

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

PRISCILLA BORGES DE FREITAS RODRIGUES

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO MODELO BIM AO SISTEMA *LAST*  
*PLANNER***

GOIÂNIA, 2017

PRISCILLA BORGES DE FREITAS RODRIGUES

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO MODELO BIM AO SISTEMA *LAST  
PLANNER***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito parcial para a obtenção do título de “Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas”.

Orientador: Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Co-orientador: Manoel da Silva Álvares, *Dr.*

GOIÂNIA, 2017

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO MODELO BIM AO SISTEMA LAST  
PLANNER**

**PRISCILLA BORGES DE FREITAS RODRIGUES**

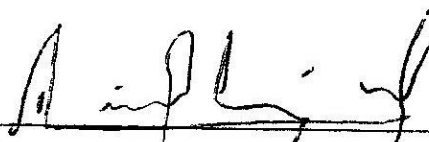
Esta Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em março de 2017.



Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

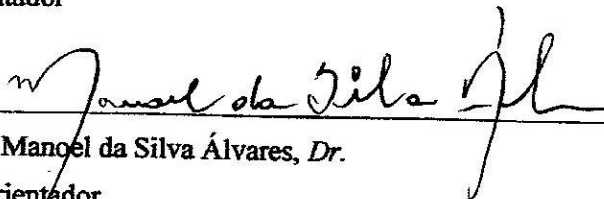
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca examinadora:



Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Orientador



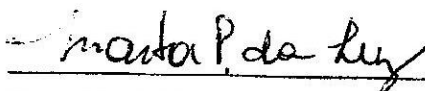
Prof. Manoel da Silva Álvares, Dr.

Co-orientador



Prof. Ricardo Mendes Júnior, Dr.

Examinador Externo



Prof. Marta Pereira da Luz, Dra.

Examinadora Interna

Goiânia – Goiás

2017

R696p

Rodrigues, Priscilla Borges de Freitas

Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema  
Last Planner[ manuscrito]/ Priscilla Borges de Freitas  
Rodrigues.-- 2017.

147 f.; il. , 30 cm

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica  
de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu  
em Engenharia da Produção e Sistemas, Goiânia, 2017

Inclui referências f. 142-147

1. Modelagem de informação da construção. 2. Planejamento  
da produção. 3. Engenharia de produção. I.Machado,  
Ricardo Luiz. II.Pontifícia Universidade Católica  
de Goiás. III. Título.

CDU: 658.5(043)

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Ricardo Luiz Machado, pela orientação, paciência e dedicação, sendo fundamental para meu desenvolvimento acadêmico.

Ao professor Manoel da Silva Álvares, pelo apoio, amizade e incentivo constante.

A professora Maria José pelo carinho e valiosos ensinamentos que contribuíram para meu crescimento acadêmico.

Ao engenheiro Larsson pela parceria, paciência e dedicação com essa pesquisa.

A construtora que abriu as portas para viabilizar essa pesquisa.

Ao engenheiro Jader pela contribuição das informações.

Aos estagiários Paulo e Lueny, aos alunos de iniciação científica João e Lucas, pela contribuição e dedicação com a pesquisa e principalmente por acreditarem nela.

Aos meus pais pelos ensinamentos, educação e todo o amor a mim concedido.

Ao meu marido e filhos pela compreensão da minha ausência durante a pesquisa.

A minha sogra pelos almoços providenciais de domingo.

Aos meus amigos do Mepros, em especial ao Marcilon pela parceria, a Bianca pela as trocas de experiências, a Patrícia por ouvir minhas lamentações e Tássia pelo companheirismo incondicional.

A Fapeg por oportunizar meus estudos.

E a Deus por me conduzir até aqui.

## RESUMO

Esta pesquisa envolveu-se com a utilização da modelagem da informação da construção (BIM) de maneira integrada à lógica do *Last Planner* no planejamento e controle da produção em empreendimentos do setor da construção civil. Para isso, a investigação teve como objetivo principal construir um modelo BIM integrador, de forma a atuar na melhoria do planejamento de médio e curto prazo. A construção do modelo de integração passou pelo desenvolvimento de um *plug-in* para o *software Revit®*, capaz de disponibilizar informações em um banco de dados alimentado por outro *software* de planejamento. O modelo BIM estruturado tornou possível estabelecer a relação entre cada elemento geométrico do projeto arquitetônico e suas necessidades de materiais, mão-de-obra e especificações de projeto. A abordagem metodológica adotada na pesquisa foi a *Design Science Research*. A avaliação do modelo construído foi feita em um estudo empírico em obra de grande porte do setor de edificações. Foi possível, através da gestão visual, verificar as tarefas que possuíam restrições em relação a materiais, mão-de-obra e detalhamento de projeto, facilitando a elaboração do planejamento de médio prazo e melhorando a eficiência do planejamento de curto prazo.

**Palavras chave:** Modelagem da informação da construção; BIM; *Last Planner*; Planejamento e controle da produção; Revit®.

## ABSTRACT

This research had as main point to use the Building Information Modeling (BIM), as an integrated form with the logic of the Last Planner system in relation to the planning and control of the production in companies of the civil construction sector and, with that, a model that promotes this integration in order to improve efficiency in medium and short term planning, where the construction of the integration model involves the development of a plug-in for Revit®, capable of making the information available in a database also fed by other software, here titled “L7”, through which it becomes possible to insert the analytic structure of a work and other information about the consumption of the inputs and, thus, make it possible to establish the relation between each geometric element and their needs for manpower and material, making explicit the restrictions when training the Lookahead through visual management. The methodological approach adopted was Design Science Research, whose main objective is to develop an artifact capable of solving a real and relevant problem and, thus, to promote the advance of the theoretical knowledge about the subject and to contribute to the operation within the companies. The evaluation of the constructed model was made through an empirical study in a work into a mall of a construction company in Goiás, followed by two services in the formation of the Lookahead of the month of January and the work week plan of the four weeks. It was possible, through visual color management, to check tasks that had material and/or labor constraints, facilitating the formatting of medium-term planning and improving the efficiency of short-term planning.

**Keywords:** Construction information modeling; Last Planner; Planning and production control; Plug-in for Revit®.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensão horizontal do processo de planejamento.....	19
Figura 2 - Níveis Hierárquicos de Planejamento, Sistema Last Planner.....	21
Figura 3 - Arcabouço teórico de integração de BIM com sistema Last Planner.....	34
Figura 4 - Organograma da obra.....	49
Figura 5 – Arquitetura de integração entre o software Revit, o plug-in e o software L7.....	53
Figura 6 – Mapa de avanço físico da programação do serviço de instalações de combate a incêndio no mês de agosto de 2016.....	54
Figura 7 – Gráfico de análise da programação do serviço de instalações de combate a incêndio no mês de agosto de 2016.....	55
Figura 8 –Planejamento e controle da produção da Obra “A”.....	56
Figura 9 – Proposta de PCP com base na associação do sistema Last Planner ao BIM.....	58
Figura 10-Fluxograma de integração entre o Revit®, o banco de dados e o software L7.....	61
Figura 11- Tela de criação de uma obra no software L7.....	62
Figura 12 - Tela de criação do grupo de serviços – Software L7.....	63
Figura 13- Procedimento de criação dos serviços no software L7.....	63
Figura 14 - Tela com o resumo das atividades do grupo de serviços de instalação de granito, cadastradas no software L7.....	64
Figura 15- Tela de criação de parâmetro de projetos no software Revit®.....	65
Figura 16- Tela de propriedades de parâmetro no software Revit®.....	65
Figura 17- Tela de inserção dos parâmetros de projeto no software Revit®.....	66
Figura 18 - Identidade marca do elemento geométrico dentro do banco de dados.....	67
Figura 19 - Tela do software Revit® com as novas funcionalidades do plug-in.....	68
Figura 20- Tela do avanço físico do plug-in do software Revit®.....	69
Figura 21- Tela de avanço físico do plug-in do do software Revit®.....	70



Figura 22 - Tela de avanço físico plug-in do software Revit® .....	70
Figura 23- Tela Revit® com o plug-in com o parâmetro L7Pesoprodutividade= 1,00.....	72
Figura 24 - Tela Revit® com o plug-in com o parâmetro L7Pesoprodutividade = 1,30.....	73
Figura 25- Tela Revit®, com o parâmetro de projeto L7ConsumoInsumoVinculado.....	74
Figura 26 – Tela do software Revit® com o parâmetro de projeto L7InsumoVinculado .....	75
Figura 27 - Tela do Revit® - restrição no Lookahead.....	77
Figura 28 - Tela Revit® - Lookahead sem restrições.....	77
Figura 29 - Tela do Revit® - Lookahead data para verificação da mão de obra.....	78
Figura 30 - Tela Revit® - lookahead - disponibilidade de insumos e determinação do período do planejamento. ....	79
Figura 31 - Tela Revit® - WWP .....	81
Figura 32 - Tela do Revit® - preenchimento do parâmetro “L7InsumoVinculado” .....	82
Figura 33 - Painel “restrição” .....	82
Figura 34 - Tela de trecho com restrição de projetos .....	83
Figura 35- Tela do software L7 destinada a criação de insumos .....	85
Figura 36- Tela do software L7 referente ao cadastro da composição unitária.....	85
Figura 37- Tela do software L7 contendo informações sobre o que foi previsto vs realizado....	86
Figura 38 - Tela do software L7 com o indicador de produtividade e consumo de mão de obra	87
Figura 39 – Tela do software L7 com inserção de horas trabalhadas no período .....	88
Figura 40- Tela do software L7, com a inserção de material no estoque .....	88
Figura 41 - Modelo BIM para suporte à integração com o sistema Last Planner .....	89
Figura 42 - Modelo de integração entre o sistema Last Planner e o BIM .....	90
Figura 43 - Grupos de serviços acompanhados pela pesquisa .....	95
Figura 44 - Lookahead visual - mês de janeiro/2017 .....	107
Figura 45 - Lookahead com restrições identificadas.....	108
Figura 46 - Número de colaboradores no serviço de assentamento de granito Branco Dallas .	109

Figura 47 - Gerenciamento visual do WWP da 1º semana de janeiro 2017 – 2º pavimento.....	110
Figura 48 - Gerenciamento visual do WWP da 1º semana de janeiro 2017 – 1º pavimento.....	111
Figura 49 - gerenciamento visual do Avanço físico da primeira semana de janeiro/2017.....	112
Figura 50 - Acompanhamento numérico no software L7 e cálculo do índice de efetividade ...	113
Figura 51- Número de colaboradores presentes na frente de serviço de assentamento de granito Branco Dallas.....	114
Figura 52 - Número de colaboradores presentes na frente de serviço de assentamento de granito Cinza Andorinha .....	115
Figura 53 - Gerenciamento visual do planejamento da segunda semana de janeiro/2017, no primeiro pavimento – trecho 01 .....	116
Figura 54 -Gerenciamento visual do planejamento da segunda semana de janeiro/2017, no primeiro pavimento – trecho 02 .....	117
Figura 55 - Gerenciamento visual do serviço realizado na segunda semana de janeiro/2017 ..	118
Figura 56 - Controle semanal do previsto e executado, de forma numérica - serviço assentamento de piso Cinza Andorinha – segunda semana de janeiro/2017 .....	119
Figura 57 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso marrom imperial – segunda semana de janeiro/2017.....	119
Figura 58 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso preto São Gabriel – segunda semana de janeiro/2017 .....	119
Figura 59 - Gerenciamento visual do WWP da semana de 16/01/2017 a 20/01/2017.....	120
Figura 60 - Gerenciamento visual do serviço executado de 16/01/2017 a 20/01/2017.....	121
Figura 61 - Controle semanal do serviço previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso Cinza Andorinha – terceira semana de janeiro/2017.....	122
Figura 62 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso preto São Gabriel – terceira semana de janeiro/2017 .....	122
Figura 63 - Lookahead da quarta semana de janeiro/2017.....	124
Figura 64 - WWP da quarta semana do mês de janeiro/2017 .....	125

Figura 65 - Gerenciamento visual do executado na semana de 23/01/2017 a 27/01/2017 .....	126
Figura 66 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço de assentamento de piso marrom imperial – quarta semana de janeiro/2017 .....	126
Figura 67 - Lookahead visual do serviço de instalação de combate a incêndio- mês de janeiro/2017 .....	128
Figura 68 - Detalhe da tubulação que transpassa a viga como previsto em projeto.....	129
Figura 69 - Detalhe da tubulação que transpassa a viga como executado.....	130
Figura 70 - Tubulação executada em cota diferente da prevista em projeto .....	130
Figura 71 - Gerenciamento visual de restrição do tipo projeto.....	131

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Usos do BIM

Quadro 2 - Interação dos princípios *Lean* e funcionalidade do BIM

Quadro 3 -Elementos essenciais para a condução da *Design Science Research*

Quadro 4 - Método para avaliação dos artefatos

Quadro 5 -Delineamento da pesquisa

Quadro 6 - Etapas do estudo empírico

Quadro 7- Avaliação dos constructos Utilidades e Funcionalidade para validação do modelo proposto.

