local.

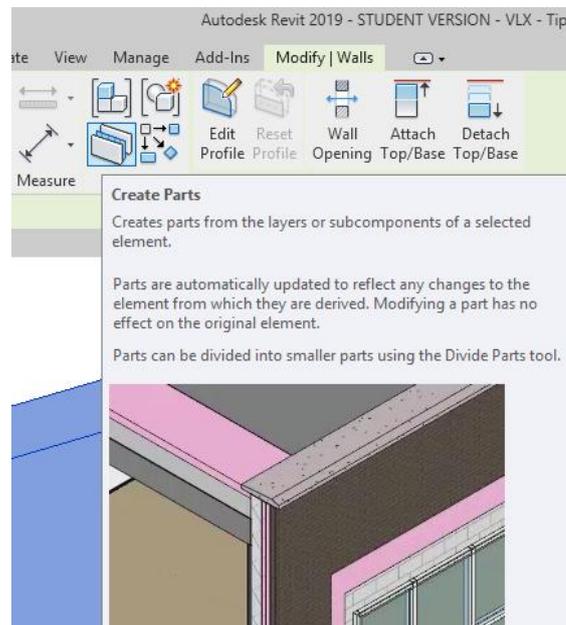
Deste modo, fez-se necessário encontrar uma metodologia de modelagem, para o sistema de vedação, capaz de fornecer dados com grau de precisão e detalhamento adequados à sua aplicação. Porém, em um primeiro momento, ao

analisar o comando existente no *Revit* para a criação de paredes, observa-se a presença de limitações, conforme apontado por Ferrari (2016), uma vez que, todas as camadas existentes na família de parede, acompanham as mesmas dimensões. Portanto, ao utilizar o comando “criar paredes”, de modo nativo (sem comandos alternativos ou interferência de *plugins*), este elemento criado não representaria a realidade, pois o serviço de alvenaria, por exemplo, encerra sua altura na face inferior de vigas, e seu comprimento, na face mais interna dos pilares, forçando outras camadas de sua composição, como chapisco ou reboco, a cobrirem apenas a parede de alvenaria, deixando estes elementos estruturais expostos, sem revestimentos.

Uma solução encontrada por Ferrari (2016), para este problema, foi a criação de cada camada de revestimento como um elemento isolado de parede, contendo apenas uma camada, referente ao próprio material. Assim, seria possível a manipulação individual das dimensões de cada elemento.

Conquanto, ao observar os métodos construtivos para o empreendimento VLX, verifica-se a baixa incidência de vigas na sua concepção estrutural, em virtude da utilização de laje do tipo nervurada. Neste caso, observa-se que o grande problema de modelagem seria o que se refere ao faceamento de pilares, conforme mencionado anteriormente. Outrossim, ao explorar os recursos existentes dentro do *software Revit*, verificou-se a existência de um comando de modificação, denominado “Criar peças” (Figura 13).

Figura 13 - Janela de ajuda do comando “Criar peças”.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

A partir deste, permite-se a utilização de apenas uma parede, composta por suas respectivas camadas, sem a ocorrência de problemas conforme mencionado anteriormente. Sendo assim, a elaboração de modelos BIM com ênfase na extração de quantitativos, pode ocorrer de modo facilitado, visto que, o processo de criação de paredes ocorre apenas uma vez, fazendo-se apenas um ajuste nas camadas que necessitam apresentar dimensões diferenciadas, para atender às questões referentes ao cobrimento de faces da estrutura, conforme previamente mencionadas.

Por fim, ao concluir-se a modelagem do pavimento tipo, fez-se necessária a replicação do mesmo, criando-se assim a torre de pavimentos tipo. Para tal, criou-se um novo arquivo, denominado “Torre Tipo VLX”, criando-se os níveis do tipo 5 ao tipo 17, e consecutivamente, inserindo e replicando, para cada nível, o arquivo de pavimento tipo para a unidade de repetição.

### 3.6. ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO

Após a obtenção de um modelo BIM, apresentando conteúdo suficiente para a realização deste trabalho, deu-se início ao processo de elaboração do planejamento a ser utilizado para a unidade de repetição.

Devido ao fato de a obra estar em andamento, houve uma necessidade de fazer um novo planejamento, uma vez que, o planejamento de obras houvera sofrido alterações, modificações e quebras nas atividades, por motivos particulares da empresa, e que não serão abordados no presente trabalho. Entretanto, ressalta-se que este não foi totalmente descartado, uma vez que, utilizou-se do mesmo como referência e aprendizado para a elaboração da linha de balanço do empreendimento, provendo-se de informações como duração das atividades e serviços.

### **3.6.1. Rede de precedências**

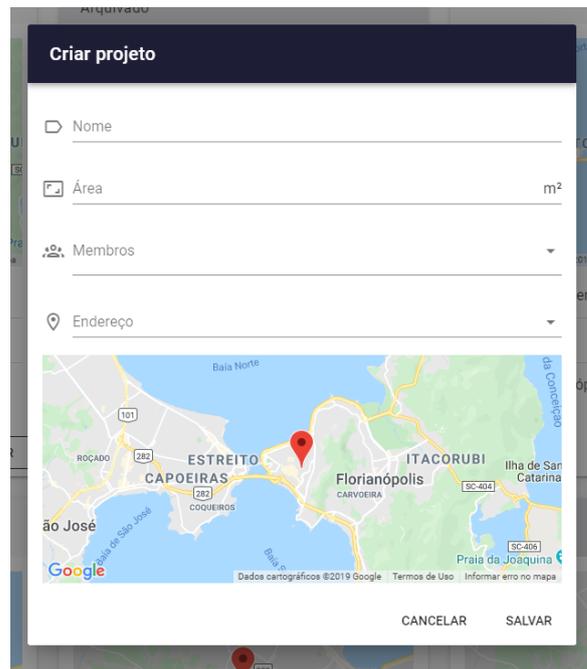
A partir da EAP e da metodologia construtiva adotada pela empresa, apresentados anteriormente, elaborou-se o diagrama de rede de precedências para a unidade de repetição (pavimento tipo) do empreendimento VLX. Este, foi utilizado como base para o desenvolvimento do planejamento no sistema *Prevision*, onde será estruturada a Linha de Balanço (*LoB*).

### **3.6.2. Configurações iniciais no *App Prevision***

A partir da rede de precedências das atividades do pavimento tipo, desenvolveu-se o planejamento da estrutura de repetição do empreendimento. Para dar início à elaboração da Linha de Balanço, fez-se necessário, previamente, alimentar e configurar a plataforma *Prevision* com as informações básicas para a sua estruturação. Sendo assim, estabeleceu-se uma rotina de tarefas, ou, processo, a ser desenvolvido dentro da ferramenta, observando todo o fluxo de trabalho a ser executado na plataforma, para atingir os objetivos estabelecidos.

Primeiramente, para dar início ao planejamento, criou-se um novo “Projeto” dentro do *App*. Neste, foram inseridas informações como nome do empreendimento, endereço, área total e definição de quais membros da organização poderão ter acesso a este projeto (Figura 14).

Figura 14 - Janela de criação de novo “Projeto”.



Fonte: Compilação do Autor<sup>4</sup>.

Após a criação do “Projeto”, faz-se possível a elaboração do seu planejamento, através da aba “Cronograma”. Nesta seção, inserem-se as informações de serviços, locais (pavimentos) e grupos de repetição, substancial para a elaboração final do planejamento.

Outrossim, para a criação de serviços, ainda não se faz possível a importação de dados externos. Dentre os recursos disponíveis no *App Prevision*, pode-se copiar uma lista de serviços já existente em determinado projeto anterior, ou informar cada serviço individualmente, de forma manual, através da janela “criar serviços” (Figura 15).

---

<sup>4</sup> Recorte de *Print screen* da janela de criação de novo “Projeto”, disponível na seção “Projetos”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/projetos>. Acessado em 14/09/2019.

Figura 15 - Janela de criação de serviços no *App Prevision*.

← Criar serviço SALVAR

Posição na lista  
5

Nome  
ALVE

Cor de identificação

▶ ❌

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

Fonte: Compilação do Autor<sup>5</sup>.

Além das informações de serviços, devem ser informados ainda, os locais para execução das atividades, podendo estes serem os próprios pavimentos tipo do empreendimento, ou até mesmo segmentos/locais específicos, como fachadas, pavimentos diferenciados ou qualquer outra seção do projeto, que deva constar no planejamento (Figura 16). Outrossim, para o funcionamento adequado de recursos que serão abordados nas etapas posteriores, é de suma importância que sejam informadas as respectivas áreas de cada pavimento do empreendimento. Estes dados serão utilizados, em conjunto ao valor da área total do empreendimento, para fornecimento de valores como percentual de avanço físico das medições, ou distribuição ponderada da estrutura de custos de um determinado serviço.

<sup>5</sup> Recorte de *Print screen* da janela de criação de serviços, disponível na seção “Cronograma”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/cronograma>. Acessado em 14/09/2019.

Figura 16 - Janela de criação de pavimentos no *App Prevision*.

Fonte: Compilação do Autor<sup>6</sup>.

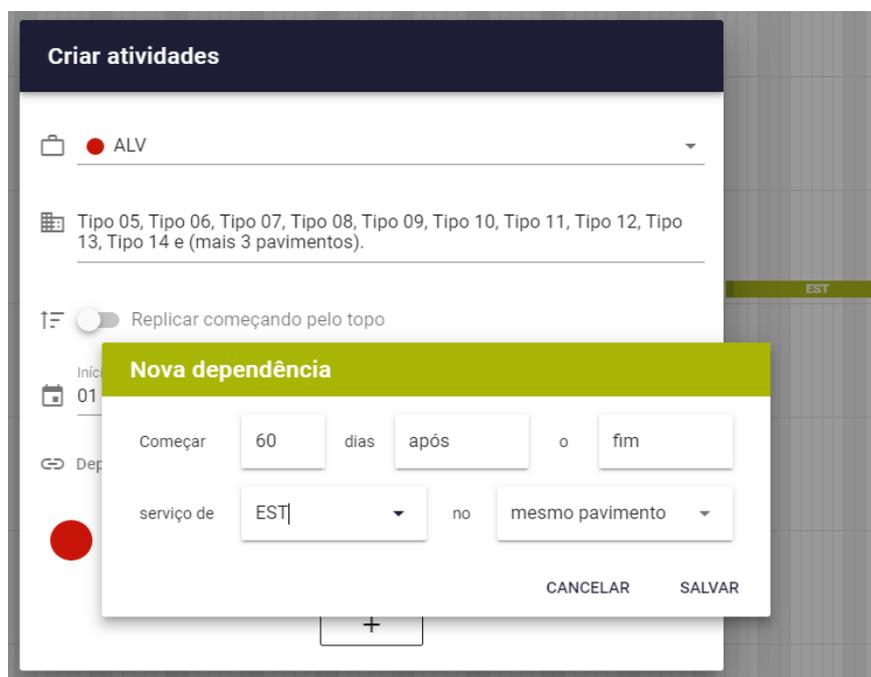
Por fim, com as informações de pavimentos e serviços inseridos no sistema, já se torna possível o desenvolvimento da linha de balanço. Todavia, deve-se salientar que, a Linha de Balanço (LOB) se caracteriza como uma metodologia, ou, técnica gráfica, estabelecida para o desenvolvimento do planejamento de atividades repetitivas na construção civil (BALDWIN; BORDOLI, 2014). Deste modo, para que este recurso seja explorado de modo a acompanhar sua conceituação, finalizando a etapa de configurações iniciais do *App Prevision*, faz-se necessário a criação do grupo de repetição, bem como a seleção dos pavimentos pertinentes ao mesmo.

### 3.6.3. Criação das atividades

A utilização da ferramenta “Grupos de repetição”, dentro do *Prevision*, permitiu que a criação de atividades ocorresse de maneira automatizada, uma vez que, ao criar uma nova atividade, informam-se a data de início, nome do serviço a que se remete, duração, e qual grupo de repetição, ou pavimento isolado, aquele serviço se refere, bem como a inserção de outras regras de dependência e precedência. Assim, a partir destes dados, inseridos apenas uma vez, criou-se a cadeia de atividades de repetição para o denominado serviço, para todos os pavimentos existentes dentro do grupo de repetição, seguindo a ordem sequencial nele estabelecida. A Figura 17 traz um exemplo deste recurso.

<sup>6</sup> Recorte de *Print screen* da janela de criação de pavimentos, disponível na seção “Cronograma”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/cronograma>. Acessado em 14/09/2019.

Figura 17 - Janela de criação de atividades no *App Prevision*.



Fonte: Compilação do Autor<sup>7</sup>.

Por conseguinte, obteve-se a primeira linha de balanço do planejamento, o que permitiu então, dar início à inserção das regras de dependência para as atividades consecutivas, de modo que, estas, estivessem em consonância com o diagrama de rede de precedências do projeto. Dentre os mecanismos de precedências disponíveis na plataforma, pode-se criar uma dependência para antes, ou após, o fim, ou o início, de determinada atividade presente em qualquer pavimento.

Ao trazer a mecânica de regras de dependência, presente nos tradicionais diagramas de *Gantt*, para o método gráfico de linha de balanço, o *software* abre possibilidades para a criação de linhas mais elaboradas, onde estas, podem por exemplo, intercalar serviços ou criar *buffers*, de forma automatizada. Além disso, também há uma maior compreensão do planejamento estipulado, uma vez que, conforme exposto na Figura 18, ao passar o *mouse* do computador sobre uma atividade qualquer, são destacadas todas as linhas de dependência referentes àquele serviço.

<sup>7</sup> Recorte de *Print screen* da janela de criação de atividades, disponível na seção “Cronograma”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/cronograma>. Acessado em 14/09/2019.

Figura 18 - Destaque das linhas de precedência de um serviço criado no *Prevision*.



Fonte: Compilação do Autor<sup>8</sup>.

### 3.6.4. Inserção do orçamento

Após a inserção de todas as atividades pertinentes à execução do projeto, deve-se dar início à integração do orçamento ao planejamento, para que a informação final exportada, esteja completa o suficiente, conferindo a esfera 5D ao modelo proposto. Do contrário, seria obtido um modelo 4D como resultado final do processo de integração entre o modelo BIM e os dados extraídos do *Prevision*.

Deste modo, deve-se acessar o menu orçamento, para realizar a importação de dados. Este é executado a partir da opção “carregar orçamento”, onde se faz possível importar um arquivo .x/sx, contendo a estrutura de custos da obra, conforme exposto na Figura 19. Observa-se que, para que a importação ocorra de maneira adequada, devem ser informadas as colunas referentes às informações de código, descrição, custo do material e custo de mão de obra. Ainda, faz-se necessário informar a partir de qual linha do arquivo, inicia-se a concepção destes valores.

<sup>8</sup> Recorte de *Print screen* da janela de criação de atividades, disponível na seção “Cronograma”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/cronograma>. Acessado em 14/09/2019.

Figura 19 – Janela de importação de orçamento no *Prevision*.

**Importar orçamento**

VILLE DE LUXEMBOURG-BUDGET-1573935378782.XLSX

Linha do primeiro item  
① 4

Configure as colunas

Código  
<> B

Descrição  
☰ C

Custo do material ou custo total  
\$ D

Custo da mão de obra  
\$ E

Deixe este campo em branco caso você não realize a divisão entre custo de material e custo de mão de obra

CANCELAR IMPORTAR

Fonte: Compilação do Autor<sup>9</sup>.

Por conseguinte, devem ser informados quais itens de custo importados se referem a quais atividades ou serviços criados. Ainda, faz-se possível realizar uma seleção acerca dos pavimentos a receberem estas informações, para que ocorra a divisão ou não do valor referente a um determinado insumo, composição, ou centro de custo. Por fim, salienta-se a que esta distribuição de custos pode se dar de modo igualitário, ou ponderado por valor percentual, em função da área dos pavimentos selecionados, ou de um valor estipulado manualmente, conforme Figura20.

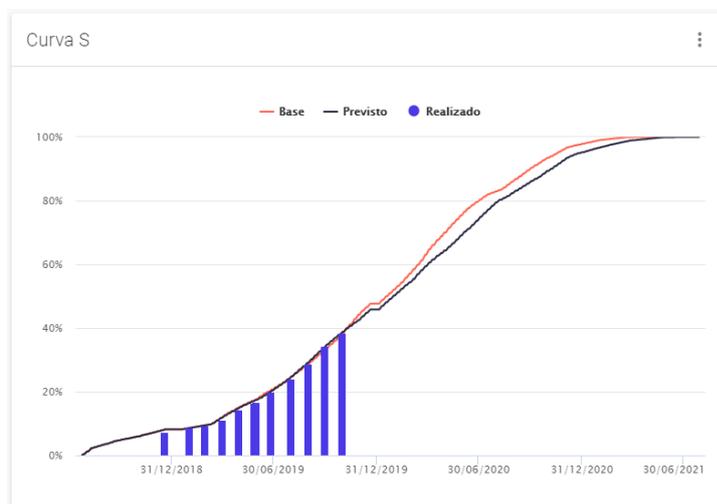
<sup>9</sup> Recorte de *Print screen* da janela de importação de orçamento, disponível na seção “Orçamento”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/orcamento/orcamento>. Acessado em 15/09/2019.

Figura20 – Distribuição de custos do orçamento, com ponderação percentual, no *Prevision*.

Fonte: Compilação do Autor.<sup>10</sup>

Por fim, concluindo-se a importação de dados de orçamento, torna-se possível o acompanhamento do avanço físico da obra, bem como a verificação de indicadores dentro da plataforma, como no caso da curva S exibida na Figura 21.

Figura 21 - Curva S de distribuição de recursos.



Fonte: Compilação do Autor.<sup>11</sup>

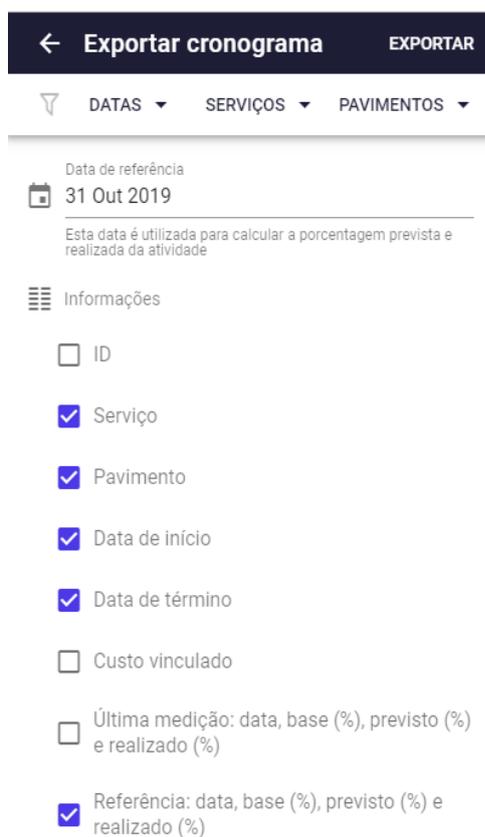
<sup>10</sup> Recorte de *Print screen* da janela de vinculação do cronograma ao orçamento importado, disponível na seção “Orçamento”, no menu lateral esquerdo do App *Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/orcamento/vincular>. Acessado em 15/09/2019.

<sup>11</sup> Recorte de *Print screen* da janela de indicadores, disponível na seção “Dashboard”, no menu lateral esquerdo do App *Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/dashboard>. Acessado em 20/10/2019.

### 3.6.5. Extração dos dados de planejamento do *App Prevision*

Por fim, torna-se necessário elencar os dados de planejamento, obtidos no *Prevision*, com o modelo 3D. Neste ponto, observa-se que o *App* não dispõe de nenhuma ferramenta que torne possível a realização deste procedimento, de forma direta. Assim, faz-se necessário implementar um processo de exportação e reimportação, com intermédio de planilhas eletrônicas. Para tal, utilizou-se do recurso “Exportar”, disponível no menu de funcionalidades, da aba cronograma. Esta opção é configurável, permitindo que, as informações a serem exportadas, sejam filtradas, conforme exposto pela Figura 22, elencando-se apenas os dados relevantes à integração BIM 5D almejada.

Figura 22 - Janela de exportação de cronograma, no *Prevision*.



← Exportar cronograma EXPORTAR

DATAS ▾ SERVIÇOS ▾ PAVIMENTOS ▾

Data de referência  
31 Out 2019  
Esta data é utilizada para calcular a porcentagem prevista e realizada da atividade

☰ Informações

ID

Serviço

Pavimento

Data de início

Data de término

Custo vinculado

Última medição: data, base (%), previsto (%) e realizado (%)

Referência: data, base (%), previsto (%) e realizado (%)

Fonte: Compilação do Autor.<sup>12</sup>

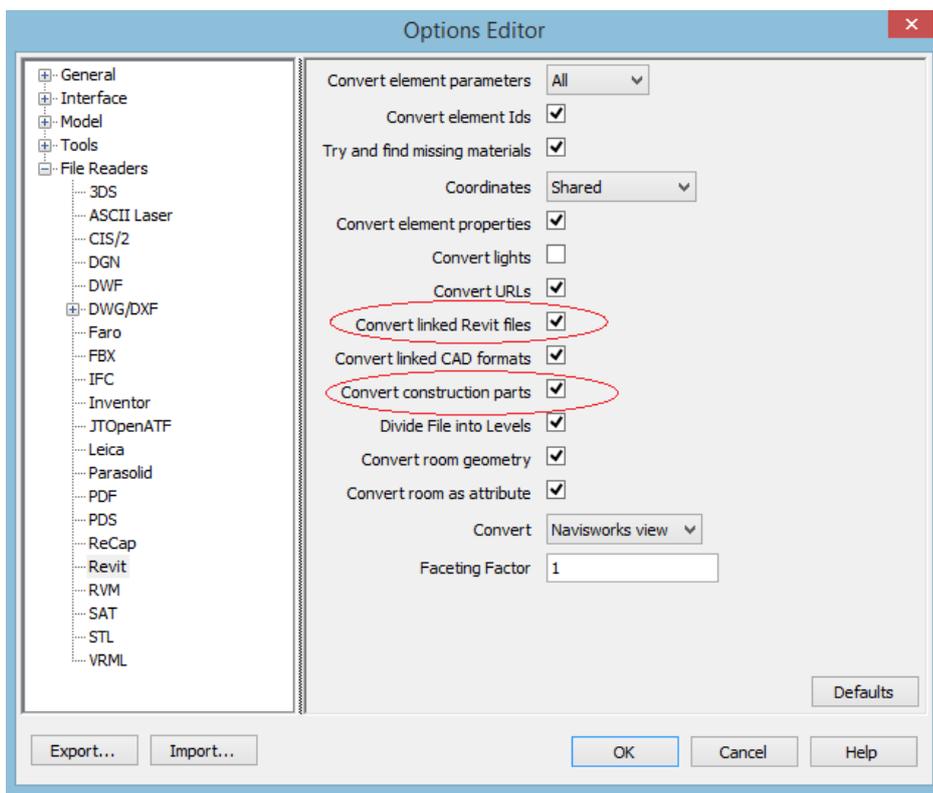
<sup>12</sup> Recorte de *Print screen* da janela de exportação do cronograma, disponível na seção “Cronograma”, no menu lateral esquerdo do *App Prevision*, com acesso de usuário do Autor. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/cronograma>. Acessado em 14/09/2019.

Como resultado, ao selecionar o botão “Exportar”, o *App* inicia o download de um arquivo em extensão “.xlsx”, contendo as informações selecionadas e filtradas. Este arquivo será utilizado posteriormente, conforme apresentado no capítulo 4.2.3, que trata do processo de integração BIM + *Prevision*, para realizar a importação dos dados de planejamento, incorporando-se assim as esferas 4 e 5D ao modelo.

### 3.7. IMPORTAÇÃO DOS DADOS PARA O NAVISWORKS

Com o intuito de realizar a estruturação de um modelo BIM 5D, deve-se dar início à utilização do *software Navisworks*. Este, é capaz de abrir arquivos externos, como “.ifc” ou “.rvt”, sendo assim, uma ferramenta que possibilita a comunicação direta com o modelo criado no *Revit*. Além disso, é possível importar os dados de planejamento, para o *software*, em diversos formatos, como “.csv” ou “.mpp”.

Entretanto, para que as informações exportadas do *Revit* para *Navisworks* sejam devidamente interpretadas, e possam ser manuseadas de maneira adequada, devem ser observadas algumas configurações específicas. Primeiramente, como utilizou-se do recurso para criar peças a partir das camadas das paredes, a conversão destas, para o *Navisworks*, deve estar habilitada na janela de opções. Ainda, como o arquivo da torre tipo utiliza de link externo, referindo-se ao arquivo de pavimento tipo, também deve estar habilitada a opção de conversão de arquivos linkados do *Revit*, para que estes possam ser herdados para o *Navisworks*.

Figura 23 - Janela de opções do *Navisworks*.

Fonte: Compilação do Autor (2019).

Por conseguinte, deve-se dar início ao processo de integração entre os dados do *App Prevision*, ao modelo BIM inserido no *software*, conforme descrito no tópico de resultados e análises, do presente estudo.

### 3.8. OBTENÇÃO DO MODELO BIM 5D PARA A UNIDADE DE REPETIÇÃO

Após o encerramento do processo descrito nas etapas anteriores, obteve-se um modelo BIM 5D, para o serviço de alvenaria, com ênfase na unidade de repetição de um edifício residencial multifamiliar. Este, será apresentado no capítulo de análises e resultados, bem como os processos desenvolvidos para obtenção do mesmo.

### 3.9. MEDIÇÃO DO CONSUMO REAL DE MATERIAIS PARA O SERVIÇO DE ALVENARIA

Com o intuito de estabelecer uma melhor compreensão acerca da assertividade de modelos da informação da construção, no que tange aos aspectos físico-financeiro, realizou-se um levantamento *in-loco* de informações pertinentes à execução do serviço de alvenaria. Tais dados foram obtidos com ênfase nos quesitos de duração da atividade e consumo de materiais.

A fim de realizar tal levantamento, estabeleceram-se dois tipos de controle. O primeiro, diretamente no estoque de materiais, e o segundo, no local de consumo. Ressalta-se ainda que, o fato de se tratar de uma atividade baseada em linha de balanço, ocorrendo apenas uma vez, em um único local específico, serviu como facilitador para o acompanhamento do consumo destes materiais. Sendo assim, o levantamento ocorreu durante a execução do serviço de alvenaria, para o pavimento tipo 12, do dia 14/10/2019 ao dia 25/10/2019.

Para realização do controle de estoque de blocos, fez-se uma contagem diária do saldo de *pallets* em depósito. Com a diminuição da quantidade armazenada, caracterizou-se consumo do mesmo, no pavimento de execução do serviço de alvenaria. Ainda, levou-se em consideração o recebimento de materiais, da fábrica, para o estoque, através das notas fiscais emitidas e recebidas durante o período.

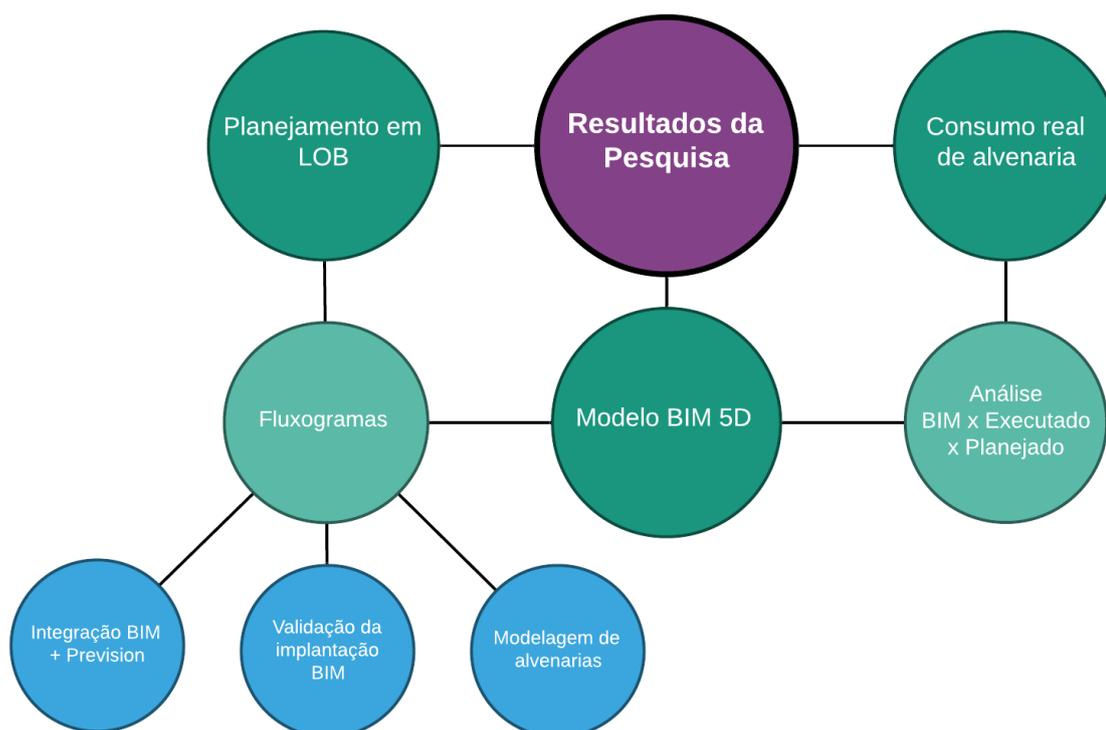
Em alternativa, realizou-se um controle de consumo, no destino final do material, ou seja, no próprio pavimento tipo 12. Este, contou com auxílio do almoxarife e do operador de elevador cremalheira, onde todo pallet de blocos, levado para este pavimento, foi anotado em uma ficha de controle, conforme apresentada no apêndice A, fixada na saída do elevador de carga.

Por fim, para o consumo inferior a um *pallet* inteiro, realizou-se uma contagem manual do material remanescente, tanto no início, quanto ao final da execução do serviço de alvenaria no pavimento em questão. Ainda, ressalta-se que o levantamento de consumo foi realizado apenas acerca dos blocos, não sendo analisado o consumo de argamassa.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Neste tópico, são apresentados os resultados obtidos com a elaboração do modelo BIM 5D para a unidade de repetição, bem como uma análise e considerações acerca do processo de modelagem e sua integração com o *App Prevision*. Apresenta-se, ainda, uma comparação acerca dos dados obtidos para o serviço de alvenaria e seu custo de materiais, levando em consideração a situação de consumo levantado em obra, orçamento atual e orçamento através do modelo BIM. A Figura 24 mostra uma representação visual da conectividade destes resultados.

Figura 24 - Árvore de resultados obtidos a partir da elaboração da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

### 4.1. PLANEJAMENTO EM LOB

Utilizando-se de informações gerenciais da construtora X, estruturou-se um planejamento inicial, em linha de balanço, para ser designado como linha de base no

*App Prevision*. Esta serve como diretriz para acompanhamentos futuros, observando desvios do planejamento inicial, a partir das alterações realizadas no planejamento, expondo os resultados através do indicador denominado IDP (Índice de Desempenho de Prazo), onde se tem a razão do percentual de obra executada sobre o percentual da linha de base, para a data em questão. Este indicador não será aprofundado no presente estudo, porém sua menção se faz importante, uma vez que, é um recurso presente dentro do *App Prevision* que permite a identificação de um planejamento inicial bem executado.

Observa-se que, ao utilizar o aplicativo em questão, para a elaboração da linha de balanço, têm-se uma grande facilidade na criação e manejo do planejamento de obras. Porém, percebe-se que a ferramenta possui algumas limitações, como na determinação das equipes e realização do efetivo balanceamento das mesmas, as quais não são possíveis dentro do *App*. Deste modo, caso se deseje elaborar este balanceamento, faz-se necessária a realização de cálculo dos ritmos produtivos anteriormente à efetiva utilização do *Prevision*.

Por fim, pode-se consultar o resultado final da linha de balanço para a unidade de repetição, desenvolvido com auxílio da ferramenta *Prevision*, no APÊNDICE B - Linha de balanço para o empreendimento VLX.

#### 4.2. MODELO BIM

Pelo fato de a metodologia BIM não estar implantada nos processos da empresa X, obteve-se como parte do resultado deste estudo, o próprio modelo BIM para a unidade de repetição, bem como o mapeamento dos processos de modelagem utilizados para obtenção do mesmo. Ainda, a obtenção do modelo BIM possibilitou a sua integração com dados de custo e planejamento, gerando um modelo final 5D para a unidade de repetição, que pôde ser integrado à rotina de gestão da empresa.

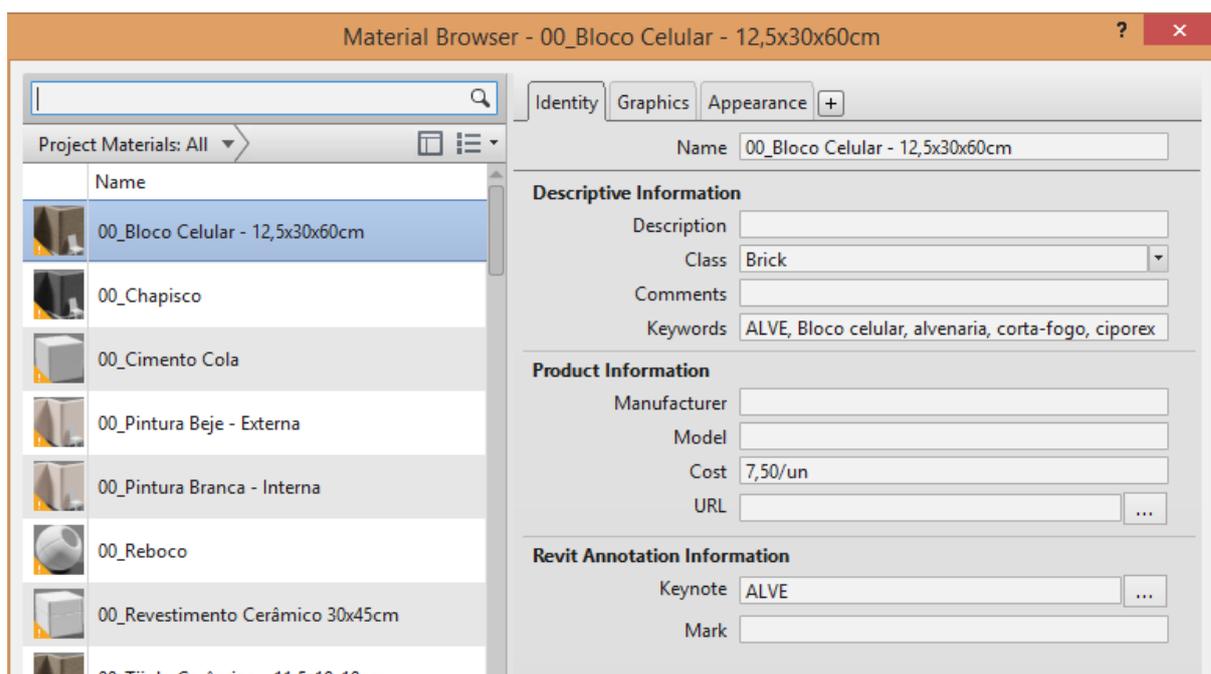
Ademais, ressalta-se que a modelagem BIM foi realizada a fim de identificar as etapas necessárias à elaboração do mesmo, bem como os procedimentos necessários à integração deste com os dados de planejamento, e não, na obtenção do modelo na sua totalidade.