Quadro 8 - Características da obra

Quadro 9 - Cronograma Master - Instalação de combate a incêndio

Quadro 10 - Código gerado no L7 para cada serviço do grupo incêndio

Quadro 11 - Composição unitária dos serviços do grupo Instalação de combate ao incêndio

Quadro 12- Parâmetros de projeto do grupo Instalação de combate ao incêndio

Quadro 13- Cronograma master do grupo assentamento de granito

Quadro 134 - Códigos gerados no L7 para o grupo de assentamento de granito

Quadro 15 - Composições unitárias para os serviços do grupo instalação de granito

Quadro 16 - Parâmetros de projeto adotados para o grupo Instalação granito

**LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS**

AEC	Arquitetura, engenharia e construção.
BIM	<i>Building information modeling</i>
EAP	Estrutura analítica do projeto
HHT	Hora homem trabalhada
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LABIM	Laboratório de pesquisa em BIM
LPS	<i>Last Planner System</i>
MEPROS	Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da PUC Goiás
OHSAS	Norma da Série de Avaliação da Saúde e da Segurança do Trabalho
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PCP	Planejamento e controle da Produção
PGO	Planejamento Geral de Obra
PPC	Percentual de planos concluídos
TFV	<i>Transformation-flow-value</i>
WIP	<i>Work in progress</i>
WWP	<i>Work week plan</i>

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Contextualização do problema .....	13
1.1 Problema de pesquisa .....	14
1.3 Questões da pesquisa.....	15
1.4 Objetivos da pesquisa.....	16
1.5 Estrutura do trabalho .....	16
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Introdução .....	18
2.2 Planejamento e controle da produção - PCP .....	18
2.3 Sistema Last Planner - SPL.....	21
2.4 BIM (Building Information Modeling) .....	25
2.4.1 Definições .....	25
2.4.2 Aplicações do BIM.....	26
2.4.3 Interoperabilidade do BIM .....	28
2.4.4. Dimensões do modelo BIM.....	29
2.4.5 Softwares para construção do modelo BIM .....	31
2.4.6 Interações entre o BIM e a construção enxuta aplicadas ao PCP.....	32
<b>CAPÍTULO 3 – MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>37</b>
3.1 Estratégia de pesquisa .....	37
3.2 Delineamento da pesquisa .....	41
3.3 Estudo Empírico.....	43
3.4 Fontes de evidência .....	46
3.5 Descrição da empresa – objeto de estudo.....	47
<b>CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO .....</b>	<b>51</b>
4.1 Diagnóstico do sistema de PCP na organização estudada.....	51

4.1.1 Sistema de planeamento e controle da produção existente na organização estudada	52
4.1.2 Proposta de inserção do sistema Last Planner no processo de PCP .....	57
4.2 Desenvolvimento da proposta de melhoria .....	59
4.3 Comunicação dos dados entre o Revit®, o banco de dados e o software L7 .....	60
4.4 Adequação do plug-in e do software L7 ao modelo proposto.....	68
4.4.1 Aperfeiçoamento da interação entre o plug-in e o software Revit® .....	68
4.4.2 Aperfeiçoamento do software L7 .....	84
4.4.3 Modelo desenvolvido para o estudo empírico.....	89
<b>CAPÍTULO 5 - IMPLANTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>93</b>
5.1 Preparo do modelo 3D.....	93
5.2 Planejamento e acompanhamento da obra A.....	105
5.2.1 Programação da execução do serviço de assentamento de granito .....	106
5.2.2 Programação da execução do serviço de instalação de combate a incêndio .....	128
5.3 Avaliação dos constructos .....	133
5.3.1 Avaliação do subconstructo utilidade.....	133
5.3.2 Avaliação do subconstructo funcionalidade .....	135
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>137</b>
6.1. Principais conclusões .....	137
6.2 Sugestões para trabalhos futuros .....	140
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>142</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do problema

O sistema *Last Planner (LPS)*, proposto por Ballard (2000), é um modelo de planejamento que propõe melhorar a confiabilidade no fluxo de trabalho, reduzir a variabilidade e as perdas (SACKS *et al* 2010), promover a redução de custo e do tempo de construção (BALLARD, 2000).

Esse sistema de planejamento baseia-se em princípios da teoria da construção enxuta (*lean construction*), onde um dos principais fundamentos é o de levantar conjunto de tarefas a serem realizadas e selecionar aquelas que possam efetivamente ser designadas equipes executoras, somente quando estão aptas a serem realizadas ou seja quando todos os tipos de restrições, sejam elas de mão de obra, material, projetos ou equipamentos, tenham sido eliminadas.

Quando as tarefas iniciadas têm todas as restrições eliminadas, evita-se um tipo de perda apontada por Koskela (2004) muito frequente, denominada por *Making do*, que leva a vários outros tipos de perdas, como redução de segurança, problemas na qualidade, retrabalho e trabalho em progresso (WIP). O que melhora a eficiência do que se é planejado, gerando um fluxo de trabalho contínuo e como consequência o cumprimento do prazo, qualidade e custo.

Porém para que o fluxo de trabalho mantenha sua constância é necessário levantar os requisitos necessários à execução das tarefas programadas. Machado (2003) sugere a realização do planejamento de antecipações que consiste em levantar todos requisitos necessários para garantir o fluxo de trabalho eficiente, envolvendo ações destinadas a garantir que todas as restrições sejam eliminadas e interfiram positivamente no fluxo de trabalho contínuo. O problema ligado a esta proposta é a necessidade de um sistema de



informação para o apoio das ações gerenciais na figura das antecipações no planejamento da produção (MACHADO, 2003).

Portanto, as mudanças propostas para melhoria no planejamento da produção esbarram na qualidade e quantidade da informação requerida para uma tomada de decisão mais assertiva no tocante a qualidade, prazo e custo. Por isso a vantagem de se ter as informações reunidas em um único banco de dados, papel que pode ser exercido pelo uso da modelagem BIM, que se apresenta como nova opção de ferramenta de auxílio a tomada de decisão na gestão de sistemas construtivos.

O uso da tecnologia *BIM (Building Information Modeling)* se justifica por configurar uma base confiável para apoiar decisões e melhorar os processos do ciclo de vida do projeto, baseado em uma representação digital de características físicas e funcionais dessa edificação (NBIMS, 2007).

### **1.1 Problema de pesquisa**

Segundo Sacks, Radosavljevic e Barak (2010) o pensamento enxuto aplicado à construção tem contribuído para o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle. Ainda segundo os mesmos autores, a teoria *Transformation-flow-value (TFV)* de Koskela, que conceitua a produção em termos de transformação, fluxo e valor, mostra claramente o impacto negativo da variação da produção e os benefícios do fluxo de trabalho relacionados à maturidade da informação.

O Sistema *Last Planner* na prática é cada vez mais aplicado como forma de reduzir a variabilidade em processos construtivos e melhorar a coordenação do fluxo de trabalho,

porém necessita de tecnologia de suporte para a informação necessária à sua aplicação (SACKS, 2010).

Portanto para suportar a informação necessária, surge o BIM como opção de ferramenta tecnológica que contribui para um processo de concepção e construção mais integrado, o que gera empreendimentos de maior qualidade, com custos e durações menores (EASTMAN *et al.*, 2011).

Ainda segundo os mesmos autores, outros benefícios do uso do BIM podem ser citados, como a melhoria da comunicação, gerenciamento logístico facilitado, comparação de planos de execução e controle do avanço físico da construção.

Portanto, parece importante fazer a ligação entre essas informações geradas pelo modelo BIM e a necessidade de informação quanto da aplicação do Sistema *Last Planner* no planejamento da produção. É o que busca a presente pesquisa para o melhoramento do planejamento de médio e curto prazo, na indústria da construção civil.

### **1.3 Questões da pesquisa**

Há uma possibilidade de se integrar as informações geradas pelo BIM, para elaboração do planejamento da produção no setor da construção. Assim, define-se como questão geral pesquisa:

- a) Como utilizar a modelagem da informação da construção (BIM), de maneira integrada ao Sistema *Last Planner* no planejamento e controle da produção em empreendimentos do setor da construção civil?

E como desdobramento da questão geral emergem as seguintes questões específicas da pesquisa:

- a) Como devem ser estruturadas rotinas de informação a serem inseridas na plataforma BIM para posteriormente serem utilizadas no Planejamento e controle da produção (PCP)?
- b) Como preparar os dados oriundos do BIM, necessários aos planos de produção baseados na lógica do sistema *Last Planner*, para os horizontes de médio e curto prazo?

#### **1.4 Objetivos da pesquisa**

O objetivo principal da pesquisa é:

- a) Desenvolver um modelo para realizar o planejamento e controle da produção (PCP), utilizando o Sistema *Last Planner* integrado ao modelo BIM.

E diante deste objetivo aparecem como objetivos secundários:

- a) Propor um modelo preliminar de integração BIM/*Last Planner*;
- b) Desenvolver e adequar *plug-in* para o Revit e *software* visualizador das informações necessárias ao *Last Planner*;
- c) Implantar do modelo (BIM/*Last Planner*) em um estudo empírico para avaliar o modelo proposto, através da verificação da sua utilidade e aplicabilidade.

#### **1.5 Estrutura do trabalho**

Além do capítulo 1, que contém a introdução do presente trabalho, este é composto por mais cinco capítulos, o segundo referente a revisão bibliográfica que discute os

conceitos básicos de Planejamento e controle da produção (PCP), Sistema *Last Planner*, *Building Information Modeling* (BIM) e as principais obras que discutem o assunto aqui tratado. Já o terceiro capítulo das questões metodológicas que envolvem a pesquisa, conceituando a metodologia adota e explicitando os passos que serão desenvolvidos a fim de atingir os objetivos desta pesquisa. O quarto capítulo aborda o desenvolvimento do modelo, primeiramente identificando o problema e propondo uma solução seguido do seu desenvolvimento através da construção de uma plataforma de integração. No quinto capítulo é descrita a implantação do modelo em um estudo empírico e finalmente o último capítulo que trata das principais conclusões e sugestão para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Introdução

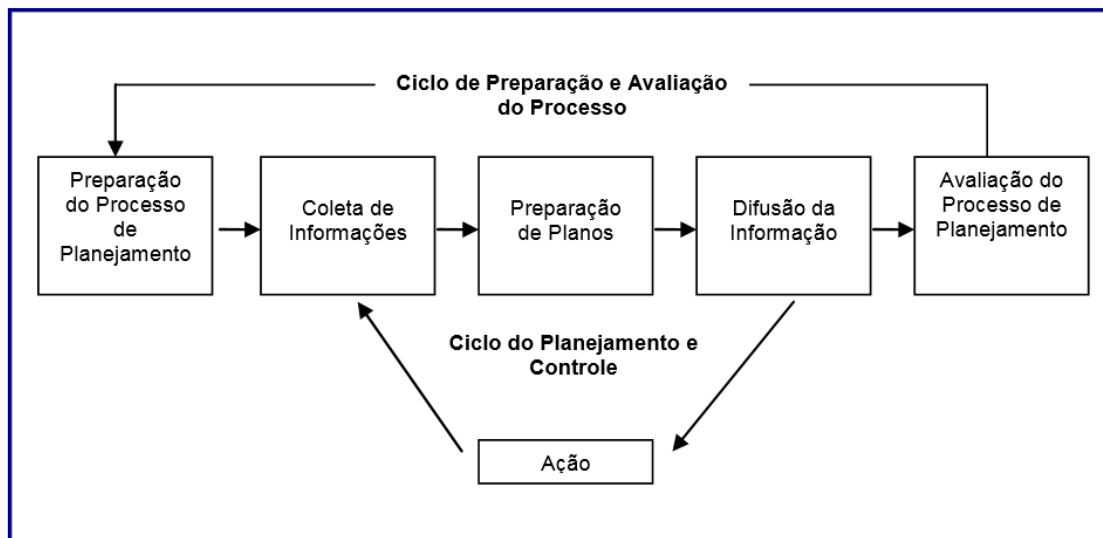
Este capítulo engloba a revisão da literatura que fundamenta este trabalho e é composto pelos seguintes tópicos: Planejamento e controle da produção; Sistema *Last Planner*; Tecnologia BIM, dividida em definições, aplicações, interoperabilidade da plataforma BIM, dimensões do modelo, principais *softwares*, interações do BIM e a construção enxuta.