#### 4.2.1. Processo de modelagem para alvenarias

Durante o desenvolvimento do modelo BIM para o empreendimento VLX, realizou-se um mapeamento e análise dos recursos utilizados, observando se o resultado final obtido estava de acordo com os requisitos mínimos para alcançar o propósito deste estudo. Deste modo, elaborou-se uma metodologia de modelagem, a fim de conferir um modelo final com precisão adequada e capaz de ser facilmente integrado aos planejamento de obras e financeiro, para o serviço de alvenaria.

Deste modo, a partir da utilização do recurso de notas chave, obteve-se uma biblioteca de materiais que pode ser facilmente localizada, bem como correlacionada com os itens da EAP do empreendimento, conforme exposto na Figura 25.

Figura 25 - Biblioteca de materiais correlacionados aos itens da EAP.



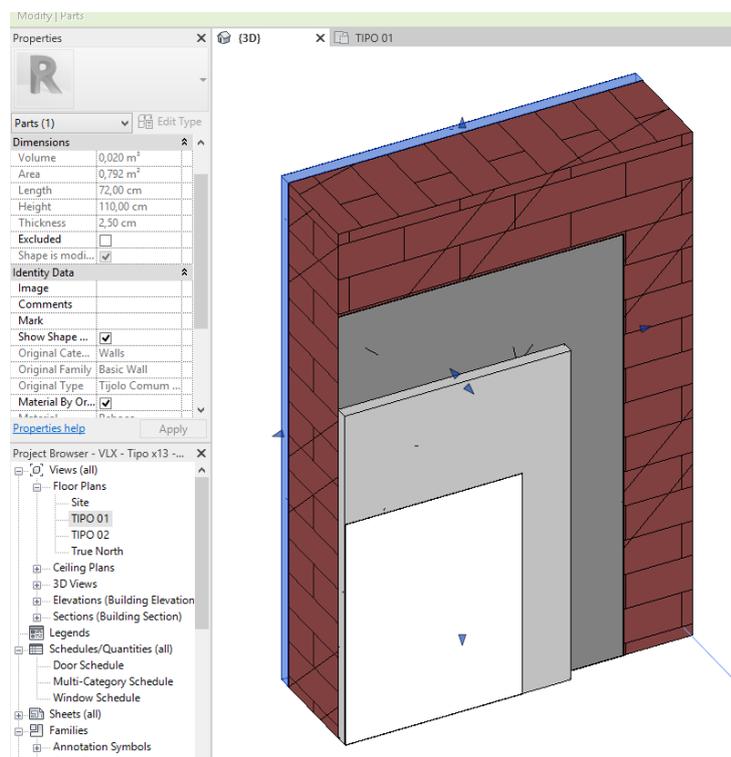
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Para a elaboração das paredes de projeto, criaram-se paredes de face a face, ignorando-se, a princípio, as camadas mais externas de revestimento. Sendo assim, ajustou-se a parede, de modo à alvenaria estar completamente adequada e enquadrada dentro do seu devido espaço, ou seja, observando-se as restrições de viga, pilares e lajes. Já para a devida interpretação e modelagem das camadas de

revestimento, utilizou-se o recurso “Criar peças”. Entretanto, algumas particularidades deste recurso devem ser observadas.

Após a criação das peças, no menu de “Propriedades”, com as camadas selecionadas, deve ser habilitada a opção de “Exibir controladores de forma”. Deste modo, torna-se possível a manipulação independente de cada camada, conforme mostrado na Figura 26. Possibilita-se também realizar este ajuste através do comando “Alinhar faces”. Porém, caso o *template*<sup>13</sup> não esteja previamente configurado, não se faz possível visualizar a forma alterada em vistas 2D (cortes, seções, plantas e outros). Para tal, faz-se necessário habilitar a opção “Mostrar peças”, no item “visibilidade de peças”, presente na seção de “gráficos”, do menu “propriedades”, para o elemento de vista atual (planta de piso, corte, ou qualquer vista em que se deseja fazer a manipulação e visualização das camadas).

Figura 26 - Demonstração da manipulação das diversas camadas de uma parede, através da ativação do comando “Criar peças”.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

<sup>13</sup> Modelo de arquivo pré-configurado, contendo informações padronizadas para elaboração do modelo. Estas informações podem ser desde elementos ou famílias pré carregados, até a configuração de visualização ou disposição das vistas de projeto.

Outra vantagem na utilização do recurso “Criar peças”, está na interpretação dos dados dentro do *Navisworks*. Uma vez trabalhando com a parede sem o acionamento deste comando, tem-se a parede como um elemento único, o que causa problemas na interpretação de dados, visto que, segundo Felisberto (2017), não se faz possível quantificar as diferentes camadas presentes dentro de um elemento, mas sim, apenas o elemento como um todo.

É importante registrar que no *Revit* as quantidades são levantadas por elementos (por exemplo área de paredes), e materiais inseridos em cada elemento (por exemplo alvenaria, chapisco, etc.) e no *Navisworks* é possível quantificar por elemento apenas. (FELISBERTO, 2017, p.105)

Como ao criar uma peça, têm-se um novo elemento (a própria peça), torna-se possível lidar com as diversas camadas como elementos individualizados, e o recurso “Paredes”, passa a ser apenas uma ferramenta de modelagem do projeto, não mais sendo utilizada para a extração de quantitativos.

Por conseguinte, ao validar a utilização de famílias de paredes compostas por suas respectivas camadas, fez-se um levantamento, a partir das informações existentes, das diversas combinações de materiais necessárias para atender as especificações de projeto. Como resultado, obtiveram-se 19 combinações, que foram utilizadas para a elaboração das famílias de parede imprescindíveis ao modelo, conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 - Conjunto de famílias de paredes básicas criadas para o modelo.

<b>Família</b>	<b>Nº de Camadas</b>	<b>Espessura total</b>
Tijolo comum - 9x19x19 cm - ALVI ALVE		9 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - ALV PE		11,75 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - CER ALV		12,65 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - CER CER		16,30 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - PI CER		14,90 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - PI ALV		11,25 cm
Tijolo comum - 9x19x19 cm - PI PI		13,50 cm
Tijolo comum - 11,5x19x19 cm - ALV PE		14,25 cm
Tijolo comum - 11,5x19x19 cm - PI ALV		13,75 cm
Tijolo comum - 11,5x19x19 cm - PI CER		17,40 cm
Tijolo comum - 11,5x19x19 cm - PI PI		16 cm
Tijolo comum - 14x19x19 cm - ALV PE		17,25 cm
Tijolo comum - 14x19x19 cm - PI ALV		20,90 cm
Tijolo comum - 14x19x19 cm - PI CER		19,90 cm
Tijolo comum - 14x19x19 cm - PI PE		19,50 cm
Tijolo comum - 14x19x19 cm - PI PI		18,50 cm
Tijolo comum - 19x19x19 cm - CER CER		27,30 cm
Tijolo comum - 19x19x19 cm - PI PI		24,50 cm
Bloco celular – 12,5x30x60 cm – PI PI		17 cm

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Em seguida, foram criadas as famílias de paredes a serem utilizadas no projeto, conforme especificado pela tabela 1 e ilustrados pela Figura 27. Tais elementos foram desenvolvidos com base nos materiais, também já mencionados anteriormente pela tabela 1. Para a determinação da espessura das camadas, utilizou-se de especificações internas da empresa, e das próprias dimensões dos materiais, como no caso dos blocos cerâmicos e de concreto celular.

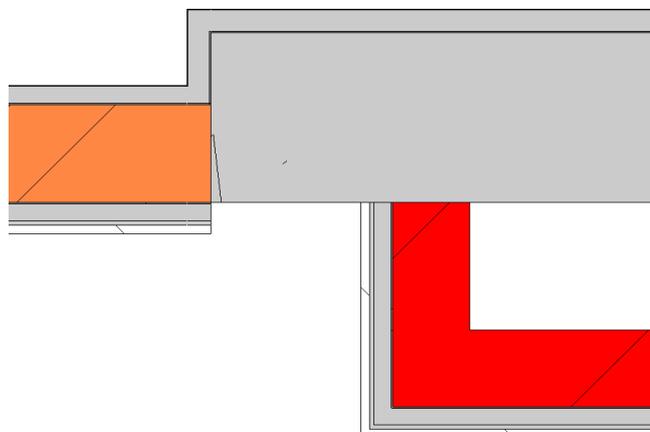
Figura 27 - Camadas de em elemento do tipo “Parede”.

Edit Assembly					
Family:	Basic Wall				
Type:	Tijolo Comum - 11,5 - PI PI				
Total thickness:	16.00	Sample Height:	500.00		
Resistance (R):	0.0000 (m <sup>2</sup> ·K)/W				
Thermal Mass:	0.00 kJ/K				
Layers					
EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 2 [5]	Pintura Branca - Interna	0.10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Above Wrap</b>	<b>0.00</b>		
3	Finish 1 [4]	Reboco	2.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Substrate [2]	Chapisco	0.15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Structure [1]	Tijolo Comum 11,5cm	11.50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Substrate [2]	Chapisco	0.15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Finish 1 [4]	Reboco	2.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Below Wrap</b>	<b>0.00</b>		
9	Structure [1]	Pintura Branca - Interna	0.10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Por fim, realizou-se a importação do arquivo .CAD contendo os projetos executivos, filtrando-se a exibição dos layers de interesse à modelagem das paredes e peças estruturais. Tais arquivos foram utilizados como referência para o lançamento dos pilares, e posterior modelagem das paredes. Estas foram inseridas tendo como base a camada mais ao centro (alvenaria), respeitando-se as suas restrições de face, conforme demonstrado na Figura 28.

Figura 28 - Primeira visualização da delimitação das faces das famílias de “Parede”.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

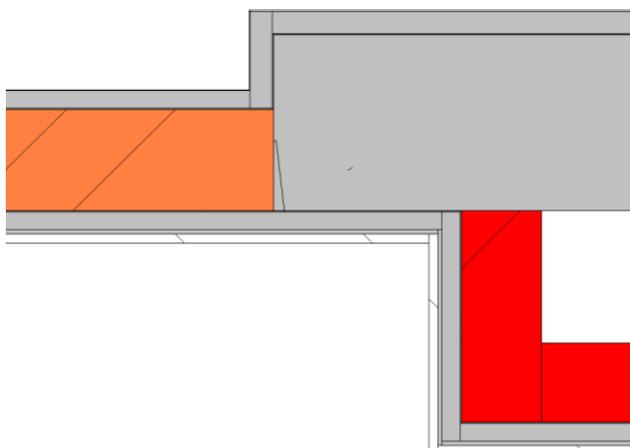
Consecutivamente, após modeladas todas as paredes para o empreendimento, deu-se início ao processo de adequação das faces das camadas de revestimento. Neste ponto, aplicou-se a metodologia de modelagem explanada anteriormente, fazendo-se uso do comando “Criar peças”.

Por conseguinte, observou-se que nem todas as paredes inseridas teriam a demanda de ajuste de faces. Porém, a não aplicação da criação de peças nestes elementos, implicaria em falhas no quantitativo de materiais, visto que, a extração de quantidades acontece com base nas categorias. Isto significa que, para a quantificação dos materiais, deve ser escolhido a categoria de referência. Sendo assim, ao selecionar ambas, paredes e peças, estes estariam sendo quantificados em duplicidade em alguns elementos, uma vez que, ao criar peças, a parede não deixa de existir. Já para o caso de seleção apenas de paredes, não estariam sendo levados em consideração os ajustes realizados pelo comando “Criar peças”. Por fim, a quantificação apenas dos materiais presentes na categoria de peças, também não estaria levando em consideração as paredes que não tiveram necessidade de ajuste fino das camadas de revestimento.

Portanto, adotou-se por padrão, a aplicação da criação de peças para todas as paredes presentes no modelo. Ainda, ressalta-se que, a adoção deste critério facilita a aplicação deste comando, visto que, foi realizado apenas uma vez, a partir do isolamento da família “Paredes”, e posterior seleção de todas as instâncias presentes no pavimento tipo.

Isto posto, realizou-se uma verificação visual, de todas as faces e extremidades que requisitavam ajustes. Por fim, foram alinhadas as faces dos revestimentos, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Faces ajustadas com a utilização do comando “Criar peças”.

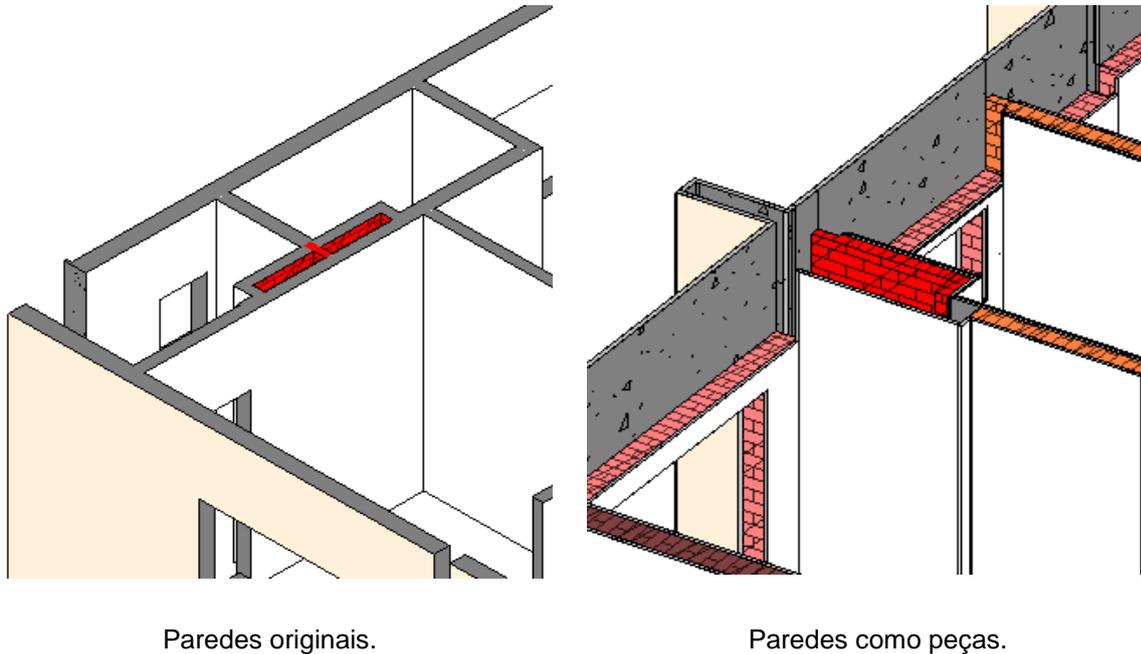


Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Na imagem, verifica-se que foram utilizadas apenas três famílias de paredes, para realização do contorno do pilar. Em contrapartida, a metodologia de modelagem individual de cada camada, resultaria na criação de sete famílias diferentes: tijolo cerâmico 9x19x19cm, tijolo cerâmico 11,5x19x19cm, chapisco, reboco, pintura, cimento cola e azulejo. Além disso, a repetição do comando “Criar paredes” ocorria por nove vezes (número de camadas diferentes, independentes), para a situação da Figura acima. Desta forma, obteve-se uma modelagem com grau satisfatório de precisão, com maior rapidez.

#### 4.2.1.1. Considerações sobre o uso do comando “Criar peças”

Uma vez lidando com recursos nativos do *revit*, sem a utilização de auxílio computacional (*plugins*), o recurso “Criar peças” demonstrou grande eficácia ao conferir geometria adequada às diversas camadas de uma parede. Não obstante, faz-se possível conferir a diferença entre o nível de desenvolvimento (LOD) do modelo, apenas com a utilização deste recurso, através da Figura 30.

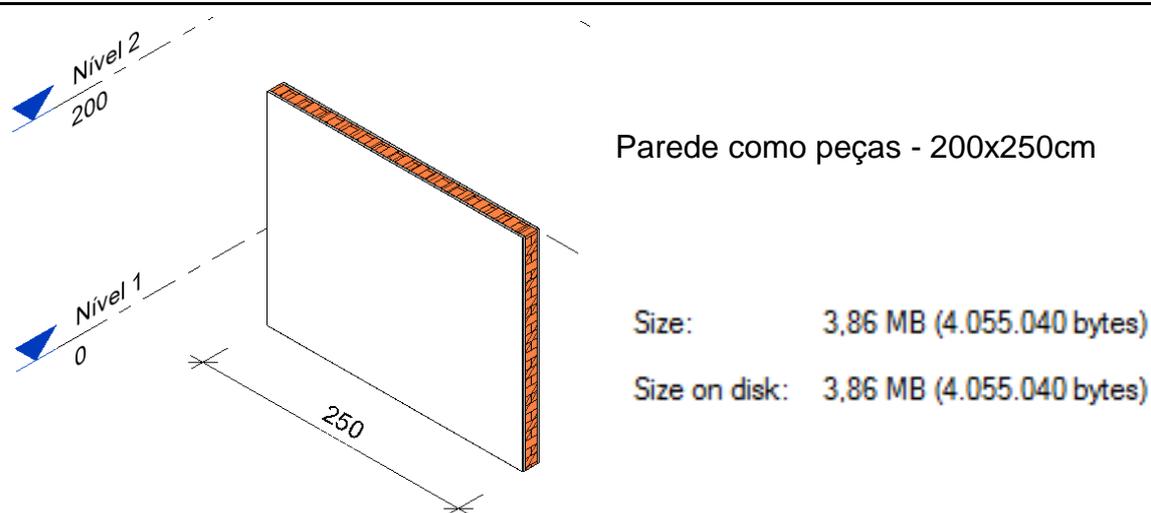
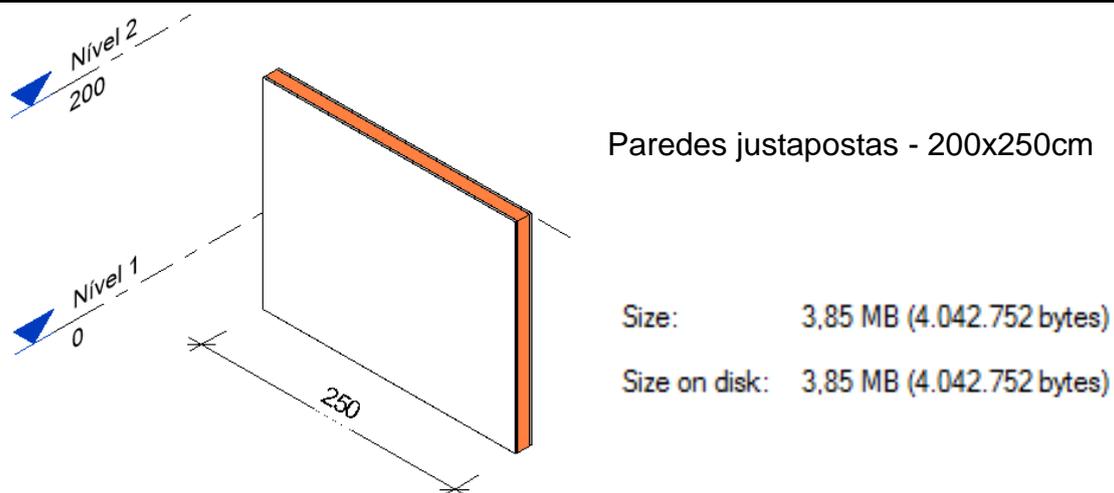
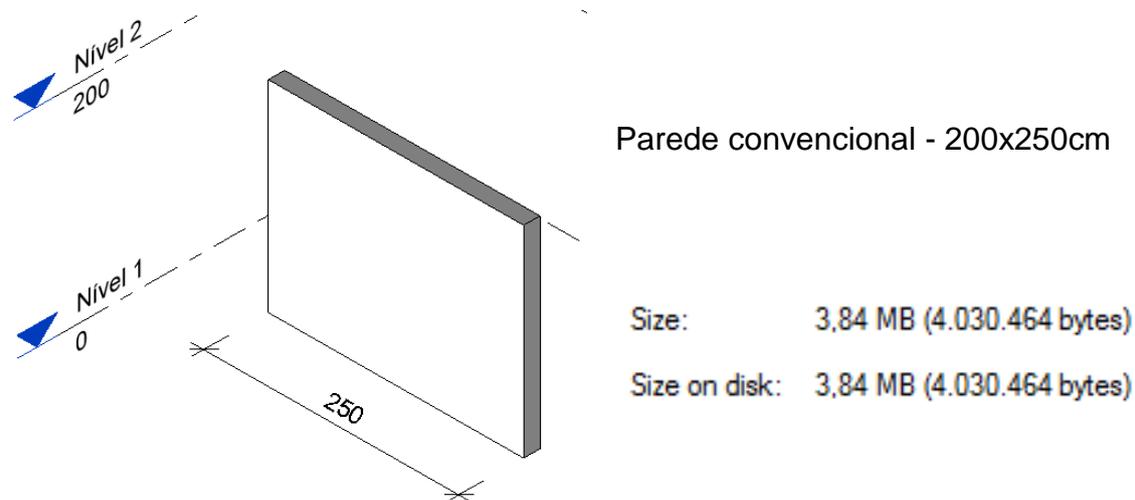
Figura 30 - Comparação do nível de detalhamento de paredes no *Revit*.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Deste modo, pode-se verificar que o modelo atingiu LOD 300 para os componentes de paredes, uma vez que, não se faz necessário o uso de parâmetros auxiliares para determinação das dimensões de cada camada. Entretanto, observa-se que não foram representados itens de detalhe, como vergas e contravergas, o que, segundo o *BIM Forum* (2019), enquadraria a modelagem de paredes como LOD 350.

Destarte, outro fator que deve ser observado, refere-se ao tamanho dos arquivos do modelo. Uma vez que, modelos completos e complexos, podem apresentar diversos sistemas construtivos, elementos e detalhes diferentes, a sua visualização e utilização pode ficar comprometida, dependendo da capacidade operacional do computador utilizado para manuseio dos arquivos.

Figura 31 - Comparação do tamanho dos arquivos, para diferentes métodos de modelagem de paredes no Revit.



Em complemento ao exposto, realizou-se uma análise acerca da diferença entre os arquivos para o pavimento tipo do empreendimento VLX, com e sem a criação de peças. Assim, observou-se um acréscimo no tamanho do arquivo gerado, proporcional à quantidade de informação acrescida ao criarem-se peças. Deste modo, verificou-se que o arquivo passou de 20,2MB para 23,6MB, ou seja, obteve um acréscimo de 16,8%.

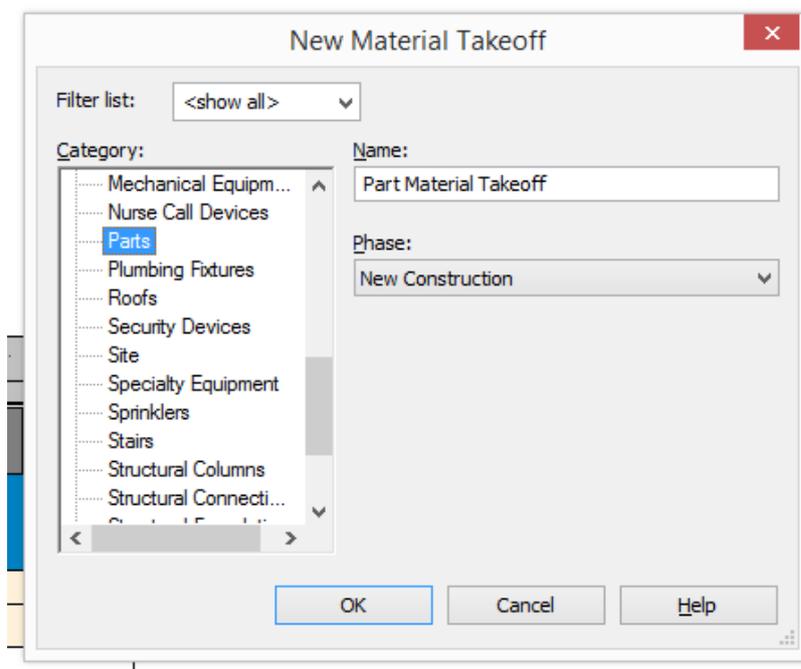
#### **4.2.2. Quantitativo de materiais**

Uma vez finalizado o processo de modelagem, bem como a integração dos materiais à estrutura analítica de projeto, tornou-se possível a extração de quantitativos para análises de consumo de materiais e custo produtivo.

Pelo fato de utilizar-se do recurso “Criar peças”, obtiveram-se elementos individuais para cada camada, possibilitando assim que a obtenção de quantitativos em ambos os *softwares*, *Revit* e *Navisworks*. Aqui, optou-se por extrair estes valores a partir do *Revit*.

Não obstante, deve-se ressaltar que, a utilização do comando supracitado resultou em algumas particularidades no processo de obtenção de quantitativos. Por terem sido criados novos elementos para cada camada de parede, a extração de dados de quantidade de materiais deve fazer referência a estes novos elementos. Do contrário, não estarão sendo considerados ou computados as alterações e ajustes realizados nas camadas individuais da parede. Deste modo, ao utilizar o comando de “Levantamento de material”, deve ser selecionada a categoria “Peças”, como referência de elementos, conforme mostrado na Figura 32.

Figura 32 - Janela de seleção da categoria para levantamento de materiais no Revit.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Consecutivamente, foram selecionadas informações pertinentes ao levantamento almejado, como nota-chave, nome e área do material, a serem utilizados como colunas da tabela. Ainda, fez-se necessária a aplicação de filtro para nota-chave, selecionando apenas o serviço ALVE (alvenaria) para exibição na tabela. Por fim, removeu-se o campo “itemizar cada instância”, uma vez que, objetivou-se realizar uma análise do pavimento como um todo. Como resultado, obteve-se uma tabela resumida, contendo os valores de área para cada serviço selecionado. Entretanto, ressalta-se que, para o cálculo de custo de materiais, deve ser considerado que uma parede de alvenaria possui, para cada bloco ou tijolo cerâmico, um determinado volume de argamassa de assentamento. Deste modo, faz-se necessária a manipulação dos resultados obtidos, realizando os devidos cálculos para a obtenção de resultados coerentes com a realidade.

Em vista disso, a partir dos dados conhecidos acerca da metodologia construtiva da empresa X, considerou-se que para cada tijolo cerâmico, houvera uma camada de argamassa de assentamento de 2 cm na horizontal, e 1,5 cm na vertical, e para cada bloco de concreto celular, uma camada de 2,5 cm tanto para a junta vertical, quanto para a junta horizontal. Assim, utilizou-se da equação (1), para a determinação do número de tijolos, ou blocos, por área de parede.

$$n = A \times \left( \frac{h_b \times l_b}{(h_b + a_h) \times (l_b + a_v)} \right) \quad (1)$$

Onde,

$n$  = número de blocos;

$A$  = Área de parede;

$h_b$  = altura do bloco;

$l_b$  = largura do bloco;

$a_h$  = espessura de argamassa na horizontal;

$a_v$  = espessura de argamassa na vertical.

Deste modo, elaborou-se a tabela 2, contendo as quantidades e custos de tijolos e blocos para o pavimento tipo, segundo informações de modelo extraídas diretamente do *Revit*.

Tabela 2 - Quantitativo de blocos do pavimento tipo 12, segundo informações do modelo.

Material	Área		Custo / 1000un	Custo Total
	Total (m <sup>2</sup> )	Número de blocos (un)		
Tijolo cerâmico 9x19x19 cm	342	7944	R\$350,00	R\$2.780,49
Tijolo cerâmico 11,5x19x19 cm	137	3182	R\$467,00	R\$1.486,16
Tijolo cerâmico 14x19x19 cm	234	5436	R\$594,00	R\$3.228,71
Tijolo cerâmico 19x19x19 cm	74	1719	R\$1.452,00	R\$2.495,89
Bloco celular 12,5x30x60 cm	57	274	R\$7.500,00	R\$2.056,28
<b>Total</b>				<b>R\$12.047,52</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

#### 4.2.3. Processo de integração BIM + *Prevision*

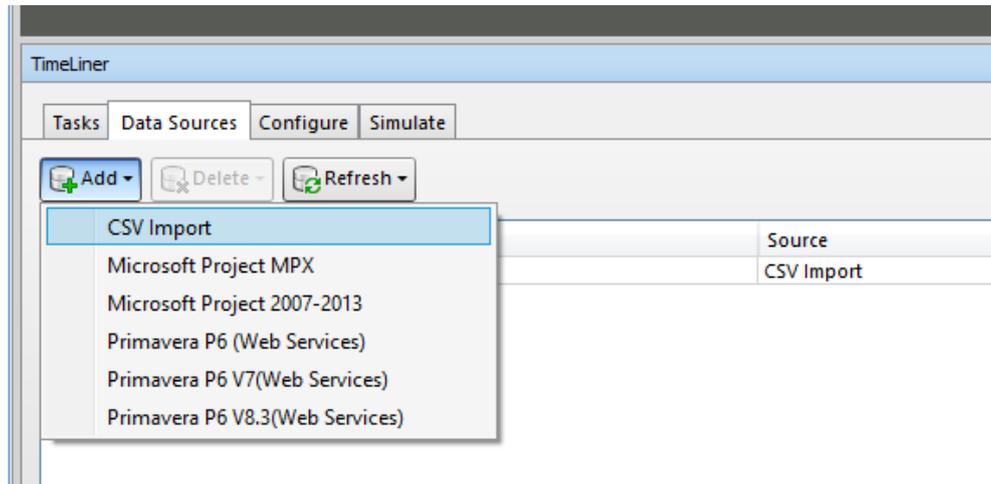
Com o modelo BIM devidamente preparado para receber as informações de planejamento do *Prevision*, estabeleceu-se um processo de integração entre ambos. Deste modo, torna-se possível desenvolver um fluxo de trabalho padronizado, para que ocorra a correta comunicação dos dados existentes, de modo assertivo e, ao mesmo tempo, eficiente.

Uma vez lidando com grande volume de informações, seja no âmbito do modelo, ou do planejamento e orçamento de obras, a adoção e execução de uma rotina de trabalho padronizada pode auxiliar na identificação de eventuais falhas, sejam estas, erros de modelagem, concepção do modelo, problemas de planejamento ou até mesmo inconsistências no que tange à adequação à metodologia BIM 5D.

Neste sentido, encontram-se algumas etapas operacionais que devem ser executadas, para adequação entre o formato de saída dos dados de um sistema, ao formato aceitável pelo outro. Primeiramente deve-se realizar a exportação dos dados do *App Prevision*. Entretanto, esta ferramenta permite apenas a exportação no formato *.xlsx*, enquanto o *software Navisworks*, recebe informações em formatos *.mpp* ou *.csv*. Outro ponto importante trata da identificação das atividades. O *Prevision* exporta os dados, segmentando as atividades com um campo para pavimento e outro para o tipo de serviço, o que difere do *Navisworks*, que permite apenas o recebimento do nome da atividade.

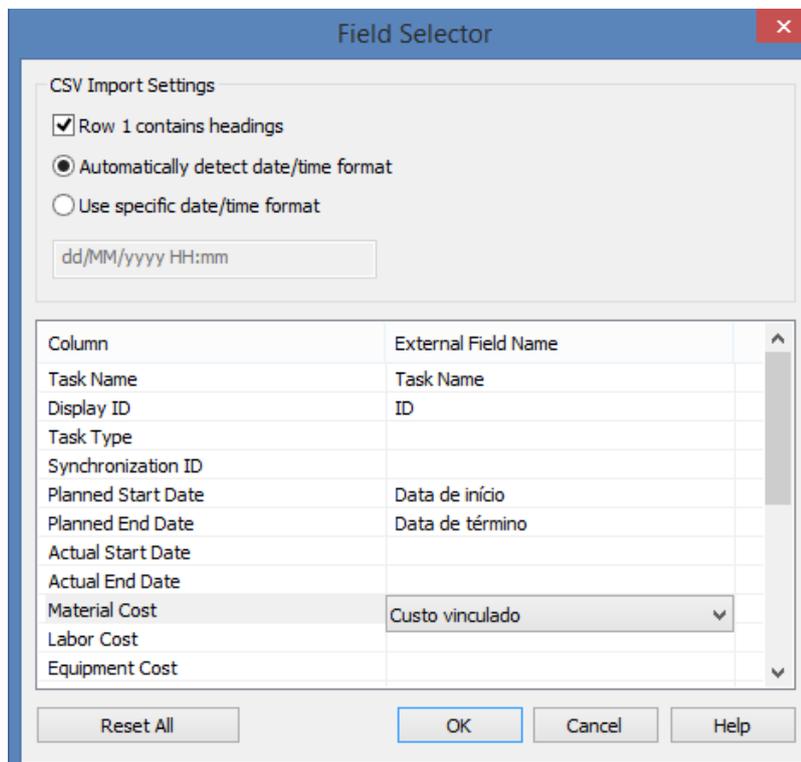
Assim, fez-se necessária a utilização de recursos auxiliares para manipulação dos dados obtidos pela opção de exportação do *Prevision*. As informações de pavimento e serviço foram concatenadas, criando-se um nome para a atividade no padrão “Código do serviço - Pavimento”, unificando-se duas colunas em uma. Deste modo, não há perda de informação, além de auxiliar em etapas posteriores do processo de integração. Por conseguinte, a planilha deve ser organizada de modo a conter apenas os cabeçalhos, na primeira linha, e somente informações interpretáveis pelo *Navisworks*, como *ID*, nome da atividade, data de início, data de término e custo vinculado. Por fim, a planilha deve ser salva como arquivo no formato *.csv*.