### 2.2 Planejamento e controle da produção - PCP

O PCP teve origem no início do século XX, com Henry Gantt, o qual desenvolvia cálculos baseados no tempo e na capacidade de produção (LUSTOSA *ET AL.*, 2008). PCP é a função administrativa que tem por objetivo orientar a produção e o controle. Em termos simples, o planejamento e controle da produção determina o que vai ser produzido, quando vai ser produzido, como vai ser produzido, onde vai ser produzido, quem vai produzir (VEGGIAN, SILVA, 2015)

Laufer e Tucker (1987) para melhor compreensão da organização dividem o PCP em duas dimensões: uma horizontal e outra vertical. A primeira dimensão define as etapas do processo de planejamento e controle é realizado, conforme apresentado na Figura 1. A segunda dimensão refere-se ao vínculo dessas etapas com os diferentes níveis gerenciais de uma organização (BERNARDES 2001).

Figura 1 - Dimensão horizontal do processo de planejamento



Fonte: Laufer e Tucker (1987)

O processo de planejamento tem início com a definição do horizonte e nível de detalhamento, a frequência de replanejamento e grau de controle a ser realizado (MORAES, 2007). Esse horizonte de planejamento é definido por Laufer e Tucker (1987), como sendo o intervalo entre a preparação do plano e a ação inerente deste.

A etapa de coleta de informações é referente a contratos, plantas especificações técnicas, descrições do canteiro de obras, tecnologia de construção e demais informações relativas ao processo produtivo do empreendimento (BERNARDES, 2001).

Ainda segundo o mesmo autor a etapa de preparação dos planos, recebe bastante atenção dos planejadores uma vez que envolve técnicas, como por exemplo método do caminho crítico e linha de balanço.

Moraes (2007) relata que a difusão da informação é de responsabilidade do planejador decidir quem deve recebe-las e em qual formato.

A etapa de “ação” é a execução propriamente dita que está associada ao controle, não apenas no sentido de verificação, mas de maneira proativa, eliminando as causas estruturais do planejamento (FORMOSO *ET AL.*, 1999).

Ocorre um ciclo de replanejamento, que alimenta o processo, formando um ciclo contínuo de controle da produção, atuando na correção de desvios ocorridos do plano de ação, reformulando-os.

A etapa de avaliação deve analisar as decisões tomadas durante o processo de concepção, devendo fazer uso de indicadores que relacionem o planejado com o executado, como forma de avaliação (BERNARDES, 2001).

A dimensão vertical do PCP, se faz necessária uma vez que o grau de detalhe varia com o horizonte de planejamento, quanto maior, menor é o grau de detalhamento, pois assim se evita o excesso de trabalho na atualização ao se aproximar da implantação (LAUFER E TUCKER, 1987). Portanto, os mesmos autores sugerem a divisão do PCP nos níveis estratégico, tático e operacional:

- a) Nível estratégico: são definidas as metas gerais do empreendimento, relacionadas ao custo e ao prazo;
- b) Nível tático: refere-se à aquisição dos recursos e elaboração de um plano para a utilização desses recursos;
- c) Nível operacional: designação das atividades para as determinadas equipes e a programação da produção e o seu controle.

O Sistema *Last Planner* de controle da produção, segue essa hierarquização sugerida por Laufer e Tucker (1987), que será melhor explicada no item 2.3 a seguir.

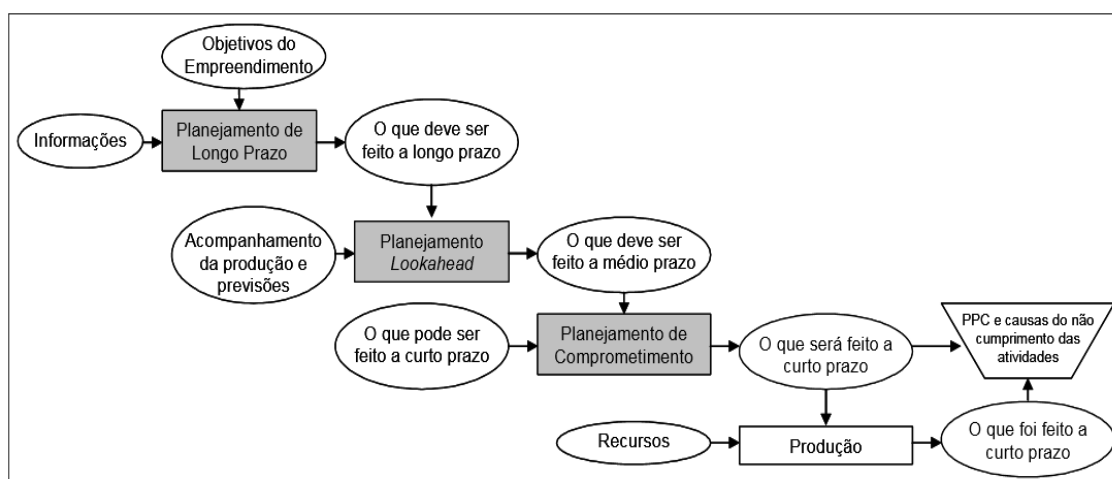
### 2.3 Sistema *Last Planner* - SPL

O Sistema *Last Planner* de controle da produção, foi proposto por Ballard & Howell em meados dos anos 90, nos Estados Unidos. Esse Sistema enfatiza a necessidade de gerenciar os fluxos de produção e o comprometimento das equipes (BALLARD, 2000).

Ainda segundo o mesmo autor o Sistema *Last Planner* propicia uma produção confiável, pois reduz a variabilidade do fluxo de trabalho. O mesmo define fluxo de trabalho como o movimento de informações e materiais que no caso da construção civil é definido pelo movimento das equipes operacionais, onde as unidades de produção são móveis.

Seguindo a hierarquização de Laufer & Tucker (1987), o Sistema *Last Planner*, possui três níveis, o planejamento de longo prazo, o *Lookahead* e o planejamento de comprometimento, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Níveis Hierárquicos de Planejamento, Sistema *Last Planner*



Fonte: Adaptado de Ballard & Howell, 1997.



O planejamento de longo prazo, também chamado de plano Mestre, deve estabelecer objetivos globais que norteiam o empreendimento como um todo (BALLARD, 2000). Definindo a sequência, duração e o ritmo das etapas macro.

Segundo Ballard (1997), o plano mestre não deve ser muito detalhado, pois há pouca informação sobre as reais durações e entregas. Para este autor este plano serve a vários propósitos como projeção de gastos e desembolso.

Para Bernardes (2003) é nesta fase em que deve ser programado os recursos como compra de material, aluguel de equipamentos e até mesmo contratação de mão de obra que tenham um longo prazo de aquisição.

Já o planejamento *Lookahead*, possui diversas funções, onde a de maior destaque é o controle do fluxo de trabalho, através da identificação e remoção sistemática das restrições (BALLARD, 1997).

De acordo com Ballard e Howell (1998) é neste nível em que o plano mestre é detalhado e ajustado com as informações agora disponíveis a respeito do empreendimento.

Já para Bernardes (2003) a principal função deste planejamento é a ligação entre o planejamento de longo prazo com o planejamento de curto prazo.

O planejamento *Lookahead* serve como mecanismo de proteção da produção de curto prazo, uma maneira de torná-lo mais eficiente, uma vez que libera apenas as atividades cuja as restrições foram removidas (BALLARD, 2000). Para Coelho (2003), proteção essa assegurada através da identificação e remoção sistemáticas das restrições (de material, mão de obra, equipamento ou mesmo de projeto). O fluxo de trabalho no curto prazo ganha forma e é liberado devido a remoção das restrições dessas atividades que ficam disponíveis (BERNARDES, 2003).

Coelho (2003) ressalta outro importante papel do *Lookahead*, que é o ajuste dos ritmos de trabalho do plano mestre que podem se apresentar desatualizados, através de dois mecanismos: a) detalhamento das tarefas e b) retroalimentação dos dados vindos da produção.

O terceiro nível, planejamento de comprometimento tem como objetivo gerenciar o que “deve ser feito”, com o que “pode ser feito” e decidir o que “será feito”, em relação aos pacotes de trabalho e os seus responsáveis, baseado nos recursos disponíveis e no cumprimento de pré-requisitos (BALLARD, HOWELL, 1998). Essa última etapa é o ponto de partida para o controle da produção, uma vez que o último planejador é aquele que responsabiliza pelo comprometimento da equipe durante o planejamento operacional, importância essa indicada no próprio nome “*last Planner*” (BALLARD; HOWELL, 1997).

É o nível onde se dá a programação semanal do trabalho, orientado de forma objetiva as atribuições as equipes de cada pacote de trabalho, onde apenas são considerados aquelas atividades onde todas as restrições foram eliminadas no nível anterior (BALLARD, 2000).

O produto final deste nível é uma lista com as atividades a serem realizadas no curto prazo em que há um comprometimento por parte da equipe operacional em realizá-la (BALLARD, HOWELL, 1998).

Uma medida de eficiência do planejamento da produção a nível operacional é o índice PPC (percentual de planos completos), calculado através da divisão do número de pacotes concluídos pelo número de pacotes planejados (BALLARD, 2000).

Bernardes (2001) ressalta a importância de no planejamento de curto prazo registrar a causa raiz do não cumprimento dos pacotes de trabalho, pois o mesmo contribui para a melhoria contínua do sistema da gestão da produção e seu melhor desempenho.

Segundo Ballard (2000), o sistema começa sua programação baseado no planejamento mestre da produção, onde está estabelecido o que deveria ser feito (*Should*), este é filtrado para o *Lookahead*, onde a produção deve olhar para frente num horizonte de planejar as próximas três até doze semanas, o trabalho é de trazer recursos e informações para a produção, que aqui são chamados de restrições, ou seja tudo aquilo que impede um pacote de trabalho iniciar sua produção (projetos, mão de obra, materiais, equipamentos, etc.) (AKKARI, 2003). Para Ballard (2000) o *Lookahead*, contém o trabalho que pode ser feito (*can*), depois de removidas todas as restrições que passa para o planejamento de *work week plan*, que consiste na programação semanal, o qual o *last planner* (indivíduo ou equipe) decidirá qual os pacotes de trabalho vão constar nesta programação semanal, que consiste no que será feito (*will*). Ao final da semana tem se um feedback da produção e os pacotes de trabalho que não foram concluídos retornam ao processo de planejamento e o concluído recebe segundo Ballard, 2000 o nome de o que foi feito (*Did*).

Portanto, pode se observar que o cerne do sistema *Last PLanner* é baseado em informações a respeito das restrições que devem ser removidas a fim de gerar um fluxo de trabalho puxado, onde cabe bem o um banco de dados com a plataforma BIM. Alguns esclarecimentos a respeito desta plataforma serão dados no próximo tópico.

## 2.4 BIM (*Building Information Modeling*)

### 2.4.1 Definições

Underwood e Isikdag (2010) faz a distinção entre *Building Information Modeling*, conhecida como modelagem da informação na construção e *Building Information Model*. Para estes autores, a primeira é um processo baseado em modelos digitais, integrados e interoperáveis, que permite a gestão da informação; o segundo é o próprio modelo digital, tridimensional e semanticamente rico que forma a estrutura do processo *Building Information Modeling*.

Para Eastman *et al.* (2011) o BIM é uma tecnologia de modelagem associada a processos para produzir, comunicar e analisar o modelo da edificação.

Succar (2009) analisa BIM como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar projetos da edificação, a partir de dados em formato digital, em todo o ciclo de vida da edificação.

A National Building Information Modeling Standard (NBIMS, 2007), apresenta o BIM em três níveis de abstração:

- a) Como um produto – diz respeito ao modelo da edificação, uma entrega do processo de projeto criada a partir de ferramentas de tecnologia de informação;
- b) Como ferramenta – a BIM faz alusão aos *softwares* que criam, agregam e extraem informações do modelo de edificação;
- c) Como um processo colaborativo, em que podem ser obtidas as informações necessárias às atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação.

A principal diferença entre um *software* de modelagem 3D e um *software* BIM é a capacidade de gerar objetos paramétricos. A parametricidade garante gerar objetos editáveis que podem ser alterados automaticamente e dar suporte a plataforma BIM. Sem essa capacidade o *software* é apenas um modelador tridimensional. Outra diferença ressaltada por Faria (2007), é a capacidade nos *softwares* BIM em atribuir propriedades ao desenho geométrico, como por exemplo tipo de bloco que constitui a parede, suas dimensões, tipo de revestimento, fabricantes, etc, que são salvas no banco de dados e geram legendas no desenho.