Sequencialmente, preparadas as informações, estas devem ser inseridas dentro do *Navisworks*, juntamente ao modelo elaborado. Para tal, deve-se importar os dados a partir do recurso “*CSV Import*”, disponível no botão “*Add*”, da opção “*Data Sources*”, do menu “*Timeline*”, conforme exposto na Figura 33.

Figura 33 - Janela de importação de dados do *Navisworks*.

Fonte: Compilação do Autor (2019).

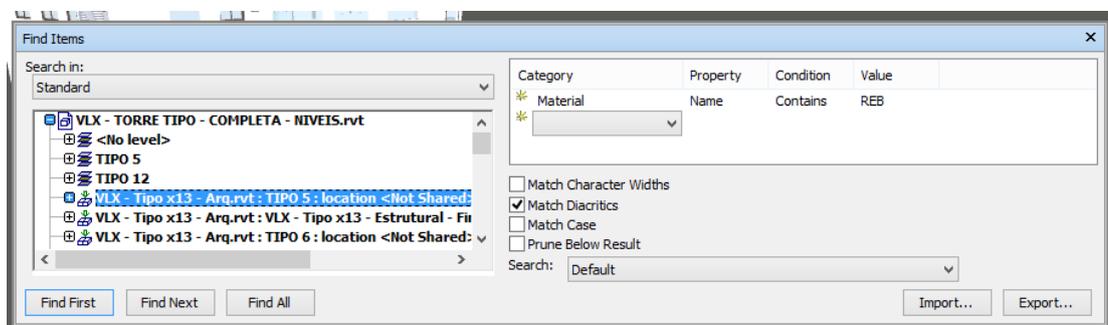
Posteriormente, devem ser atribuídas as informações do arquivo .csv, aos devidos campos de planejamento do *Navisworks*, para que o *software* consiga interpretar a que se refere cada coluna de dados, através da janela “*Field Selector*”, conforme ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Janela de seleção de campos do *Navisworks*.

Fonte: Compilação do Autor (2019).

Consecutivamente, estas informações inseridas precisam ser vinculadas aos correspondentes elementos existentes no modelo. Deste modo, utilizou-se da ferramenta “Sets”, em conjunto com a ferramenta “Find Items”, para criar seleções correspondentes a cada serviço descrito no planejamento. Para a realização destes filtros, de maneira adequada, selecionou-se o pavimento a ser pesquisado, escolhendo categorias que representassem os materiais do serviço a ser salvo como seleção de “Set”, bem como inserindo informações suficientes para que a busca encontrasse apenas os elementos desejados. Deste modo, para encontrar os elementos que representassem o serviço de reboco do pavimento tipo 5, por exemplo, fôra selecionado o pavimento em questão, selecionada a categoria do tipo “Materials”, propriedade “Name”, com a condição de conter a palavra “REB”. Posteriormente, selecionou-se a opção “Find All”, para encontrar todos os itens referentes à descrição, e criou-se um novo “Set”, a partir da seleção, com o nome seguindo a mesma lógica dos nomes de atividades do planejamento.

Figura 35 - Janela de busca de elementos do *Navisworks*.



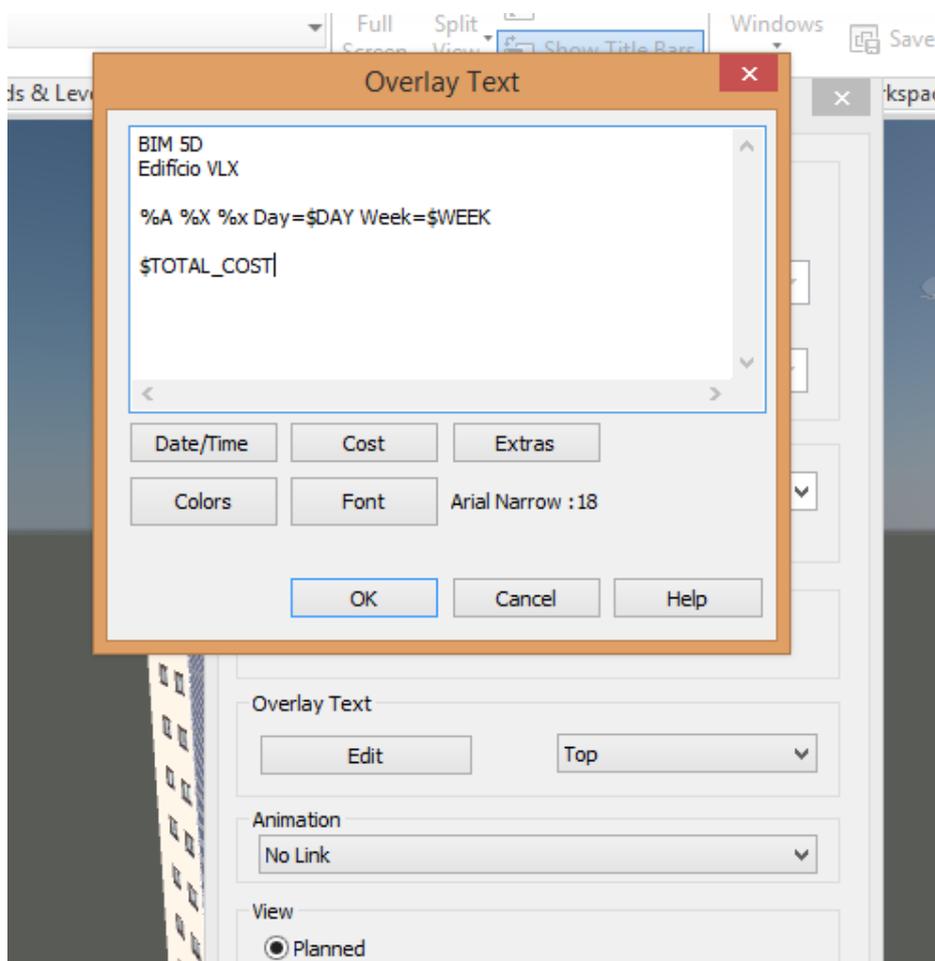
Fonte: Compilação do Autor (2019).

Por fim, concluindo-se a etapa de criação dos “Sets”, estes devem ser atribuídos às respectivas atividades do planejamento. Este procedimento pode ser feito de maneira automatizada, uma vez que, os sets criados e os serviços importados possuem a mesma estrutura de nome. Assim, faz-se possível utilizar o recurso “Auto Attach Using Rules”, para estabelecer quais sets estão anexos a quais atividades, com base em algumas regras existentes. Neste caso, a regra determinada foi de mapear tarefas da linha do tempo da coluna “Name” para os sets

de seleção com o mesmo nome, ignorando-se a diferenciação entre letras maiúsculas e minúsculas.

Concluindo-se o processo de comunicação entre os dados e o modelo, realizou-se a configuração da visualização da janela de simulação 5D, para que fossem exibidas as informações desejadas. Assim, através do menu “*Simulate*”, na opção “*Settings*”, fez-se a configuração da sobreposição de texto, na seção denominada “*Overlay Text*”.

Figura 36 - Edição de sobreposição de texto no *Navisworks*.



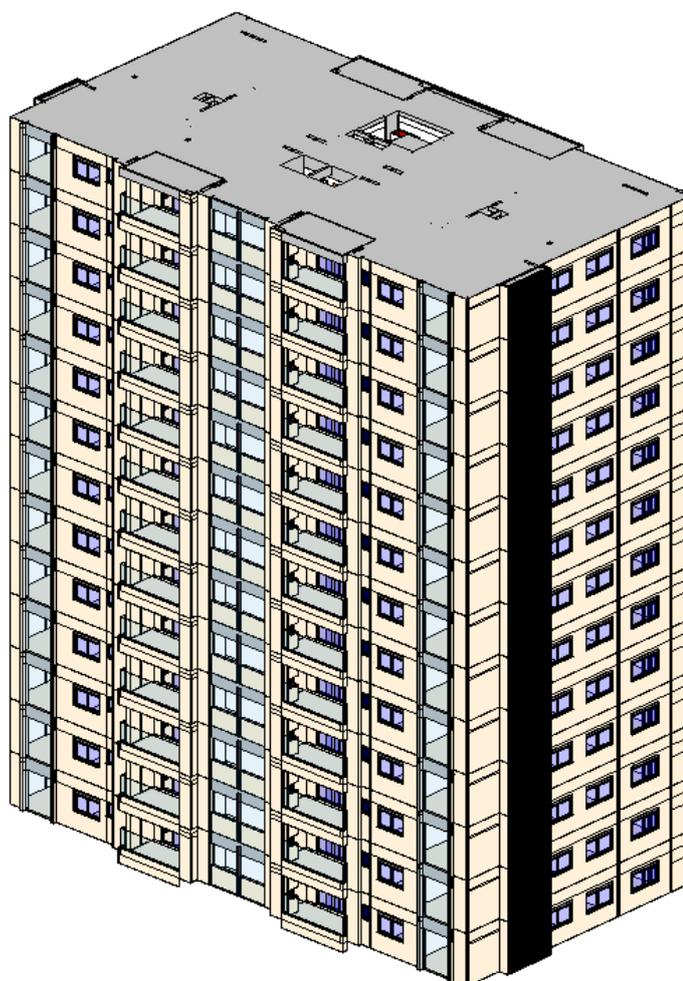
Fonte: Compilação do Autor (2019).

Deste modo, foram inseridas informações referentes ao custo acumulado, data, além de um cabeçalho de texto fixo. Ainda, faz-se possível inserir informações como percentual do planejamento, serviços ativos e entre outras dados relacionados ao planejamento e custo de obras.

#### 4.2.4. Modelo 3D

Para que fosse possível determinar o fluxo de trabalho de implantação da modelagem BIM 5D, fez-se necessária a existência de um modelo inicial, contendo informações mínimas relevantes, para que servisse como objeto de estudo. Assim, obteve-se um modelo 3D, onde foi possível trabalhar com as informações existentes, provendo o amadurecimento do mesmo, até que se atingisse o resultado final almejado.

Figura 37 - Modelo 3D para a unidade de repetição.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

#### **4.2.5. Modelo 4D**

Em função de as informações provenientes do *App Prevision* já estarem compostas com os valores de custo e data de execução, após a criação e atribuição dos *sets* às tarefas, obteve-se um modelo final já caracterizado como 5D. Deste modo, não se fez necessária a existência de uma etapa intermediária, entre o modelo 3D e a implantação final 5D.

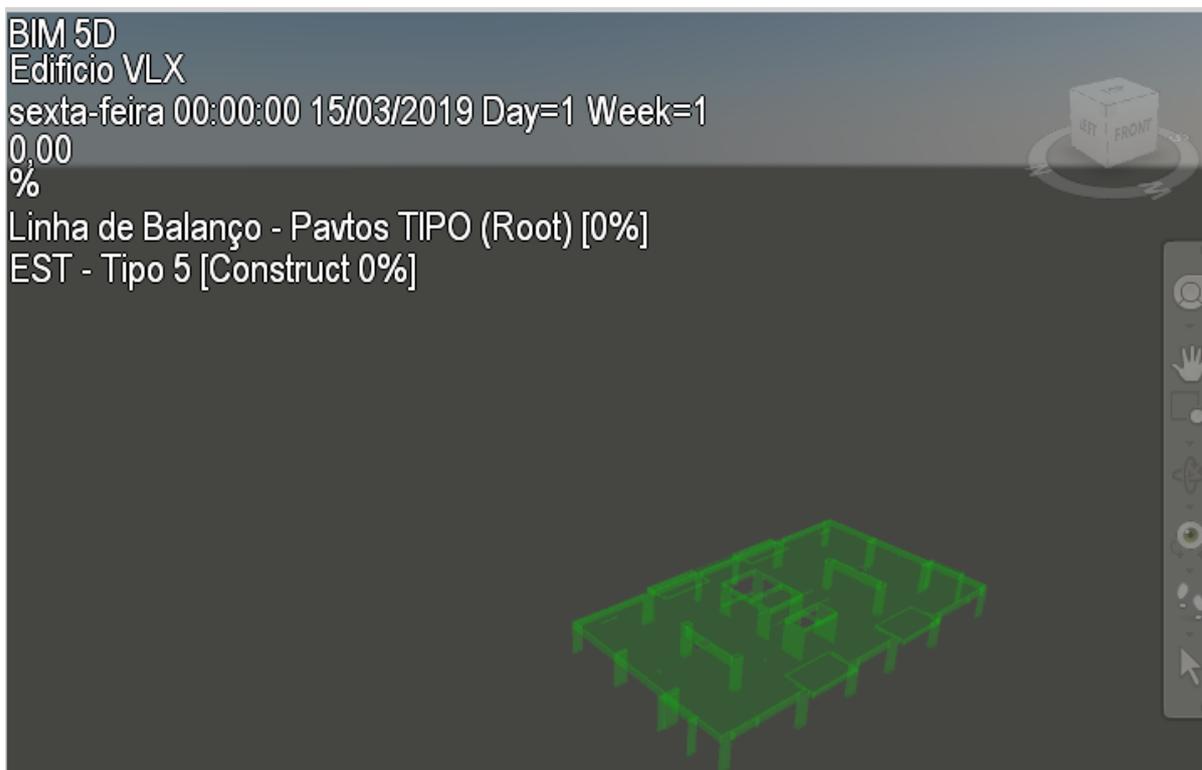
#### **4.2.6. Modelo 5D**

Após a conclusão do processo de integração BIM + *Prevision*, obteve-se um modelo 5D para a unidade de repetição, pronto para ser integrado à rotina de gestão da empresa.

Assim, torna-se possível realizar o acompanhamento de avanço físico, bem como fluxo de caixa, análise de inconsistências de projeto, análise de incompatibilidades e interferências, e preparação para atividades futuras a serem realizadas, diretamente a partir do modelo BIM 5D implantado, deste modo, integrando a metodologia BIM às rotinas de tomada de decisão.

Isto posto, verifica-se a seguir, algumas imagens extraídas diretamente do resultado final 5D, contendo informações de atividades em andamento, percentual executado e data, para as unidades de repetição, com intervalos trimestrais, conforme figuras 38 a 48.

Figura 38 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2019.



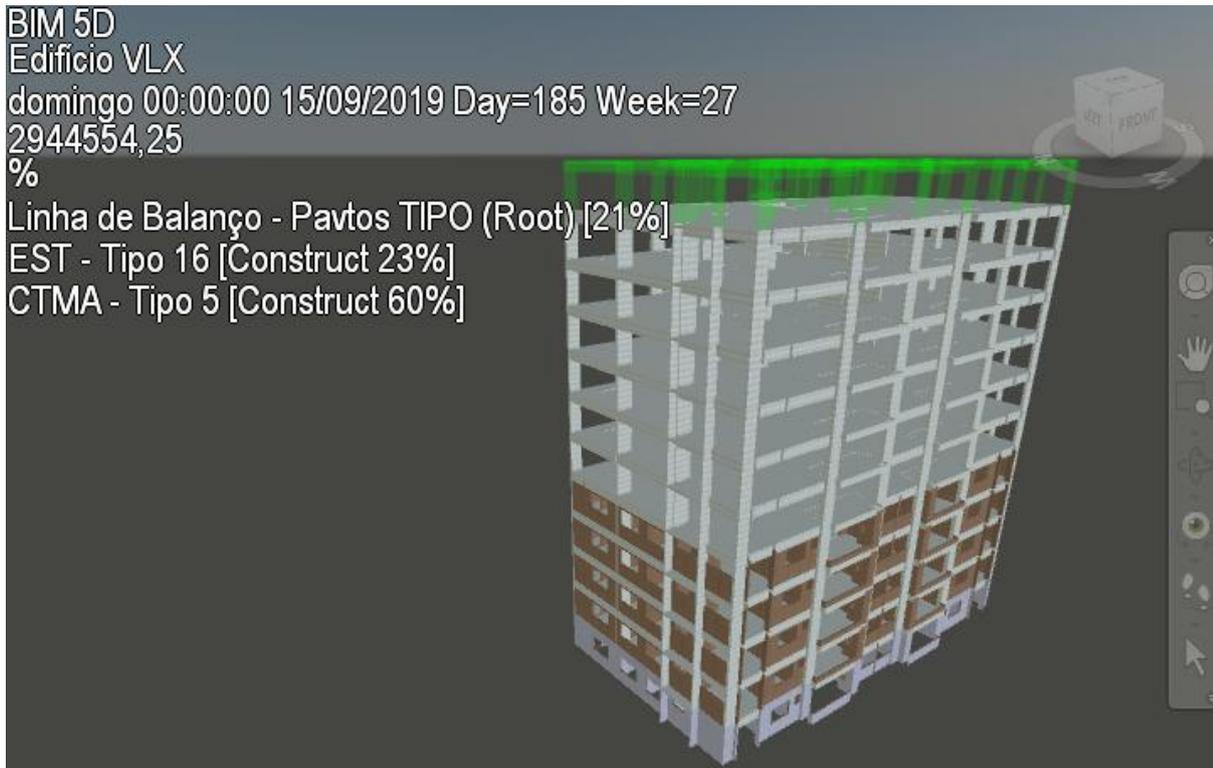
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 39 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2019.