#### **2.4.2 Aplicações do BIM**

Eastman *et al.* (2008) separam os usos e benefícios do BIM por fases do ciclo de vida:

- a) Fase de concepção de projeto – envolve as etapas do estudo preliminar de conceitos e viabilidade de um projeto em desenvolvimento;
- b) Fase de Projeto – Engloba as seguintes atividades a visualização; correções automáticas dos elementos no modelo; geração automática de desenhos 2D; facilidade de colaboração mais cedo do trabalho multidisciplinar; extração automática de quantitativos durante a fase de projetos; melhorias no processo de análise energética e de sustentabilidade.
- c) Fase de Execução – Inclui as etapas de sincronização do planejamento da obra com os objetos do modelo; descoberta de interferências físicas entre elementos do edifício; rapidez no processo de mudança; melhor implementação da construção enxuta; sincronização das fases de aquisição, projeto e construção.

d) Fase de Operação – melhora o gerenciamento da operação dos sistemas ativos da edificação.

Succar (2009) também classifica os usos do BIM na fase de projeto, construção e operação, conforme Quadro 1:

Quadro 01 – Uso do BIM

Usos do BIM		
Projeto	Visualização	Projetos com visualização em 3D Controle de ciclos de revisões Documentação e detalhamento Escaneamento de edifícios com raio laser Fotogrametria Representação realística Realidade virtual Realidade aumentada
	Análise	Verificações de requisitos e normas Estimativas de custo Análises estruturais por elementos finitos Simulação de fogo e fumaça Análise luminotécnica Levantamento quantitativos Análises de implantação do terreno Estudos de radiação solar Coordenação espacial e análise de interferências Análise estrutural Análises de sustentabilidade Análises térmicas Análises energéticas Estudos de impactos dos ventos
Construção	Execução	Construtibilidade Construção Virtual Segurança no trabalho Especificações da construção Projeto de sistemas construtivos Tecnologia móveis para uso no canteiro Planejamento e controle da produção Licitações e contratações
	Pré fabricação	Estruturas metálicas Estruturas em concreto pré-moldado
	Aquisição	Coordenação dos suprimentos Preparação de pacotes de compras
Operação	Gerenciamento	Rastreamento dos ativos Manutenção dos ativos Monitoramento de ativos por GPS Gerenciamento dos espaços Gerenciamento de reformas

Fonte: Adaptado de Succar 2009

### 2.4.3 Interoperabilidade do BIM

A interoperabilidade é então definida como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informação entre si e de cada um deles poder ler e reutilizar a informação para outros fins. Pode ser entendida como um processo de troca de dados direta ao nível de *software*, e se torna possível pelo mapeamento da estrutura de dados de cada aplicação participante e a tradução desta estrutura para um modelo de dados universal e vice-versa (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012).

Com um modelo universal de dados aberto, qualquer aplicação pode participar neste processo de mapeamento e se tornar interoperável em relação a outras aplicações que também participem deste processo (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012).

A *International Alliance for Interoperability* (IAI) é a organização comprometida com o fomento a interoperabilidade e em trazer mudanças para melhoria da produtividade e eficiência da indústria da construção no mundo todo, a qual opera sobre o nome de *BuildingSmart*.

A IAI é responsável pela elaboração de diversas normas importantes para a troca de informação na indústria que tem balizado o processo de modelagem de informações da construção (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012):

- a) *Industry Foundation Classes*: a norma IFC foi elaborada com o intuito de formatar o compartilhamento da informação entre a equipe de um determinado projeto e os diversos *softwares* comumente utilizados para o projeto, construção e operação do ambiente construído;

- b) *International Framework for Dictionaries*: a norma IFD versa sobre o mapeamento de termos para a criação de dicionários de dados, de forma a incrementar a eficácia da interoperabilidade na indústria da construção. O conceito que embasa esta norma é derivado de diversas normas consolidadas pela ISO a partir do início dos anos 1990, dentre as quais, a ISO 12006-3, diretrizes para a troca de informações orientada pelo objeto, é a mais relevante;
- c) *Information Delivery Manual*: a norma IDM caracteriza um progresso de captura e progressiva integração da informação sem que esta perca as especificações detalhadas que um usuário possa necessitar para entregar um determinado resultado dentro de um ambiente de projeto.

O IFC, *Industry Foundation Classes*, a solução mais destacada, está registrada sobre a normalização ISO16739 e representa uma especificação aberta e neutra utilizada no conceito BIM. O IFC é um formato padrão, aberto e neutro utilizado como o modelo para troca de dados BIM e é suportado por inúmeros programas que incentivam o aperfeiçoamento do fluxo de trabalho entre todos os profissionais da indústria da AEC (IFC- *Industry Foundation Classes*, 2013).

#### **2.4.4. Dimensões do modelo BIM**

Os modelos BIM podem ser caracterizados pelo seu âmbito dimensional, referenciados por “nD”, essa categorização não está estipulada em nenhuma norma, mas é utilizada por diversos autores e empresas desenvolvedoras de programas BIM.

Segundo Rodas (2015), o modelo mais explorado é o 3D, que apresenta algumas vantagens como:



- a) Informação atualizada, estruturada e coordenada, melhorando a eficiência no processo construtivo;
- b) Melhoramento na coordenação das diferentes especialidades envolvidas, aumentando a produtividade devido ao compartilhamento da informação mais rápida e organizada;
- c) Inovação na venda com apresentações de imagens 3D e animações;
- d) Facilidade de interpretação de plantas;
- e) Detecção de conflitos entre projetos associados;
- f) Automatização de alterações em todo o modelo BIM;
- g) Extração de desenhos e de diferentes quantidades, por elementos e por localização.

Ainda segundo o mesmo autor a quarta dimensão de um modelo BIM refere-se ao tempo, onde o modelo é capaz de oferecer um planeamento temporal, tornando possível a evolução da edificação ao longo de ciclo de vida. Permitindo visualizar e avaliar o progresso das atividades a serem executadas durante a construção da edificação. Sendo que esse modelo tem um impacto positivo na gestão e no tempo de entrega do projeto.

A quinta dimensão do modelo BIM 5D é associada as estimativas de custos, ou seja, é dado ao modelo a capacidade de atribuir valores aos elementos do projeto. Passa a ser uma ferramenta de auxílio a orçamentação e extração automática de quantitativos, onde destaca-se que qualquer alteração no projeto reflete automaticamente nesses quantitativos.

O modelo 6D implica o acréscimo de informação voltado para gestão e manutenção preventiva do empreendimento. As informações inseridas se referem a data de instalação de equipamentos, garantias, contatos com fornecedores, fabricantes, documentos com descrição de ativos e manuais de instalação, entre outras informações relevantes para o

fim. Este modelo é entregue ao dono da obra para ser utilizado pela equipe de manutenção e gestão da edificação. Segundo Rodas (2015), existe a tendência de caracterizar o modelo BIM 6D para o uso de otimização de sustentabilidade do empreendimento e só depois o 7D para a gestão e manutenção de edifícios.

#### **2.4.5 Softwares para construção do modelo BIM**

De acordo com Eastman *et al.* (2008), os principais *softwares* para a construção do modelo BIM como produto são:

- a) Revit da Autodesk – é uma plataforma que abrange a modelagem de todos os sistemas construtivos em uma única interface. Tem suporte para criação de documentação em todas as fases do processo de projeto de produto, desde estudos conceituais até detalhamento do projeto;
- b) ArchiCAD da Graphisoft – é a ferramenta mais antiga disponível no mercado voltada para modelagem de informação, data do início da década de 1980. Esta plataforma é limitada ao sistema de construção pertinente ao projeto arquitetônico;
- c) Architecture da Bentley – Tem a vantagem de diminuir a necessidade de *hardware*, uma vez que o sistema permite gravar as ações diretamente no arquivo. Esta plataforma interage com diversos pacotes fornecidos pela empresa para as mais diversas aplicações nos processos da construção;
- d) Digital Project – é uma ferramenta para modelagem da informação avançada utilizada em sistemas complexos na indústria aeroespacial e automotiva. Tem destaque para objetos paramétricos customizados de grande peculiaridade.

Para processar, avaliar e integrar as informações obtidas após a criação dos modelos faz-se necessários outros pacotes computacionais que facilitam estas operações, segundo Morkos et al., (2012) os mais utilizados são:

- a) Navisworks Manage – é focado na análise de detecção de incompatibilidades físicas e sua documentação. Também permite a estimativa de quantitativos e o relacionamento do modelo com ferramentas de planejamento;
- b) Synchro Professional – é um pacote computacional focado na gestão da construção ao longo de todo o tempo de vida do projeto. Favorece o fluxo de informação entre o modelo e ferramentas de planejamento;
- c) Vico Office – Plataforma voltada para a gestão da fase de construção integrada com a gestão do escopo, controle de custos e planejamento. Os pacotes são modulares podendo ser adquiridos conforme a necessidade do usuário.

#### **2.4.6 Interações entre o BIM e a construção enxuta aplicadas ao PCP**

Koskela *et al.* (2010) relatam através de uma matriz de interação dos princípios teóricos da construção enxuta em sinergia com a adoção do BIM perfazendo um total de 56 possíveis interações. Dentre elas pode-se destacar sete interações ligadas diretamente ao planejamento e controle da produção (PCP), destacadas no quadro 02.

Quadro 02 - Interação dos princípios *Lean* e funcionalidade do BIM

<b>Funcionalidade BIM</b>	<b>Princípio Lean</b>
Fonte única de informação (modelo único usado nas fases de projeto, construção e operação)	Redução da variabilidade
Compatibilização físicas automatizadas	Redução do tempo de ciclo
Geração automatizada de tarefas de construção	Redução da variabilidade e tempo de ciclo
Simulação do proceso de construção	Redução da variabilidade e tempo de ciclo e controle
Visualização em modelos 4D	Redução da variabilidade e tempo de ciclo e gestão visual
Visualização de status do processo	Redução do tempo de ciclo, controle apropriado, gestão visual e validação
Comunicação on line do produto e processo	Gestão visual, redução do tempo de ciclo e controle apropriado

Fonte: Adaptado de Koskela *et al.* (2010), apud Mendes Júnior *et al.* (2014).

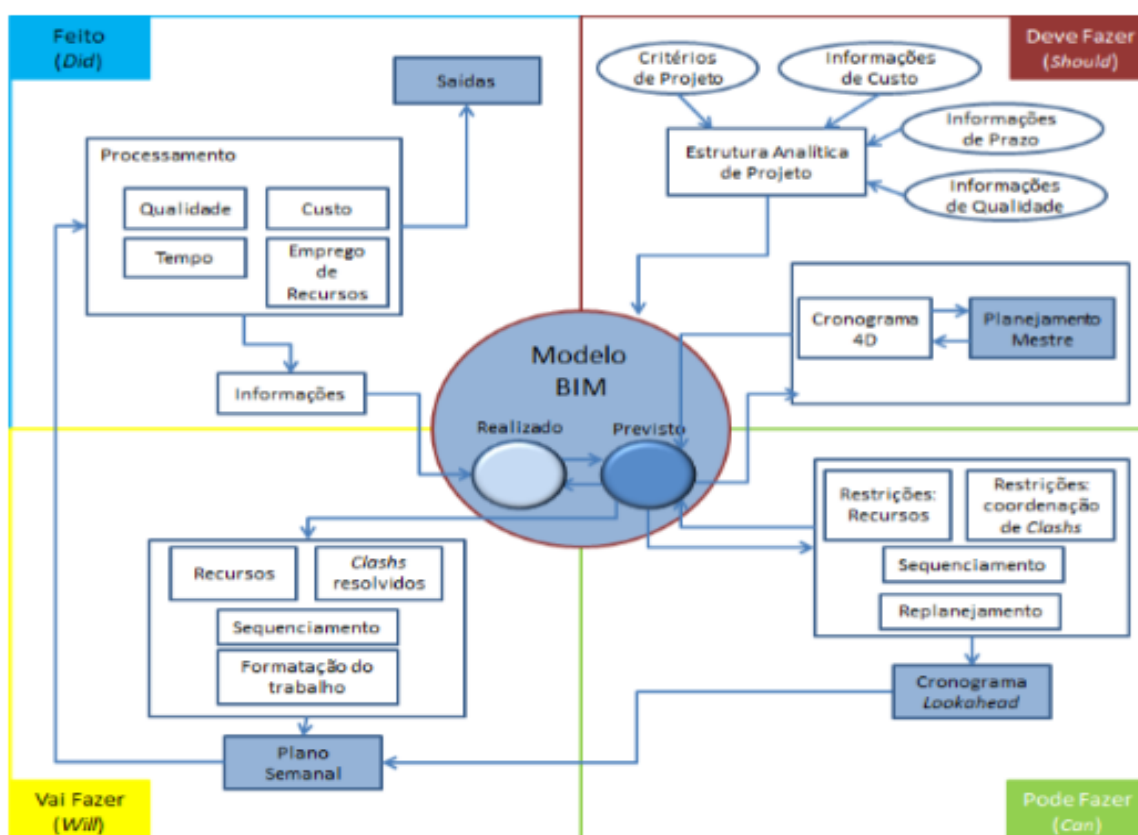
Bhatla & Leite (2012) propõem verificar a interação da construção enxuta e a adoção do BIM em um estudo de caso, atuando durante o planejamento de médio e curto prazo em instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas. Os pontos positivos relatados foram a remoção de restrições, verificação de incompatibilidade entre os projetos, diminuição do tempo de ciclo e auxílio na comunicação entre os participantes na compreensão da produção.

Biotto (2012) sugere um método com a utilização do modelo BIM 4D para elaboração do PCP, onde são geradas informações a serem utilizadas na tomada de decisão ao longo da construção dos planejamentos em todos os níveis hierárquicos. A pesquisa é realizada em quatro estudos empíricos, cada um deles para um dos

planejamentos de longo, médio e curto prazo, sendo o último para aplicação e validação do método.

Mendes Júnior *et al.* (2013) em um estudo de caso utilizam o modelo BIM em atividades do PCP e como resultado desta pesquisa sugere um arcabouço teórico de integração de BIM com o sistema *Last Planner*, baseado na proposta apresentada por Bhatla e Leite (2012), conforme Figura 3.

Figura 3 - Arcabouço teórico de integração de BIM com sistema *Last Planner*



Fonte: Mendes Júnior *et al.* (2014).

Nesta mesma pesquisa de Mendes Júnior *et al.* (2013) foi constatado ser possível obter mais informações para a produção quando da utilização de documentos integrados em um único banco de dados o que reduz a variabilidade e melhora a comunicação dos

envolvidos, trazendo uma redução do tempo de ciclo e de retrabalho apoiando portando a integração com os princípios *Lean*. Ainda demonstrou que a equipe não tinha maturidade para interagir com o modelo deixando-o de lado e voltando a forma tradicional recorrendo aos documentos sem interação. Sugere a aplicação do arcabouço teórico para sua validação e que já existem outros estudos sendo aplicado para o mesmo fim.

Sacks *et al.* (2013) aplica um modelo BIM integrado ao Sistema *Last Planner*, denominado *KanBim*, onde cada pacote de trabalho é visualizado *on-line* pela equipe de produção, mostrando o nível de maturidade percentual de cada pacote em relação a remoção dos empecilhos até a tarefa está pronta para ser iniciada sem nenhuma restrição identificada.

Ainda conforme relatório do *Smart Market* da editora Mcgraw Hill *Construction*, sobre panorama geral do uso do BIM, onde dentre as analisadas estão 40 construtoras brasileiras, nota-se que o BIM ainda está em fase de implantação no Brasil, pois 70% das entrevistadas tem apenas de 1 a 2 anos de uso do BIM. E ainda no mesmo relatório foi observado um potencial de 73% de engajamento em relação a implantação do BIM no Brasil. Trinta e quatro dos quarenta entrevistados tem uma visão positiva quanto ao retorno do investimento nesta tecnologia.

Com isso é possível deduzir que se faz necessário o entendimento das funcionalidades do BIM e de como utilizar seu potencial, que está preste a se tornar uma realidade no setor da construção do Brasil. Camara (2015) reforça essa tendência ao apresentar os resultados de uma pesquisa conduzida no Brasil entre 2009 e 2015 sobre o tema *Lean Construction*. Neste trabalho, o autor sustenta que as ferramentas mais utilizadas nas pesquisas desenvolvidas no país são o BIM, representando 14% das publicações, seguido pelo *Last planner*, com 10% das produções. Dessa forma, ainda há

necessidade de entendimento sobre como utilizar a informação oriunda do BIM para melhorar o processo de construção do PCP, através do Sistema *Last Planner*.

## CAPÍTULO 3 – MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve e conceitua o método de pesquisa a ser adotada neste trabalho. Inicia se com a estratégia da pesquisa, seguido do delineamento da pesquisa e as fontes de evidencias a serem utilizadas nesse trabalho.

### 3.1 Estratégia de pesquisa

Essa pesquisa está no contexto do gerenciamento da construção civil, trata do planejamento de obras com o uso da tecnologia da informação. Para atingir seus objetivos a pesquisa adota a abordagem metodológica da *Design Science*, que se ocupa do projeto de novos sistemas ou ainda da solução de problemas reais e relevantes (Van Aken, 2004).

O método *Design Science Research* estabelece um processo sistemático que tem como objetivo projetar e desenvolver artefatos que tenham condições de resolver problemas, mostrando-se com relevância também para o campo prático (Dresch, Lacerda, Cauchick, 2015). Ainda como preocupação fundamental da *Design Science Research*, está a avaliação daquilo que foi desenvolvido a fim de verificar se os objetivos propostos foram alcançados (Çağdaş & Stubkjaer, 2011).

Segundo March e Storey (2008) os elementos essenciais para a adequada condução da *Design Science Research* estão apresentados no quadro 03.

Quadro 03 – Elementos essenciais para a condução da *Design Science Research*



Elementos essenciais	Descrição
Problema	Deve ser relevante e formalmente explicado.
Solução	O pesquisador deve evidenciar que ainda não existe uma solução para o problema em questão.
	O pesquisador deve propor soluções satisfatórias, não necessariamente ótimas.
Desenvolvimento	O artefato que será utilizado para resolver o problema, deve ser devidamente desenvolvido.
Avaliação	Todo artefato deve ser avaliado a fim de verificar se ele atende as especificações pré determinadas (utilidade e viabilidade).
Agregação de valor	É fundamental que a pesquisa possa contribuir para o avanço do conhecimento e para melhorar os sistemas organizacionais.
Comunicação	O pesquisador deverá comunicar "o que" foi feito na pesquisa, assim como o "como" foi realizado.
	Devem ser explicitadas, ainda, as implicações da pesquisa.

Fonte: Dresch, Lacerda, Cauchick (2015), adaptado de March e Storey (2008).

Ainda segundo os mesmos autores, March e Storey (2008), a primeira etapa é a identificação do problema e a sua relevância; já a etapa de solução deve conter a revisão bibliográfica a fim de verificar que ainda não existe tal solução para o problema e propor soluções viáveis para tal; a terceira etapa de desenvolvimento é a construção do artefato propriamente dito; a próxima etapa consiste na avaliação deste artefato no que diz respeito a utilidade e viabilidade; a etapa de agregação de valor é a explicitação da contribuição no avanço da teoria geral e no campo prático; a última etapa relacionada a comunicação é aquela em que deve-se formalizar as implicações da pesquisa para aquilo que se propôs.

Ainda conceituando a *Design Science Research*, cuja solução proposta passa pela criação de um artefato, segue a definição para os tipos possíveis segundo March e Smith (1995):

- a) Constructos: constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções;
- b) Modelos: Em atividades de design, modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Na *Design Science*, no entanto, a preocupação é a utilidade de modelos, não a aderência de sua representação à verdade, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil;
- c) Métodos: um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Os métodos são criações típicas das pesquisas em *Design Science*;
- d) Instanciações: é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos.

É de suma importância, para o rigor acadêmico exigido, que se cumpra os passos na condução da DSR segundo Vaishnavi e Kuechler (2009):

- Conscientização: o pesquisador deve procurar compreender o problema amplamente, a fim de identificar todas as possíveis inter-relações com o contexto inserido;
- Sugestão: devem ser explicitadas uma ou mais alternativas para solucionar o problema em questão (Manson, 2006);
- Desenvolvimento: diz respeito ao desenvolvimento de artefatos em si, como algoritmos, modelos gráficos, maquetes, etc (Lacerda *et al*, 2013);
- Avaliação: visa verificar como o artefato se comporta no ambiente para o qual foi projetado, verificando se atende ao objetivo a que se propôs (Lacerda *et al*, 2013);

- Conclusão: visa apresentar os resultados da pesquisa para a comunidade, tanto acadêmica como organizacional, sendo fundamental para o avanço do conhecimento das áreas de estudo.

A fase de grande preocupação é a de avaliação do artefato que deve ser feita em cada etapa do método *Design Science Research* e deve estar alinhado diretamente ao artefato em si e a sua aplicabilidade (Lacerda *et al*, 2013). Os métodos de avaliação propostos por Hevner, March e Park (2004), podem ser observados conforme quadro 4.

Quadro 4 - Método para avaliação dos artefatos

<b>FORMA DE AVALIAÇÃO</b>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>
Observacional	Estudo de caso; Estudo de campo
Analítico	Análise estatística; Análise da arquitetura
Experimental	Experimento controlado; Simulação
Teste	Teste funcional (Black Box); Teste estrutural (white Box)
Descritivo	Argumento informado

Fonte: Hevner, March e Park (2004).

Esta pesquisa enquadra-se na *Design Science Research*, cujo objetivo principal é desenvolver um modelo, que possibilite a integração do planejamento e controle da produção (PCP), utilizando o Sistema *Last Planner*, com o BIM e verificar seu comportamento avaliando sua utilidade e aplicabilidade, através do método observacional.

### 3.2 Delineamento da pesquisa

A pesquisa irá basear-se em conhecimentos teóricos sobre Planejamento e controle da Produção (PCP), Sistema *Last Planner* e BIM. O conhecimento prático será realizado através de estudo empírico em construtora de Goiânia. O artefato a ser construído será um modelo de integração do sistema *Last Planner* com o BIM e a avaliação será feita através da investigação de sua utilidade e viabilidade. E como contribuição pretende-se promover um refinamento teórico entre o PCP e o BIM. O presente trabalho terá a concentração nas duas últimas fases do Sistema *Last Planner*, ou seja, no planejamento de médio prazo (*Lookahead*) e do planejamento de curto prazo (*work week plan/commitment planning*).

A pesquisa foi realizada em quatro fases, conforme apresentado no quadro 5.

Quadro 5 -Delineamento da pesquisa

<b>FASE 01</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	Busca de um problema relevante na indústria AEC; Lacuna do conhecimento;
<b>FASE 02</b>	<b>EXPLORATÓRIA</b>	Treinamento da pesquisadora no REVIT Escolha da empresa; Entendimento do PCP da empresa;
<b>FASE 03</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	Escolha da obra; Modelo preliminar; Aplicação do modelo; Avaliação do modelo;
<b>FASE 04</b>	<b>CONSOLIDAÇÃO</b>	Comunicação; Contribuição teórico/prática

#### Fase 01 - Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica primeiramente em busca do tema e da lacuna do conhecimento em um problema relevante para o planejamento e controle da produção

dentro da indústria da arquitetura, engenharia e construção. Depois a busca pelo aprofundamento sobre a literatura que envolva o planejamento e o uso da plataforma BIM, nas construtoras.

A fase de revisão bibliográfica permanecerá ao longo de toda a pesquisa a fim de fundamentar e comparar os resultados encontrados.

#### Fase 02 – Fase Exploratória

Inicia-se com a busca de empresas na região do centro oeste, local da pesquisa, a fim de identificar construtoras envolvidas com a implantação do BIM e disponíveis para a pesquisa. Seguida das seguintes atividades: (a) treinamento da pesquisadora no *software Revit* da *Autodesk*; (b) Escolha da empresa; (c) Entendimento do PCP da empresa; (d) Estudo do *plug in* existente; (e) Estudo do *Software* visualizador (intitulado L7).

#### Fase 03 – Fase de Desenvolvimento

O desenvolvimento do artefato passa por um estudo empírico envolvendo as seguintes atividades: (a) Escolha da obra; (b) identificação das limitações do *plug in* e do *software* visualizador (L7) para a utilização do *Last Planner*; (c) adequação através da reprogramação do *plug in* e do *software* para o uso adequado no *Last Planner*; (d) Aplicação do modelo; (e) Avaliação do modelo; (f) Refinamento do modelo.

#### Fase 04 – Fase da Consolidação

A consolidação passa pela avaliação do modelo baseado nos constructos analisados, a apresentação do modelo final seguido da análise da contribuição teórica identificada nesta pesquisa.