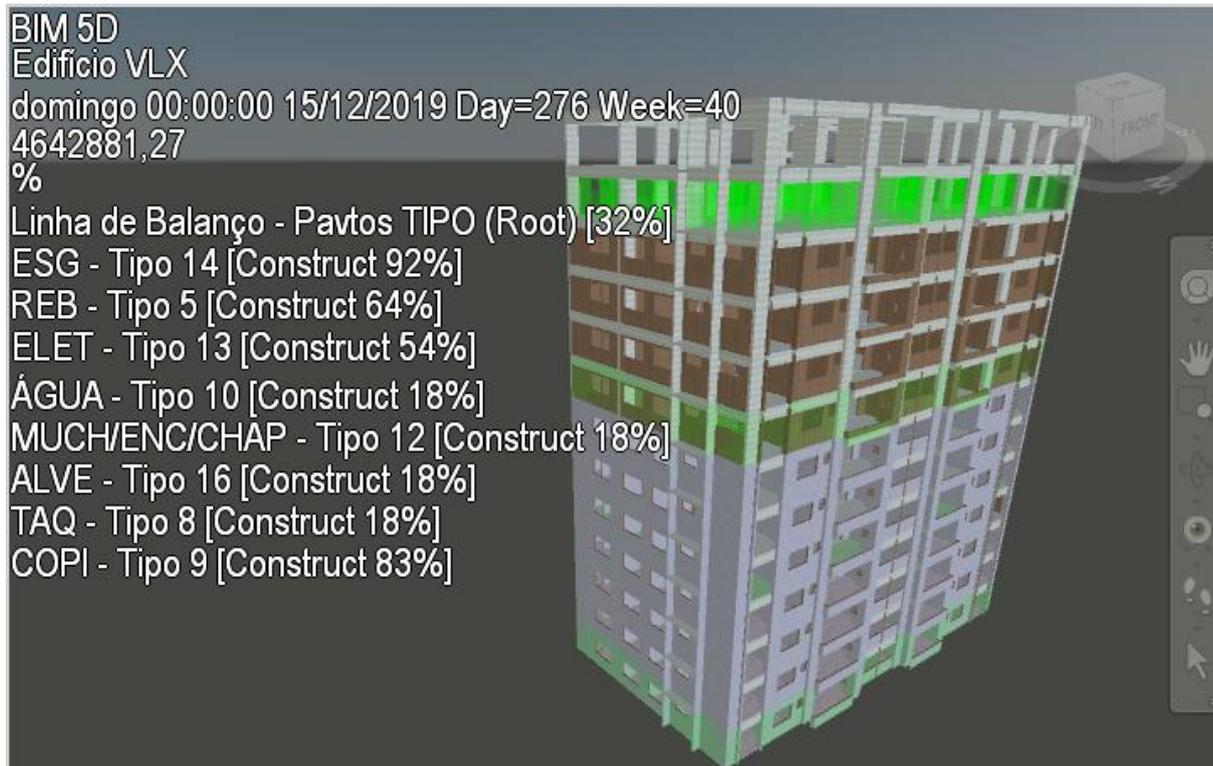
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 40 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2019.



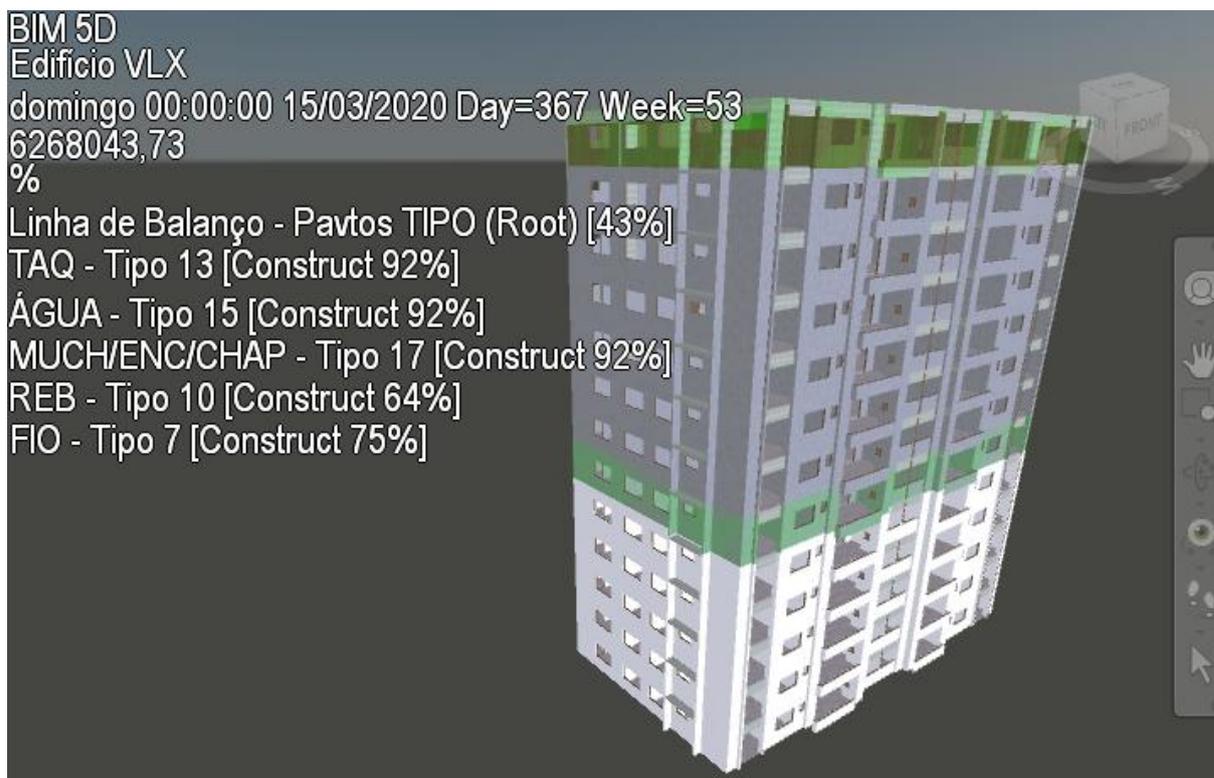
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 41 - Modelo 5D para o 1º trimestre de 2020.



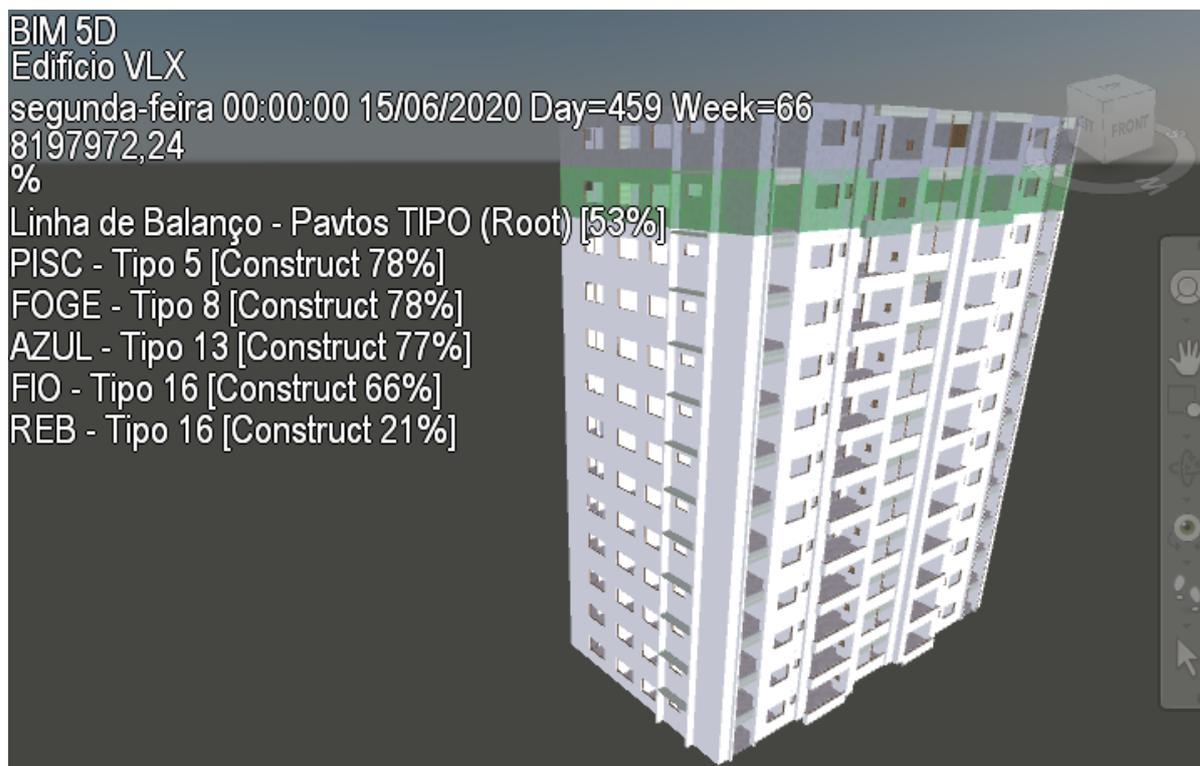
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 42 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2020.



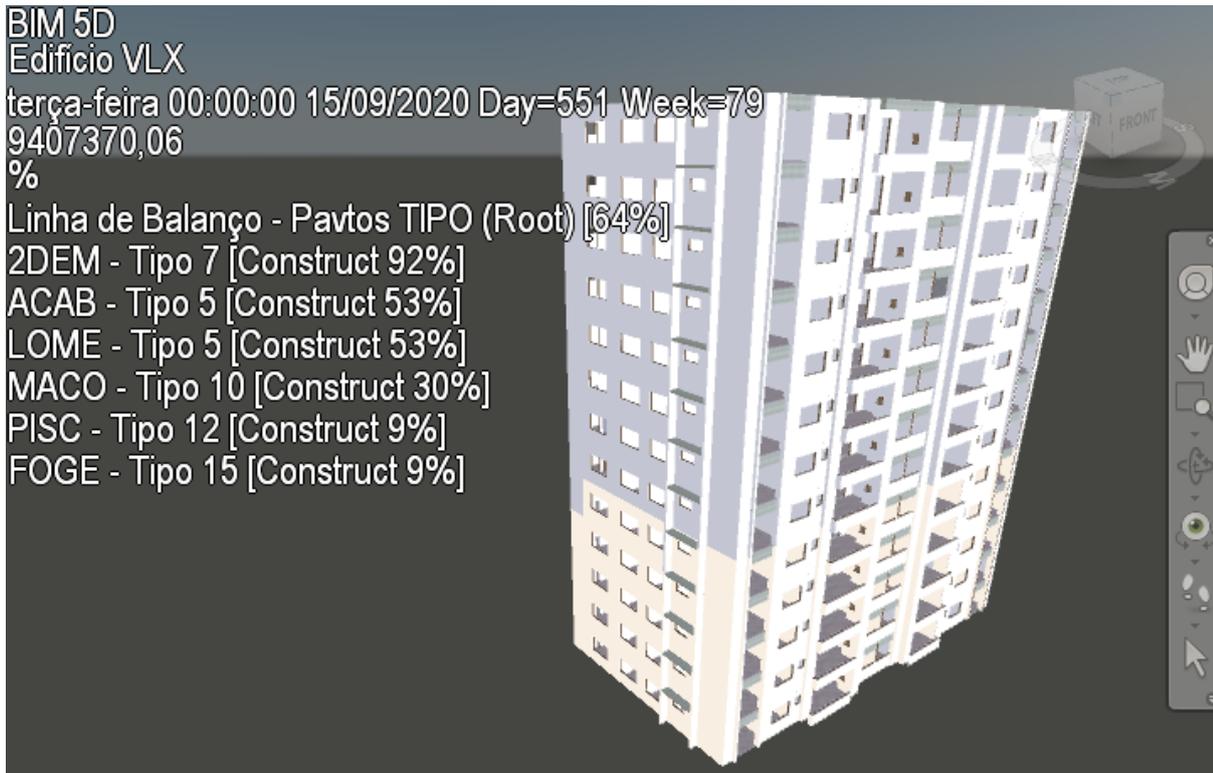
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 43 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2020.



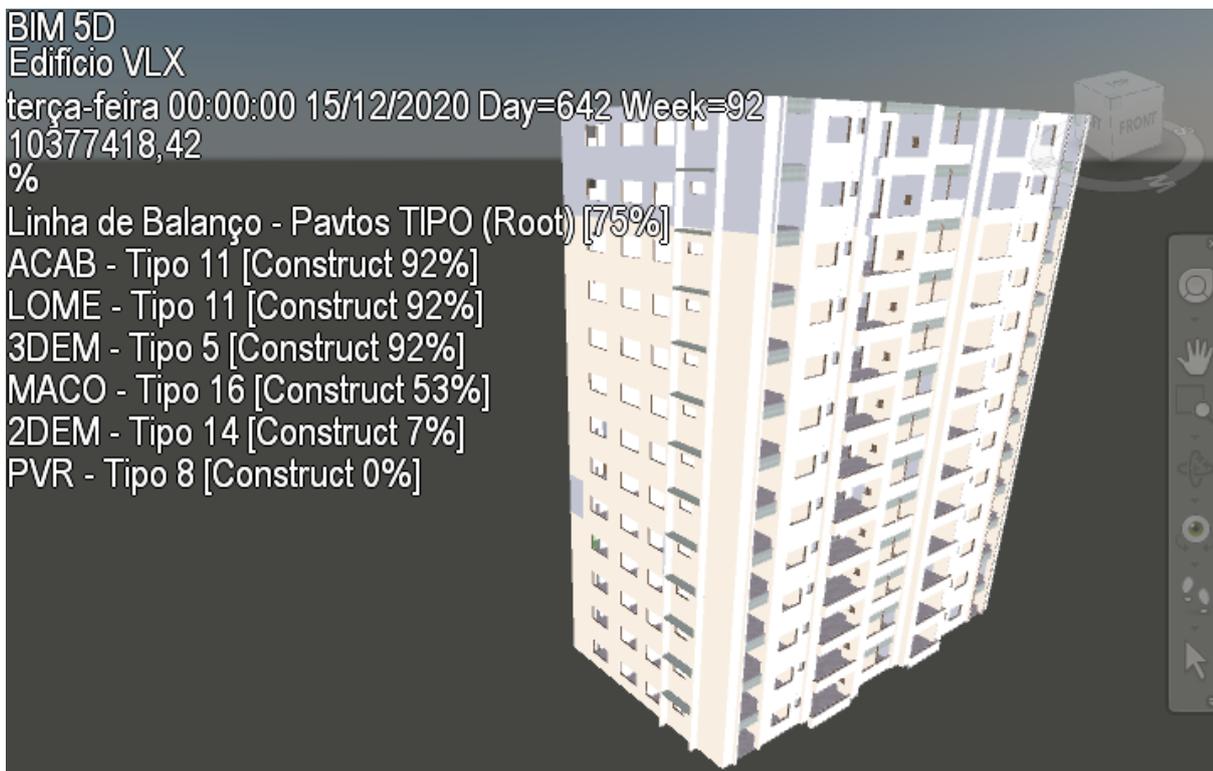
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 44 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2020.



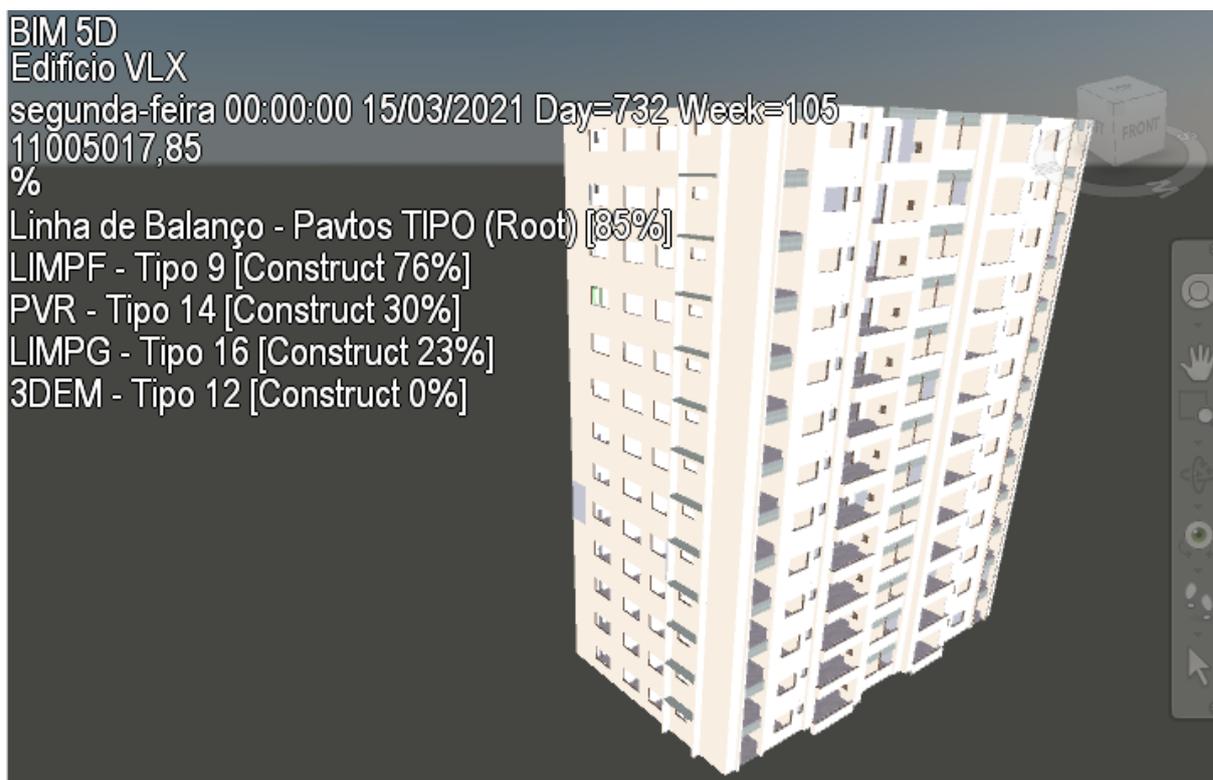
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 45 - Modelo 5D para o 1º trimestre de 2021.