### 3.3 Estudo Empírico

O estudo empírico desta pesquisa foi desenvolvido em três etapas, com a finalidade de compreender o problema real, desenvolver e testar o modelo e identificar a contribuição prática e teórica da solução proposta, conforme quadro 06:

Quadro 06 - Etapas do estudo empírico

ESTUDO EMPÍRICO		
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Análise do procedimento gerencial da empresa	Operacionalização do modelo	Avaliação do modelo no ambiente em que foi construído
*Reunião preliminar com os gestores;	* Adequação do <i>plug-in</i> ;	* Aplicação do modelo;
*Acompanhamento de reuniões de planejamento;	* Adequação do software visualizador (L7);	*Melhoramento do modelo caso necessário;
* Desenvolvimento de diagrama de fluxo de dados;	* Realização de testes do modelo;	* Apresentação do modelo proposto para os gestores da obra.
*Proposta de um modelo preliminar.	* Refinamento do modelo.	

Fonte : a autora 2016

a) Etapa 1 - Análise do procedimento gerencial da empresa, relacionado ao PCP, através de:

- Reunião preliminar com os gestores para apresenta os objetivos da pesquisa e definir a obra que será adotada como objeto de estudo;
- Acompanhamento de reuniões de planejamento;
- Desenvolvimento de diagrama de fluxo de dados;
- Proposta de um modelo preliminar.

b) Etapa 2 – Operacionalização do modelo:

- Adequação do plug-in;
- Adequação do *software* visualizador (L7);
- Realização de testes do modelo;
- Refinamento do modelo.

c) Etapa 3 – Avaliação do modelo no ambiente em que foi construído:

- Aplicação do modelo;
- Melhoramento do modelo caso necessário;
- Apresentação do modelo proposto para os gestores da obra.

A avaliação do modelo foi voltada para análises de sua utilidade e funcionalidade, conforme apresentado no quadro 7.

Quadro 7 - Avaliação dos constructos Utilidades e Funcionalidade para validação do modelo proposto.

<b>Constructo</b>	<b>Subconstructo</b>	<b>Questões</b>
<b>Utilidade</b>	Confiabilidade da informação	A informação gerada pelo modelo é fidedigna a realidade? Pode ser visualizada em tempo hábil para sua utilização?
	Aumento da comunicação	A informação gerada pelo modelo aumenta a comunicação entre as partes interessadas?
	Utilização das informações geradas	As informações oferecidas pelo modelo são utilizadas na construção do planejamento e controle da produção, tornando-o mais eficaz?
	Integração das informações utilizadas	As informações que ficavam disponíveis em banco de dados diferentes com o modelo passaram a está disponível em um banco de dados único?
<b>Funcionalidade</b>	Facilidade de uso	O aprendizado na operação do modelo é fácil?
	Facilidade de entender as informações	É de fácil entendimento as informações geradas e sua utilização?
	Retroalimentação eficaz	A alimentação do modelo com informações de campo é feita de maneira fácil?
	Interesse em continuar o uso da ferramenta utilizada	Há interesse da empresa em continuar com o uso do modelo desenvolvido?

Fonte: a autora (2016)

O constructo “Utilidade” é dividido em quatro subconstructos que são: Confiabilidade da informação; Aumento da comunicação; Utilização das informações geradas e Integração das informações utilizadas, as fontes de evidências utilizadas para tal avaliação serão, observação participante, reuniões, entrevistas e percepção da



pesquisadora, respondendo as questões conforme quadro 3, que serão realizadas ao longo das fases de desenvolvimento e consolidação.

Já o constructo “Funcionalidade” também está dividido em quatro subconstructos, facilidade de uso, facilidade de entender as informações, retroalimentação eficaz e interesse em continuar com uso da ferramenta utilizada. As fontes de evidências usada para validação serão as mesmas do constructo utilidade em respostas as questões expressas no quadro 3.

### **3.4 Fontes de evidência**

As fontes de evidências utilizadas nesta pesquisa foram:

- a) Análise de documentos: É utilizada com finalidade de corroborar e valorizar as evidências obtidas de outras fontes (YIN, 2003);

Foram analisados: Plano geral da obra (PGO) para entendimento do PCP e construção do Diagrama de fluxo de dados; Projetos aprovados para construção do modelo 3D; Cronograma máster aprovado para inserção das metas no modelo de integração; Diário informativo de obra para identificação da mão de obra presente na obra; Ordem de compras aprovadas para formação do banco de dados referentes aos materiais;; Gráficos de avanço físico retroativo para alimentar o modelo com informações anteriores;

- b) Entrevistas: A entrevista serve para guiar as conversas através de perguntas estruturadas ou abertas e permite que ao pesquisador inferir sobre os dados registrados segundo a percepção dos entrevistados (YIN, 2003).

As entrevistas abertas foram aplicadas aos gestores da obra, engenheiros de produção e planejamento bem como estagiários e arquiteta responsável pelo setor de projetos. As entrevistas foram aplicadas em dois momentos para o entendimento da construção do PCP e para a avaliação do modelo desenvolvido.

- c) **Observação Direta:** Pode ser utilizada para analisar alguns comportamentos relevantes ou condições ambientais e podem ser realizadas informalmente ou de forma sistêmica, através do uso de protocolos observacionais (YIN, 2003). Essa fonte de evidencia foi utilizada informalmente pela pesquisadora em todos os momentos em que estava presente no canteiro de obras ou em reuniões com os envolvidos no estudo empírico.
  
- d) **Observação Participante:** é um modo especial de observação, na qual, o pesquisador não é um mero observador passivo, mas assume variedade de papéis dentro do estudo e pode participar dos eventos estudados (YIN, 2003). Foi utilizado nos momentos de reunião para construção do planejamento de curto prazo quando demonstrando a operação do modelo e contribuindo com a formação do PCP.

### **3.5 Descrição da empresa – objeto de estudo**

Foi realizada em construtora goiana, a qual tem em seu portfólio obras privadas de diferentes portes como, shopping centers, usinas hidrelétricas, complexos esportivos e de lazer, centro educacionais, prédios comerciais e residenciais entre outros. A Empresa

estudada prima por um sistema de gerenciamento, planejamento e controle para executar obras com alto grau de complexidade e curto prazo de entrega. A empresa possui várias certificações como: Gestão da qualidade ISO 9001; PBQP-H nível A; Sistema de gestão ambiental ISO 14001 e Gestão de saúde e segurança no trabalho OHSAS 18001.

Atualmente a empresa possui duas obras de grande complexidade. A obra estudada foi escolhida devido ao processo de implantação da gestão e do planejamento, com a utilização do BIM.

A obra objeto de estudo possui uma área a ser construída de aproximadamente 52.134,09 m<sup>2</sup> e valor estimado de R\$ 104.500.000,00. Teve o início em novembro de 2014 e término previsto para março de 2017. As características podem ser observadas no quadro 8.

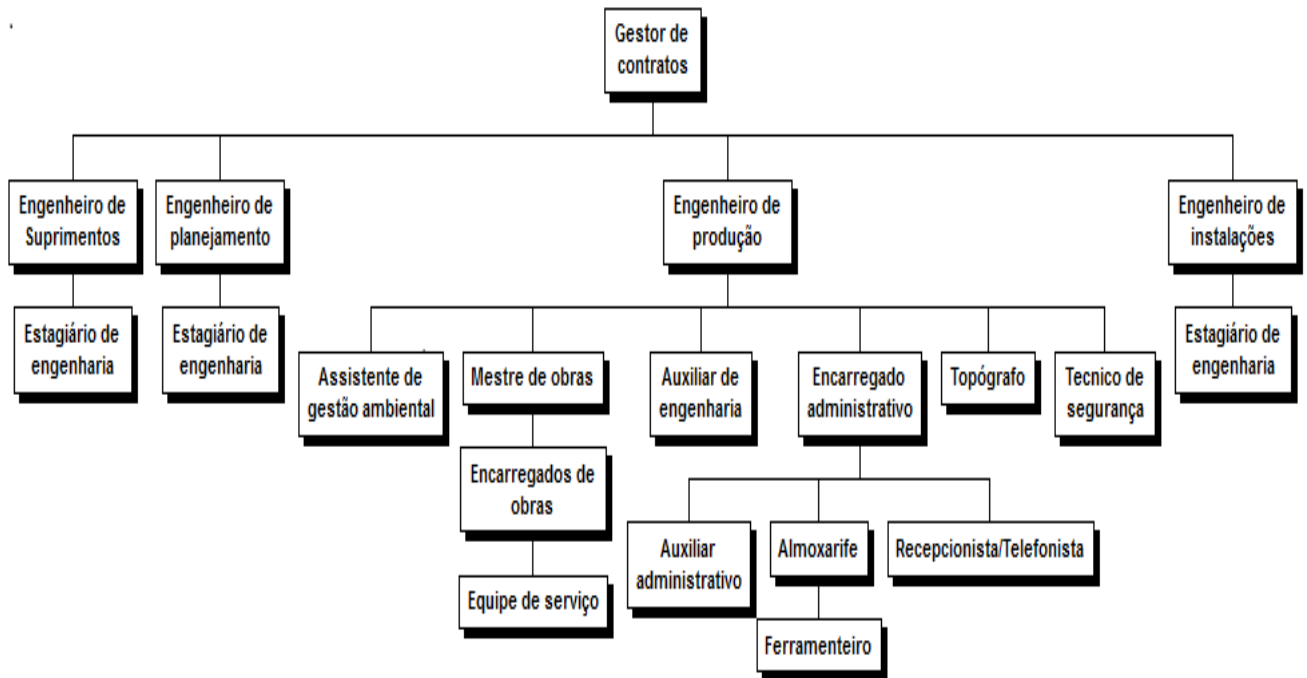
Quadro 8 - Características da obra

<b>Descrição da obra</b>	
<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Número de edifícios	1
Número de pavimentos	SS, Piso 01, Mezanino 02, Piso 02 e Mezanino 02
Número de Unidades (lojas)	162
Número de vagas de estacionamento	1.808
<b>Quadro de áreas</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Área total construída	52.134,09
Área total do terreno	45359,96
<b>Prazos</b>	
<b>Prazo</b>	<b>Data</b>
Prazo contratual	2 anos e 5 meses
Início físico	novembro de 2014
Término físico	Março de 2017
Entrega para o cliente	Março de 2017

Fonte: PGO da obra

Ainda com o objetivo de caracterizar a obra estudada, a administração está estruturada conforme organograma da Figura 4.

Figura 4 - Organograma da obra



Fonte: PGO – Plano Geral da obra A

A obra possui um comitê do Sistema Integrado da Obra, o qual é composto pelo gestor de contrato, engenheiro residente, engenheiro de instalações, engenheiro de planejamento, engenheiro de suprimentos, assistente de gestão ambiental, auxiliar de engenharia, equipe de topografia, técnico de segurança do trabalho, encarregados, estagiários e administrativo de obra.

Os serviços acompanhados pela presente pesquisa foram as instalações de combate a incêndio, e assentamento de revestimento de piso em granito, estimados, em R\$ 6.426.750,00, perfazendo um total de aproximadamente 6,15% do valor da obra. Esses serviços foram escolhidos, pois serão modelados em 3D no *software* Revit® para

compatibilização, o qual faz parte da implantação do BIM na construtora e ainda por estarem no início da sua execução.

## **CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO**

Este capítulo apresenta as principais etapas para o desenvolvimento do modelo. Inicialmente, a pesquisa teve como objetivo diagnosticar o sistema de planejamento e controle da produção – PCP - da construtora pesquisada e propor um modelo de integração com o BIM. Posteriormente, o esforço de pesquisa voltou-se para a operacionalização do modelo, através da constituição de uma plataforma de integração de *softwares* e bancos de dados e adequações no processo de PCP existente na organização estudada, visando implantar a filosofia *Last Planner* integrada ao modelo BIM.

### **4.1 Diagnóstico do sistema de PCP na organização estudada**

A primeira etapa do estudo de campo foi direcionada para a compreensão do processo de PCP existente na construtora adotada como objeto de estudo. Constatou-se que a organização estava implantando o BIM em seus processos de projeto e PCP. Verificou-se a existência de um *plug-in* que permitia somente a visualização do avanço físico e acompanhamento da evolução da obra no modelo 3D do *software* da Autodesk Revit®.

#### **4.1.1 – Sistema de planejamento e controle da produção existente na organização estudada**

Para diagnosticar a situação existente na organização estudada, a primeira ação realizada consistiu em uma reunião preliminar para esclarecimento sobre os objetivos da pesquisa e solicitação de acesso a alguns processos da empresa, com o intuito de obter os dados necessários à investigação.

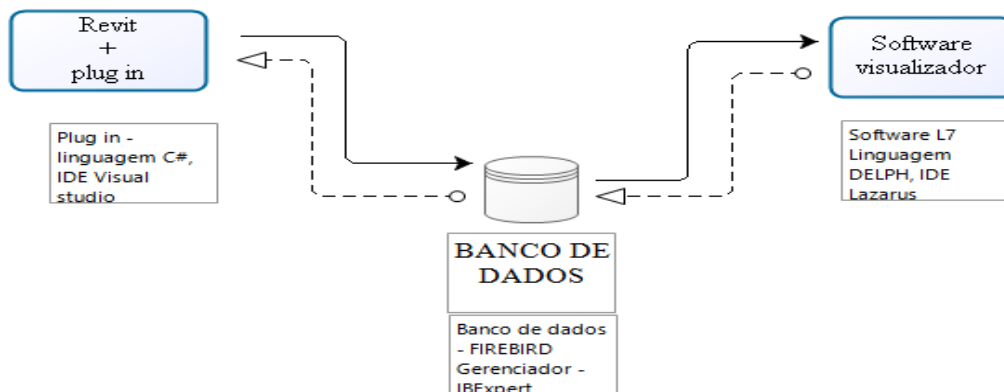
Uma entrevista de natureza semiestruturada foi realizada com o responsável pelo planejamento e controle da produção da organização estudada. Constatou-se que o início do processo de elaboração do planejamento da obra consistia na elaboração de um cronograma, apresentado pela diretoria da empresa e aprovado pelos clientes envolvidos no projeto, que era estabelecido como uma meta a ser alcançada, através da definição dos prazos contratuais das etapas principais do empreendimento. Este cronograma era apresentado na forma de uma planilha eletrônica gerada pelo *software Windows Excel®*.

Para realização do acompanhamento visual da obra a empresa contava com um *plug-in*, no Revit®, desenvolvido pelo próprio gerente de planejamento da obra e um *software desktop*, destinado a visualizar as informações extraídas do modelo 3D gerado no *software Revit®* e transformá-las em relatórios e gráficos de acompanhamento. O *plug-in* é um *software* que acrescenta funcionalidades ao *software* principal, ao qual está associado. Esse *plug-in* foi desenvolvido no *IDE (Integrated Development Environment) Visual Studio* em linguagem C#, uma linguagem orientada a objetos, onde dados e procedimentos passam a fazer parte de um só elemento básico: o objeto.

Já o *software desktop* foi desenvolvido no *IDE Lazarus*, em linguagem *Delphi*. Além do *plug-in* e do *software desktop*, a plataforma de integração contava com um banco

de dados *Firebird* e o gerenciador *IBExpert*. Na Figura 5 é apresentada a arquitetura de integração existente na organização estudada:

Figura 5 – Arquitetura de integração entre o *software* Revit, o *plug-in* e o *software* L7



Fonte: elaborado pela autora (2017)

O *plug-in* existente controla o avanço físico de cada serviço que foi previamente cadastrado no *software* desktop L7. Após o cadastro é gerado um código numérico que é posteriormente é inserido nos dados de identidade de cada elemento geométrico no Revit®, com isso é realizada a ligação dos elementos do modelo 3D com as informações referentes ao tempo, como, por exemplo, a data que uma parte do serviço foi executado. E também tornando possível programar uma data previa para sua execução.

Na obra “A”, objeto de estudo desta pesquisa, a programação da execução era realizada mensalmente e o avanço físico semanalmente, ambas sob responsabilidade do engenheiro de planejamento.

O *software desktop* permite visualizar os avanços físicos dos serviços através de planilhas contendo informações com datas previstas e realizadas de execução. Além da visualização em planilhas, também havia a possibilidade de avaliar a evolução dos



serviços de forma gráfica, comparando as curvas entre o que foi programado com o que foi executado, em valores absolutos e percentuais.

Com as ferramentas apresentadas anteriormente, o plano de médio prazo era desenvolvido até o quarto dia útil de cada mês vigente, com base no cronograma meta (destinado ao horizonte de longo prazo da obra). Neste plano, os principais serviços eram fracionados em tarefas menores, as quais deveriam corresponder aos percentuais de avanços mensais estabelecidos no cronograma meta. Essas tarefas eram distribuídas ao longo das quatro semanas do mês, de maneira linear, isto é, em partes iguais a serem realizadas semanalmente. A programação mensal era então transmitida ao setor de produção através de pranchas, com desenhos indicando os locais que as tarefas programadas deveriam ser realizadas e de tabelas contendo as quantidades semanais de serviços a serem realizados (expresso em unidades), conforme apresentado nas Figuras 6 e 7, que ilustra a programação do serviço de instalações de combate a incêndio no mês de agosto de 2016:

Figura 6 – Mapa de avanço físico da programação do serviço de instalações de combate a incêndio no mês de agosto de 2016

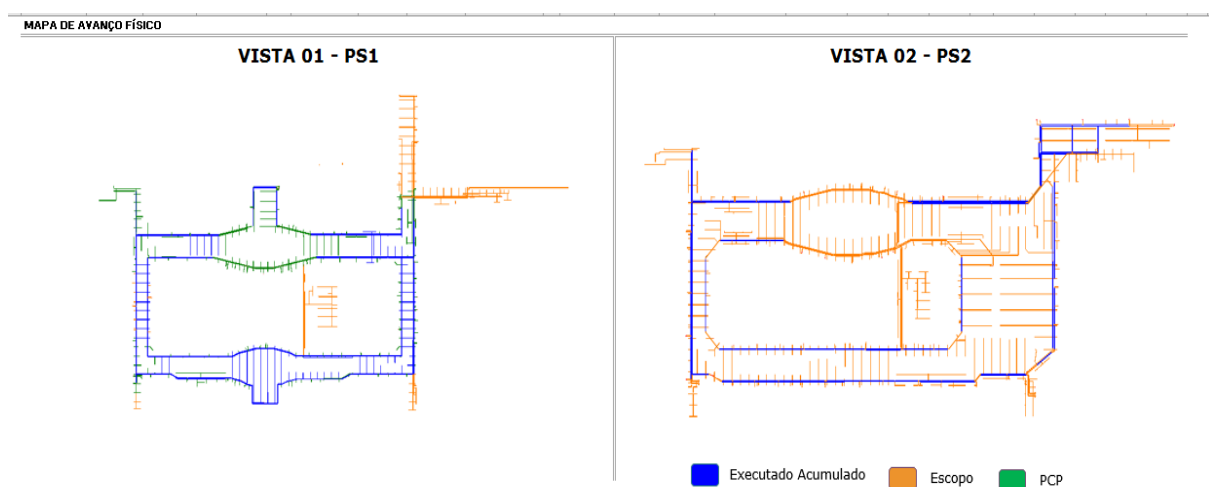
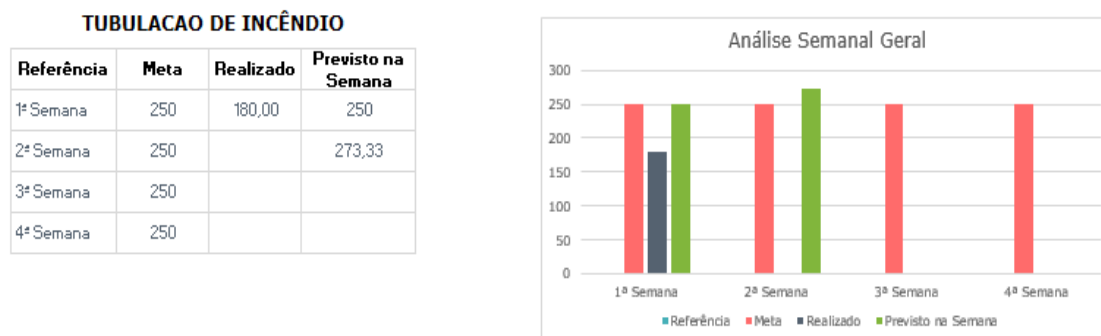


Figura 7 – Gráfico de análise da programação do serviço de instalações de combate a incêndio no mês de agosto de 2016

**GRÁFICO DE ANÁLISE SEMANAL**



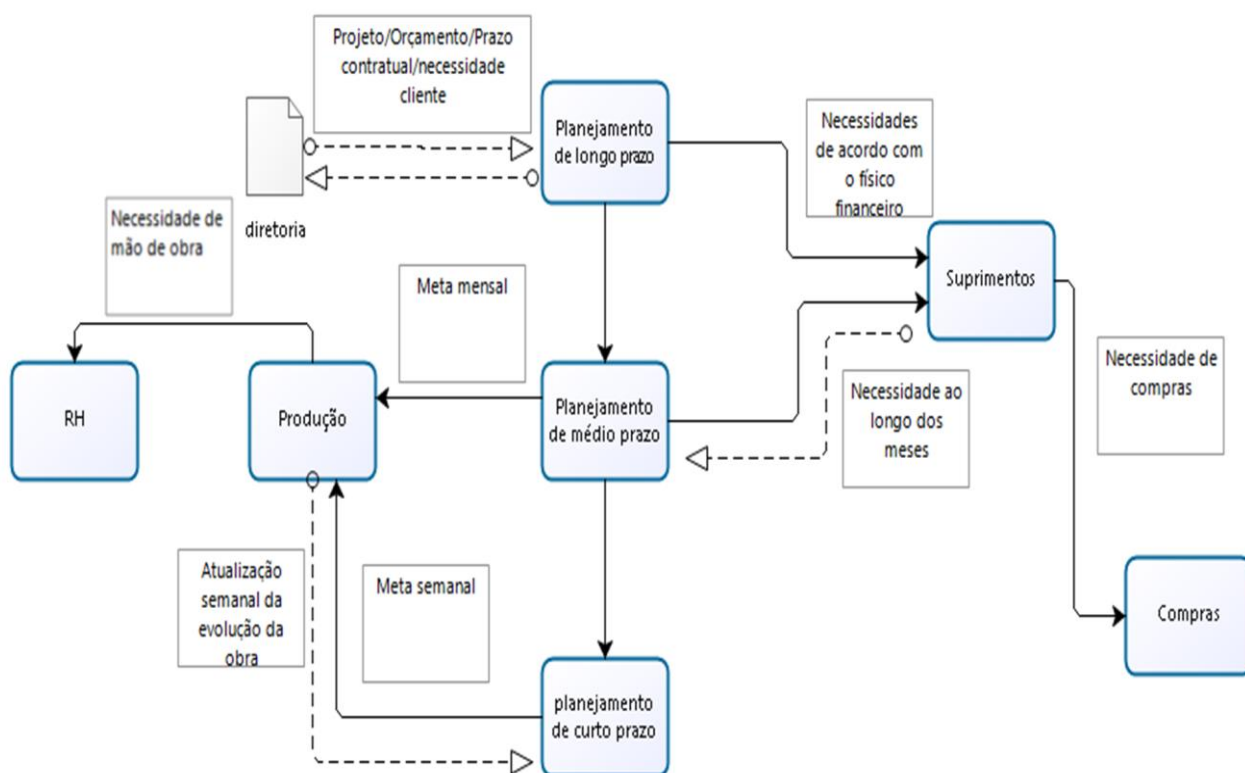
Fonte: Obra A (2016)

A programação mensal apresentada na Figura 6 e 7 é encaminhada à gerência da obra por e-mail e através de pranchas impressas em tamanho A3, que ficam afixadas na parede da sala de gerenciamento da produção do canteiro. As pranchas dos pavimentos são extraídas do *software Revit®* com o *plug-in* instalado de avanço físico. Na Figura 6, no Mapa de Avanço Físico, a cor azul representa o que foi realizado, a cor laranja representa o serviço que falta para a sua conclusão e a cor verde o que deve ser realizado no mês que recebe a programação. Na Figura 7, a coluna intitulada “Meta” mostra a quantidade (em metros de tubulação de incêndio) que deve ser instalada. Já a coluna intitulada “Realizado” apresenta o que foi realizado na semana e que já foi lançado como avanço físico no *software Revit®*. A coluna intitulada “Previsto na semana” indica a quantidade inicial da meta semanal (oriunda da coluna Meta) acrescida pelo déficit ou reduzida pelo excedente de serviço em relação ao programado na semana anterior, que já foi realizado antecipadamente. Esta programação semanal é de responsabilidade da gerência da obra. Constatou-se que o planejamento de curto prazo, da maneira como é

realizado na Obra “A”, controla a acumulação do serviço feito e promove o replanejamento, redistribuindo o serviço não executado para as semanas seguintes.