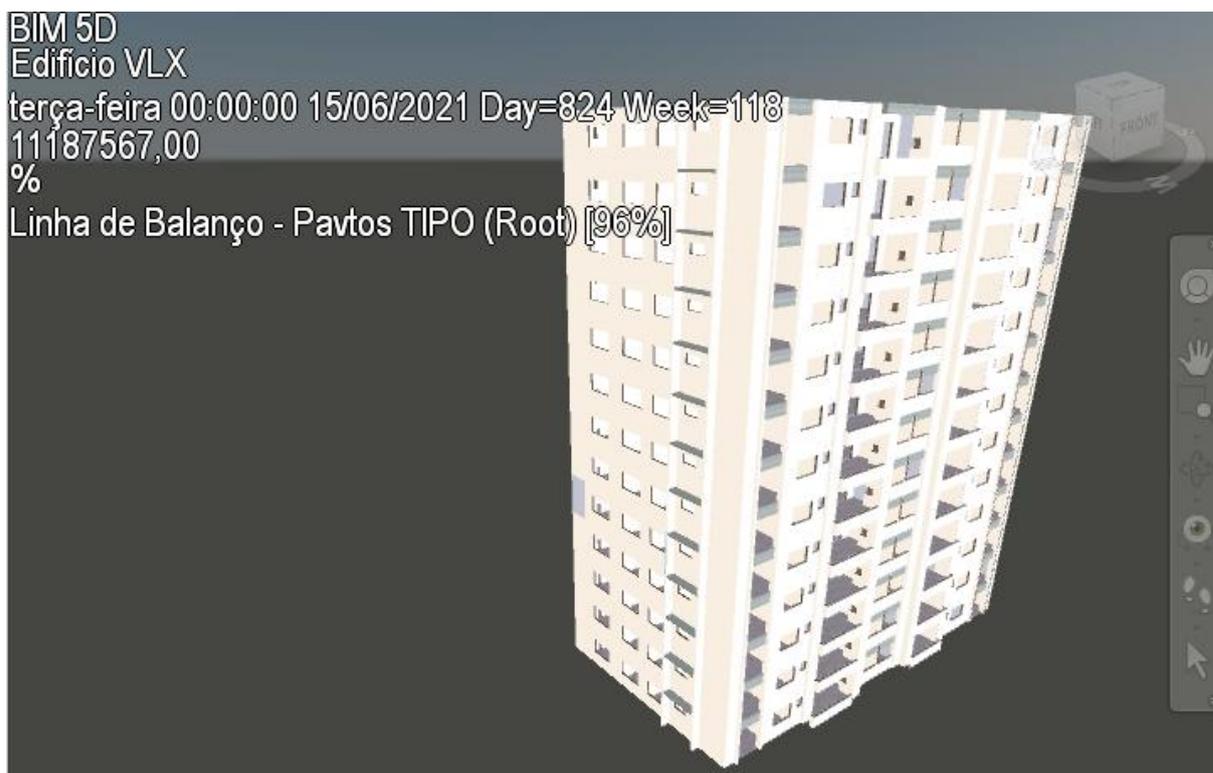
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 46 - Modelo 5D para o 2º trimestre de 2021.



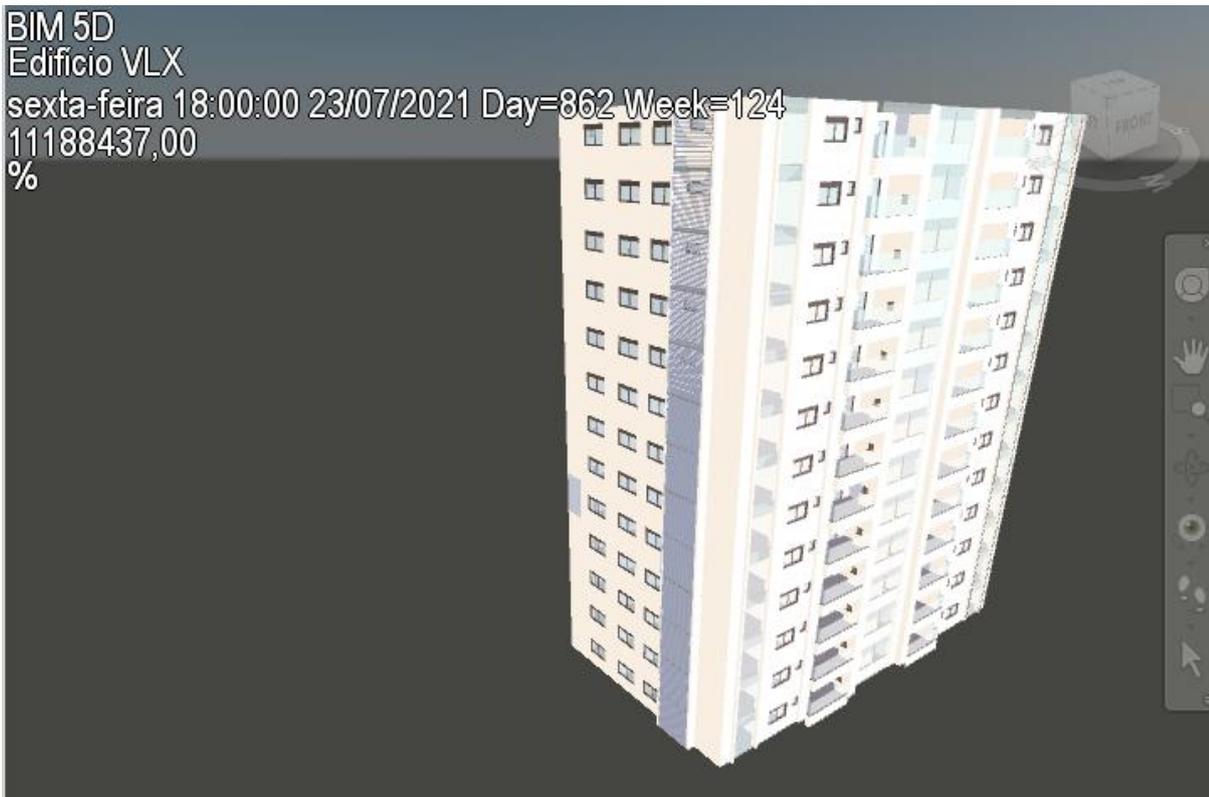
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 47 - Modelo 5D para o 3º trimestre de 2021.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Figura 48 - Modelo 5D para o 4º trimestre de 2021.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

#### 4.3. LEVANTAMENTO DO CONSUMO REAL DE BLOCOS EM OBRA

A partir do controle de consumo de materiais para execução do serviço de alvenaria, no pavimento tipo 12, possibilitou-se calcular o valor gasto em tijolos cerâmicos e blocos de concreto celular, para a execução de uma unidade de repetição. Consecutivamente, propiciou-se realizar uma análise comparativa entre os valores obtidos, através da extração do quantitativo em BIM, e do orçamento atual existente na construtora. Deste modo, elaborou-se uma tabela, contendo o consumo total final, em unidades e em R\$, conforme demonstrado a seguir pela tabela 3.

Tabela 3 - Quantitativo e custo de blocos de tijolo, segundo informações do modelo, para o pavimento em estudo.

<b>Material</b>	<b>R\$/1000un</b>	<b>Consumo Total</b>	<b>Custo Total</b>
Tijolo cerâmico 9x19x19 cm	R\$350,00	7.883 un.	R\$2.759,05
Tijolo cerâmico 11,5x19x19 cm	R\$467,00	1.623 un.	R\$757,94
Tijolo cerâmico 14x19x19 cm	R\$594,00	6.700 un.	R\$3.979,80
Tijolo cerâmico 19x19x19 cm	R\$1.452,00	1.434 un.	R\$2.082,17
Tijolo cerâmico 14x19x29cm (canaleta)	R\$1.350,00	99 un.	R\$133,65
Bloco celular 12,5x30x60 cm	R\$7.500,00	270 un.	R\$2.025,00
<b>Total</b>			<b>R\$11.737,61</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Ainda, observa-se que não foram levantados os custos referentes a outros materiais utilizados na alvenaria, como argamassa ou telas eletrosoldadas, dentro da execução do serviço de alvenaria, tampouco em outros serviços além deste, uma vez que, a realização deste levantamento foi estipulado apenas para validação da precisão da metodologia de modelagem de paredes proposta pelo presente estudo, bem como verificar a viabilidade de uma possível implantação do BIM 5D na empresa X.

#### 4.4. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Provendo-se das informações referentes ao orçamento para a execução do serviço de alvenaria, bem como do quantitativo de materiais e do levantamento de consumo em obra, realizou-se uma análise acerca destes, com o intuito de verificar a precisão de modelagem, tal qual eventuais benefícios oriundos da implantação de um modelo BIM na empresa X.

Deste modo, filtraram-se informações do orçamento existente, a fim de selecionar apenas o custo de materiais (tijolos cerâmicos e blocos celulares), para o pavimento tipo do objeto de estudo. Consecutivamente, demonstra-se na tabela 4, a diferença presente entre os resultados obtidos.

Tabela 4 - Comparativo de custo de material gasto em obra e extraído do modelo.

Material	Obra (referência)	Revit		Orçamento	
		R\$	%	R\$	%
Tijolo cerâmico 9x19x19 cm	R\$ 2.759,05	R\$2.780,49	0,78%	-	-
Tijolo cerâmico 11,5x19x19 cm	R\$ 757,94	R\$1.486,16	96,08%	-	-
Tijolo cerâmico 14x19x19 cm	R\$ 3.979,80	R\$3.228,71	-18,87%	-	-
Tijolo cerâmico 19x19x19 cm	R\$ 2.082,17	R\$2.495,89	19,87%	-	-
Tijolo cerâmico 14x19x29cm	R\$ 133,65	-	-	-	-
Bloco celular 12,5x30x60 cm	R\$ 2.025,00	R\$2.056,28	1,54%	-	-
<b>Total</b>	<b>R\$ 11.737,61</b>	<b>R\$12.047,52</b>	<b>2,64%</b>	<b>R\$ 15.511,86</b>	<b>32,16%</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

A partir dos dados obtidos, faz-se possível verificar que existem diferenças consideráveis entre o consumo real de alvenarias e os valores de levantamento de quantitativos. Ainda, percebe-se que o modelo BIM demonstrou ser mais assertivo, quando comparado com a metodologia atual de parametrização com base em dados históricos. Percebe-se que o modelo BIM apresentou diferença de 2,64% do custo medido em obra, enquanto o orçamento paramétrico<sup>14</sup> apresentou um desvio superior, de 32,16%. Deste modo, valida-se a necessidade de implantação do BIM na empresa X, uma vez que há uma defasagem de 29,52% entre os custos planejados e levantados pelo quantitativo BIM, para o material de blocos cerâmicos e de concreto celular.

#### 4.5. FLUXOGRAMAS SUGERIDOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM 5D NA EMPRESA

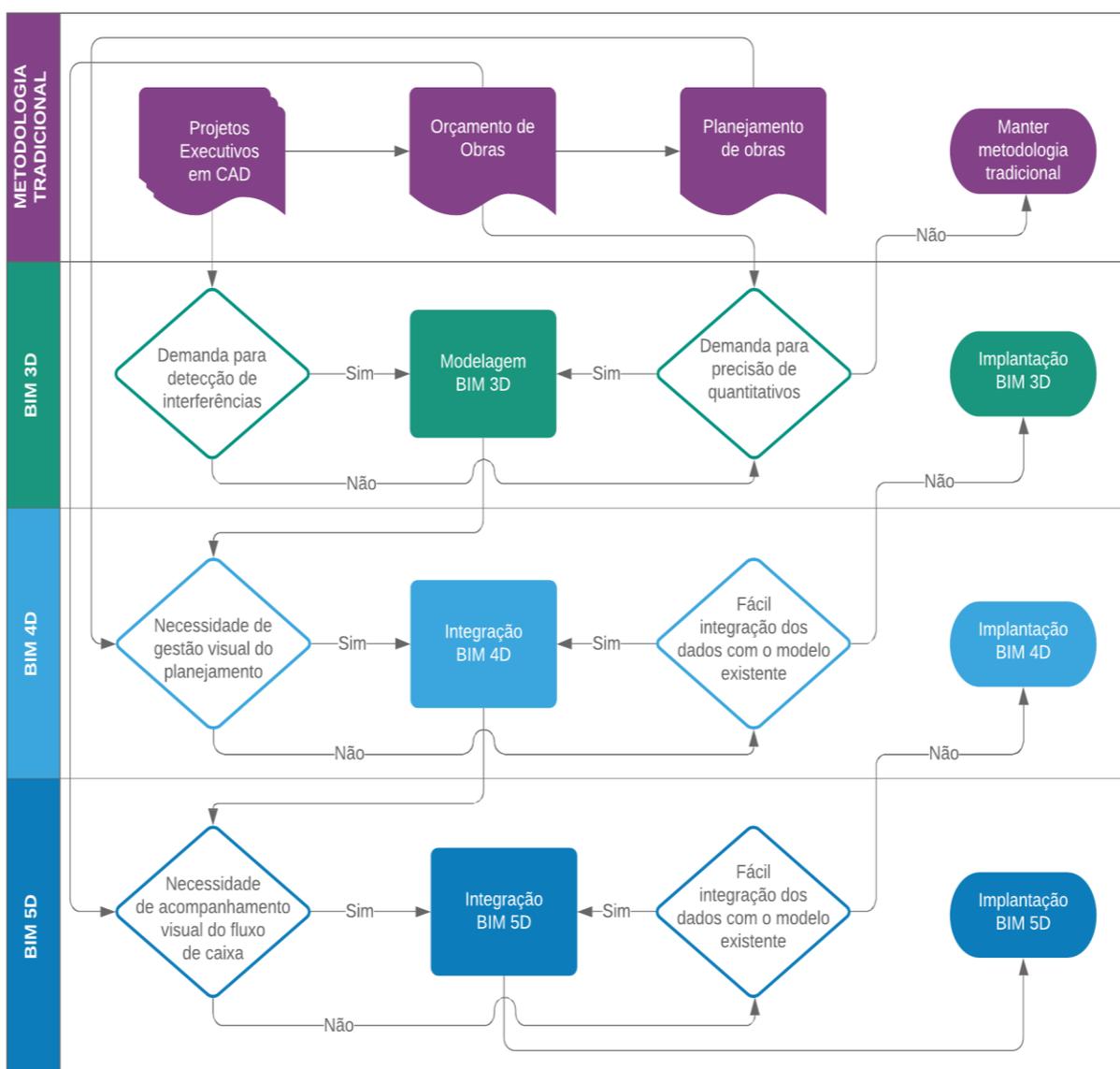
Com base nos procedimentos adotados e desenvolvidos para a elaboração e obtenção do modelo BIM 5D para a unidade de repetição, estabeleceu-se um fluxo de trabalho, como forma de sugestão à empresa para a implantação do BIM integrado à metodologia de linha de balanço, bem como a validação de sua

<sup>14</sup> Tipo de orçamento realizado com base em índices paramétricos, obtidos a partir de dados históricos da empresa, tendo como referência o Custo Unitário Básico (CUB). Estes dados e parâmetros não serão apresentados, por motivos de sigilo.

utilização. Ainda, dentro deste processo principal, estabeleceram-se três sub-etapas, responsáveis por desenvolver os principais procedimentos ora apresentados.

Primeiramente, deve ser verificada a necessidade de implantação do mesmo, bem como a sua viabilidade, uma vez que, o processo de modelagem, principalmente na falta de experiência e padrões pré-estabelecidos, pode se tornar bastante oneroso, consumindo tempo e recursos importantes para uma gestão eficiente. Deste modo, elaborou-se um fluxograma de validação da implantação BIM, partindo do cenário atual da empresa, onde os projetos são elaborados por terceiros, no formato CAD.

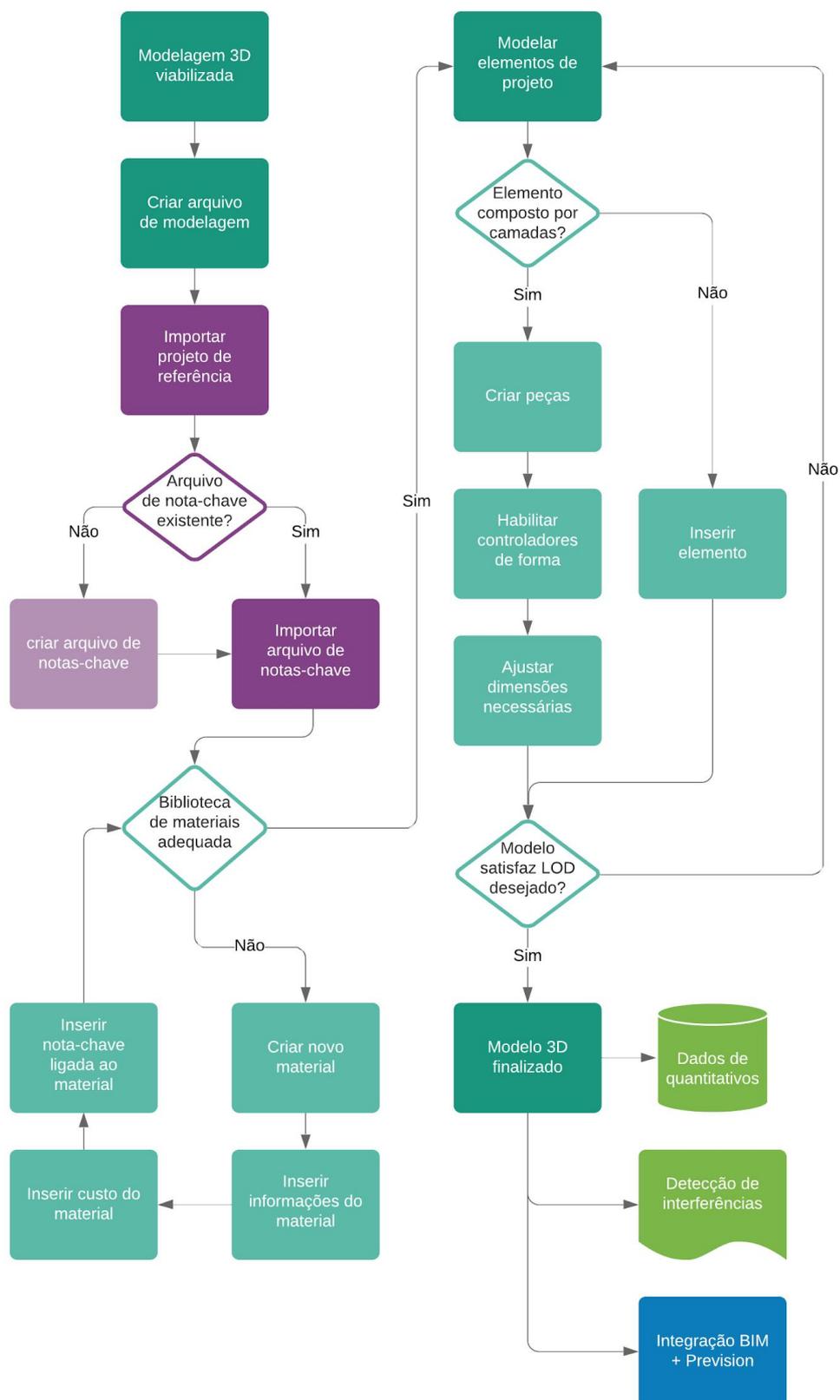
Figura 49 – Viabilização e validação da implantação BIM.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

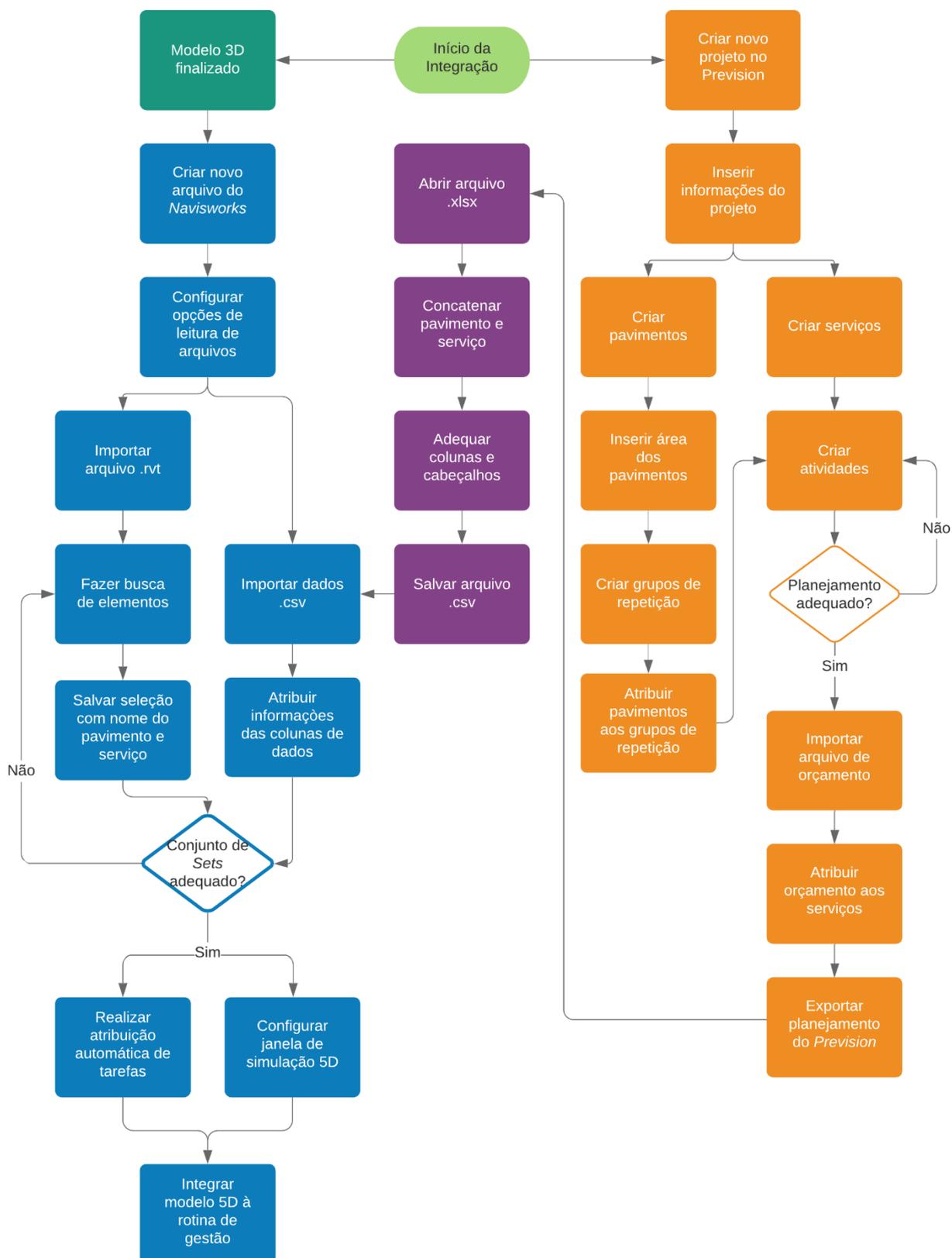
Subsequentemente, para que o processo de obtenção final do modelo 5D ocorra de maneira ágil e eficiente, devem ser observadas algumas considerações importantes durante o processo de modelagem, requerendo que algumas informações específicas já estejam em consonância com este objetivo final desde os processos iniciais, antes mesmo da inserção dos primeiros objetos no modelo, como na etapa de preparação do mesmo. Deste modo, estruturou-se um processo padrão para modelagem BIM 3D, com etapas estruturadas de modo a facilitar a integração 5D.

Figura 50 - Processo de modelagem BIM 3D.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Posteriormente, deve-se realizar a integração final entre os dados de planejamento e orçamento, e o modelo 3D, para que seja possível escaloná-lo à esfera do BIM 5D, obtendo-se uma ferramenta visual de gestão estratégica. Estes procedimentos são apresentados a seguir, a partir do fluxograma “Integração BIM + *Prevision*”, exibido Figura 51.

Figura 51 - Integração BIM + *Prevision*.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Entretanto, percebe-se que, no caso de necessidade de realização do balanceamento de recursos ou equipes, o *software Prevision* ainda não dispõe de recursos suficientes para tal. Neste caso, seria necessário realizar este procedimento com uso de um sistema auxiliar. Ainda, verifica-se que foi possível obter um procedimento relativamente simples de integração dos dados, através de alguns itens essenciais, como: planejamento em LOB, utilização de notas-chave, segmentação de camadas a partir do comando “criar peças”, mesma lista de serviços na nota-chave utilizada e no planejamento, filtro automático de “sets” e vinculação automática dos “sets” aos dados de planejamento e custo.

## 5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo tem como finalidade apresentar as conclusões resultantes da elaboração do presente trabalho de conclusão de curso, bem como trazer considerações finais e sugestões para outros trabalhos que venham a ser realizados futuramente, englobando objetivos e tópicos relacionados a este.

### 5.1. CONCLUSÕES

O objetivo do presente TCC, de propor um método para o desenvolvimento do modelo 5D de uma edificação residencial multifamiliar foi atingido, uma vez que foi possível compreender o processo de modelagem e determinar um conjunto de fluxogramas acerca da implantação do BIM 5D, com base nos padrões de projeto e planejamento adotados pela empresa X.

Deste modo, foi possível compreender as necessidades de modelagem vinculadas à EAP e a estrutura de planejamento da unidade de repetição, integrando os padrões adotados diretamente nas informações existentes no modelo 3D, fazendo-se isto através do recurso “notas-chave”, dentro do *software Revit*. Ainda, a partir das dificuldades existentes para modelagem das diversas camadas que compõem uma parede, tornou-se possível encontrar uma metodologia de modelagem, através do recurso “criar peças”, demonstrando ser relativamente ágil, sem a necessidade de repetição ostensiva de comandos operacionais no *software Revit*.

Ainda, ao realizar uma comparação direta, acerca do consumo de material para os blocos cerâmicos e de concreto celular, foi possível compreender a importância de modelos da construção para a obtenção de dados com maior precisão, uma vez que, o orçamento realizado a partir dos dados do modelo, para os blocos, obteve maior assertividade em relação ao orçamento paramétrico existente.

Entretanto, também verificou-se que, mesmo com a utilização do BIM, ainda podem haver diferenças consideráveis para os quantitativos e custos de materiais, quando comparado à realidade do canteiro de obras. Estas diferenças podem ser justificadas por diversos fatores, como o nível de desenvolvimento adotado no modelo, que não considerou vergas e contravergas, ou eventuais desvios ou erros de execução de obra, uma vez que a elevada quantidade de paredes com blocos de

espessuras diferentes pode acarretar em confusão e problemas para a mão de obra que irá executar o serviço. Por fim, percebe-se também que, em função do LOD adotado, o cálculo do número de blocos deve ser realizado em função da área de parede, o que acaba por não considerar a incidência da amarração entre blocos.

Subsequentemente, após identificado e validado o potencial de melhoria ofertado pela metodologia BIM, acerca da situação atual de planejamento e orçamento da empresa, foi possível identificar como utilizar a plataforma *Prevision* para estabelecer um planejamento em LOB, utilizável, de maneira simples e direta, como fonte de dados para a implantação da esfera 5D ao modelo criado.

Por fim, a partir da utilização do *software Navisworks*, foi possível integrar os dados de custo e planejamento, aos dados do modelo, também realizando um procedimento de identificação das etapas deste processo, com o intuito de estabelecer um fluxograma que possa ser utilizado como referência para aplicações futuras, no tocante à obtenção de um modelo 5D para empreendimentos compostos por pavimentos tipo.

## 5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a realização do presente trabalho, percebeu-se que, mesmo adotando certas medidas, já nas etapas iniciais de modelagem, para a existência de maior fluidez no processo de obtenção do modelo 5D, ainda existem alguns processos operacionais intermediários que não se fazem possíveis de serem amenizados, em função da utilização do *software Prevision*. Neste sentido, ao mesmo tempo em que a utilização desta plataforma confere maior celeridade na obtenção de planejamentos através de linha de balanceamento, por outro lado, são verificadas travas e empecilhos que se fariam desnecessários, caso o sistema fosse construído observando-se esta aplicação final. Como consequência, faz-se necessária a utilização de um *software* intermediário de planilhas eletrônicas, para leitura, manipulação e adequação dos dados extraídos da plataforma, sendo capaz de ler arquivos *.xls/x*, e convertê-lo para a extensão *.csv*, utilizada pelo banco de dados do *Navisworks*. Neste sentido, caso a eliminação desta etapa do processo seja realmente necessária, visando a sua replicação em escala, poderiam ser estabelecidas duas soluções, aqui sugeridas: a primeira refere-se ao

desenvolvimento de um *plugin* para o *software Navisworks*, através dos recursos provenientes de sua API, realizando assim a comunicação direta entre os dados de ambas as plataformas. A segunda, mais simples, porém, menos direta, refere-se ao desenvolvimento de um script de programação capaz de ler, interpretar e manipular os dados importados do *App Prevision*, no formato *.xlsx*, realizando este procedimento de conversão mencionado anteriormente, de forma automatizada. Ambas as soluções supracitadas, são aqui mencionadas como sugestões para a realização de trabalhos futuros.

Ainda, verifica-se também as delimitações referentes à necessidade de realizar o processo de modelagem desde o início. Neste sentido, foram impostas algumas limitações em função da elevada quantidade de tarefas a ser executada para o alcance dos objetivos almejados. Sendo assim, a análise comparativa se limitou apenas à aferição de um tipo de material, componente de um único serviço. Para as próximas abordagens, sugere-se o acompanhamento e análise acerca do consumo e quantitativo de outros tipos de materiais, ou até mesmo a adoção de uma orçamentação paramétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUMBA, Chimay. et al. BIM – Project Execution and Planning Guide. Estados Unidos da America: The Computer Integrated Construction Research Project, p. 118, 2010.

AOUAD, Ghassan.; HARON, Ahmad.; MARSHALL-PONTING, Amanda. **Building Information Modelling: Literature Review on Model to Determine the Level of Uptake by Organization.** Reino Unido: University of Salford, 2010.

AUTODESK. **Revit.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

BALDWIN, Andrew; BORDOLI, David. **A handbook for construction planning and scheduling.** Reino Unido: Wiley Blackwell, 2014. 408 p.

BALDWIN, Mark. **The BIM Manager: A Practical Guide for BIM Project Management.** Germany: Din Deutsches Institut Für Normung, 2019. 284 p.

BALLARD, Glenn.; HOWELL, Greg. **What Kind of Production is Construction.** 6th Annual Conference International Group for Lean Construction, Guarujá (SP), 1998. Disponível em: <<http://leanconstruction.org.uk/media/docs/BallardAndHowell.pdf>>. Acesso em julho de 2019.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Indústria, comércio exterior e serviços. **ESTRATÉGIA BIM BR: Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM.** 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction.** Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

CIOB (THE CHARTERED INSTITUTE OF BUILDING), **Guide to Good Practice in the Management of Time in Complex Projects**. Oxford, Reino Unido: Wiley-Blackwell, 2011.

CORRÊA, Leonardo de Aguiar. **O uso do BIM 4D no desenvolvimento de pacotes de trabalho para linha de balanceamento**. 2019. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 490 p

EXAME. **Cinco anos após início da recessão, nenhum setor voltou ao nível pré-crise**. 2019. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/cinco-anos-apos-inicio-da-recessao-nenhum-setor-voltou-ao-nivel-pre-crise/>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

EYNON, John. **Construction Manager's BIM Handbook**. Chichester, Uk; Hoboken, Nj: John Wiley & Sons, 2016. 256 p.

FELISBERTO, Alexandre David. **CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA DE OBRA PÚBLICA OBSERVANDO A NOVA ÁRVORE DE FATORES DO SINAPI COM BIM 5D - LOD 300**. 2017. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

FERRARI, Fernanda Andrade. **A introdução da Modelagem da Informação da Construção em um banco público brasileiro**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção Civil, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

FORMOSO, C. T.; ALVES, T. C. L; BERNARDES M. M. S; OLIVEIRA, K. A. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção**. Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

GHOBRIL, A. N. **O Uso de Sistemas de Informação Para Planejamento e Controle de Empreendimentos de Construção Civil**. Dissertação de Mestrado em Administração – Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 1993.

HARDIN, B. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**, Sybex, 2009.

HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**. 2. ed. Indianapolis, Indiana: Wiley, 2015.

MACHADO, Fernanda Almeida; RUSCHEL, Regina Coeli; SCHEER, Sergio. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p.359-384, dez. 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MENDES JUNIOR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 1999.

MUTTI, C. N. **Apostila da Disciplina Administração da Construção: ECV 5307 - UFSC**. Florianópolis, 2018.

NEALE, D. E.; NEALE, R. **Construction Planning**. Londres: Thomas Telford, 1989.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations Management**. 6. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2010.

**APÊNDICE A - TABELA DE CONTROLE DE MATERIAS UTILIZADA EM  
OBRA.**



**APÊNDICE B - LINHA DE BALANCEAMENTO DA OBRA, PARA A UNIDADE  
DE REPETIÇÃO.**