Ainda nesta fase inicial da pesquisa, foram realizadas entrevistas de natureza aberta e participações em reuniões de planejamento, com o objetivo de expressar o funcionamento do PCP da empresa estudada. O resultado obtido é apresentado na Figura 8, através de um diagrama de fluxo de dados:

Figura 8 –Planejamento e controle da produção da Obra “A”



Fonte: elaborado pela autora (2017)

O planejamento observado no fluxo apresentado na Figura 8 que os planos de produção de médio e curto prazos possuem praticamente o mesmo conteúdo, apresentando diferenças apenas em relação às metas de produção, que são apresentadas, no plano de médio prazo com volume de trabalho mensal e no plano de curto prazo em

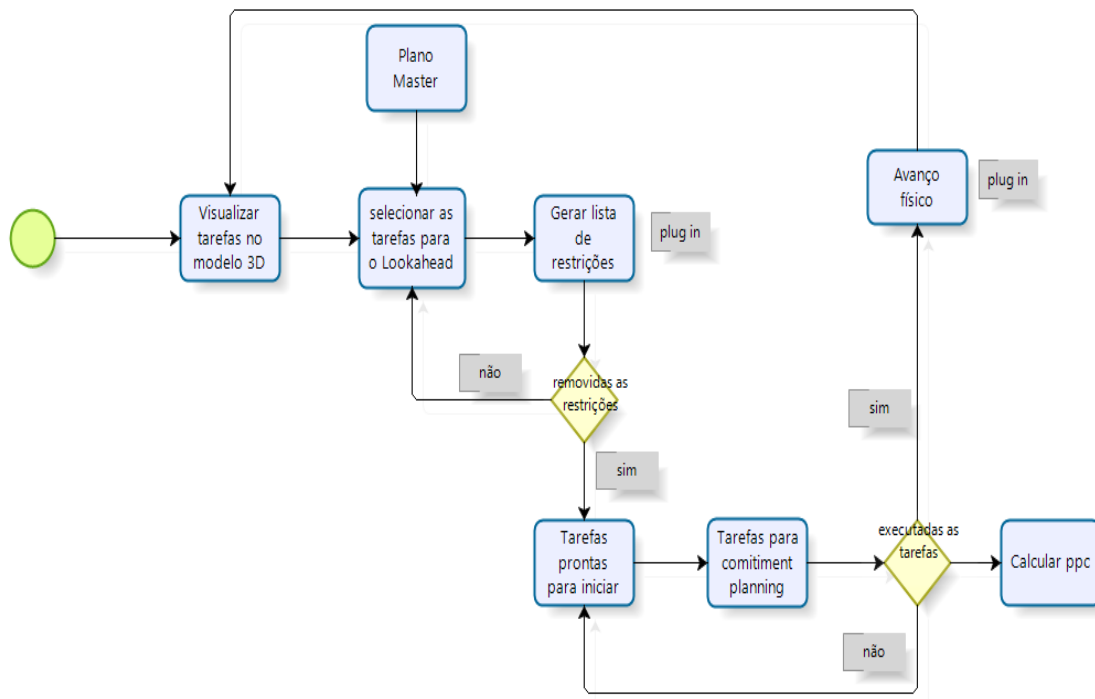
fração semanal. A atualização semanal é feita pelo engenheiro de planejamento e os estagiários do planejamento, não havendo interação com a produção para colaboração no avanço físico no modelo existente no *software Revit®*. Verificou-se ainda que de médio prazo é realizado sem informações formais a respeito da disponibilidade de mão de obra, sendo alimentado apenas por dados oriundos de comunicações entre o responsável pelo planejamento da produção e o gerente da obra ou os líderes de equipe. Esta comunicação ocorre geralmente quando for detectado algum tipo de atraso no mês anterior ao da programação. Os problemas relacionados aos projetos são resolvidos apenas na hora da execução e a verificação da disponibilidade de materiais também é realizada apenas na semana de execução. O planejamento de curto prazo não existe formalmente.

Após a etapa de obtenção do diagnóstico do PCP existente na Obra “A”, a pesquisa avançou para apresentação de uma nova proposta de planejamento de médio e curto prazos com base no sistema *Last Planner*.

#### **4.1.2 – Proposta de inserção do sistema *Last Planner* no processo de PCP**

Com base no diagnóstico do processo de PCP apresentado na seção anterior verificou-se a necessidade de melhorar o fluxo de informações especialmente nos planos de médio e curto prazos. Para tanto, a proposta deste trabalho indicou a adoção dos fundamentos do sistema *Last Planner* de planejamento associado ao modelo BIM, tornando as informações visíveis em apenas um banco de dados. Nesse sentido, foi apresentada uma proposta conforme indicado na Figura 9:

Figura 9 – Proposta de PCP com base na associação do sistema *Last Planner* ao BIM



Fonte: elaborado pela autora (2017)

O modelo proposto é iniciado com a extração de informações oriundas do *software Revit®*. Seleciona-se uma lista de serviços que serão considerados como candidatos a serem incluídos no planejamento de médio prazo intitulado *Lookahead*. Após esta seleção inicial, deve-se analisar a lista de restrições desses serviços, no que diz respeito aos suprimentos de insumos materiais, mão de obra e especificações de projetos, de modo a verificar a condição de inseri-los definitivamente no plano *Lookahead*. Os serviços considerados preparados para execução são inseridos no planejamento semanal, intitulado o *commitment planning*, gerando um banco de tarefas prontas para iniciar. O processo de planejamento pode gerar antecipações ou substituições de serviços inseridos previamente no planejamento *Lookahead*, de modo a tornar o plano de curto prazo mais eficaz, apenas com as atividades que terão efetivas condições de serem executadas. Quando a tarefa for executada calcula-se o índice PPC, como medida da eficácia do planejamento e através

do *plug-in* promove-se o registro do avanço físico da obra no banco de dados ligado ao *software Revit®*.

## 4.2 Desenvolvimento da proposta de melhoria

A realização da implantação da proposta de melhoria foi realizada pela pesquisadora e uma equipe de pesquisa constituída pelo gerente de planejamento da organização submetida ao estudo, dois estudantes de engenharia, estagiários desta organização na Obra “A” e dois alunos bolsistas de iniciação científica da PUC Goiás.

A autora deste trabalho teve papel ativo como coordenadora nas melhorias implementadas nos *softwares* usados no processo de PCP, com o intuito de fazer a integração do sistema *Last Planner* com o modelo BIM, determinando as funcionalidades que deveriam ser acrescentadas para promover tal integração. Além disso, foi responsável pelo lançamento das informações no modelo, análise de documentos existentes na empresa, no sentido de organizar as informações necessárias sobre consumo de mão de obra e de materiais, acompanhamento do serviço realizado na obra, operacionalização do modelo proposto e realização da análise crítica sobre os resultados obtidos.

A linguagem de programação dos *softwares* da plataforma BIM foi desenvolvida pelo gerente de planejamento da empresa pesquisada, sob demanda solicitada pela autora. Este funcionário da organização estudada tornou-se pesquisador no grupo de pesquisa do Laboratório de Pesquisa em BIM (LABIM) da PUC Goiás, o que assegurou a agilidade no desenvolvimento do sistema computacional.

A etapa de implantação consistiu na operacionalização do modelo proposto, em que o *plug-in* do *software Revit®* e o *software desktop* que nesta pesquisa passou a ser

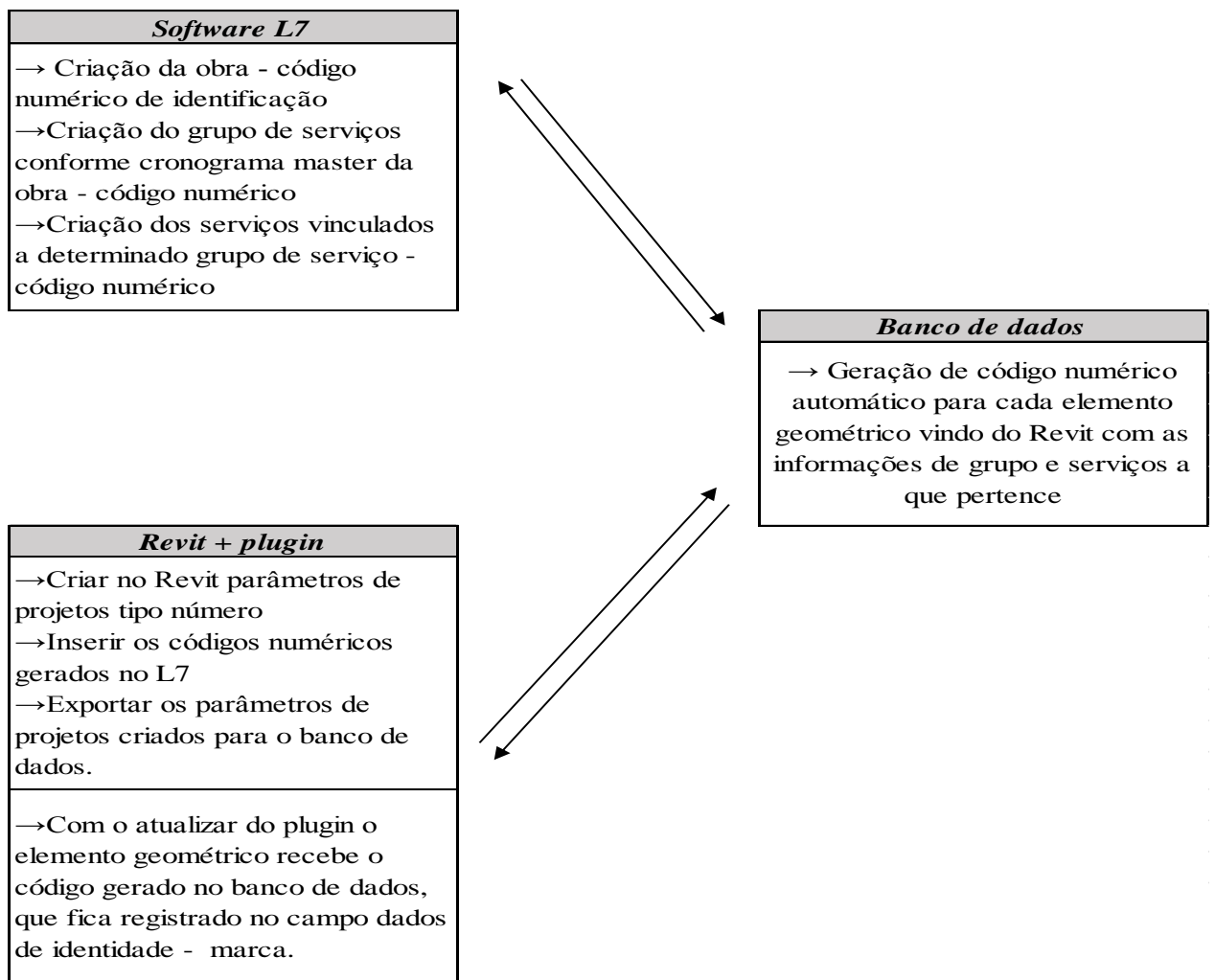
intitulado de L7, foram ampliados e adequados à lógica do sistema *Last Planner* a fim de funcionarem de forma integrada.

Nas seções seguintes será descrito como foi feita a interação entre o modelo 3D do *software Revit®*, o banco de dados e o “L7”. Posteriormente será descrito as funcionalidades que foram desenvolvidas para promover a integração da tecnologia BIM com o sistema *Last Planner*.

### **4.3 Comunicação dos dados entre o Revit®, o banco de dados e o *software* L7**

A comunicação entre os dados foi realizada através da identificação nas estruturas geométricas do modelo 3D no Revit® por meio de códigos de identidades criados para ligar essas estruturas a uma obra, um grupo de serviços e uma atividade. O *software* de banco de dados estabelecia comunicação direta com o *software* Revit® e servia de intermediário com o *software* L7, com o qual também estabelecia comunicação. A Figura 10 ilustra a forma de interação existente entre os *softwares* utilizados na plataforma BIM estudada:

Figura 10-Fluxograma de integração entre o Revit®, o banco de dados e o *software* L7



Fonte: elaborado pela autora (2017)

No *software* L7 cria-se uma obra que irá gerar um código numérico. Todo o cronograma desta obra é inserido no L7 e os serviços que criados devem possuir vínculos com as obras em que serão executados, uma vez que o *software* pode gerenciar várias obras simultaneamente. Posteriormente, são criados grupos de serviços dentro da obra, de acordo com seu cronograma mestre, gerando, assim, um código numérico para cada grupo de serviços. Por sua vez, cada grupo de serviços é segmentado nas atividades que o compõem, gerando códigos numéricos para cada uma delas. Além da criação das atividades que compõem os grupos é atribuído um peso para cada atividade, que pode ser

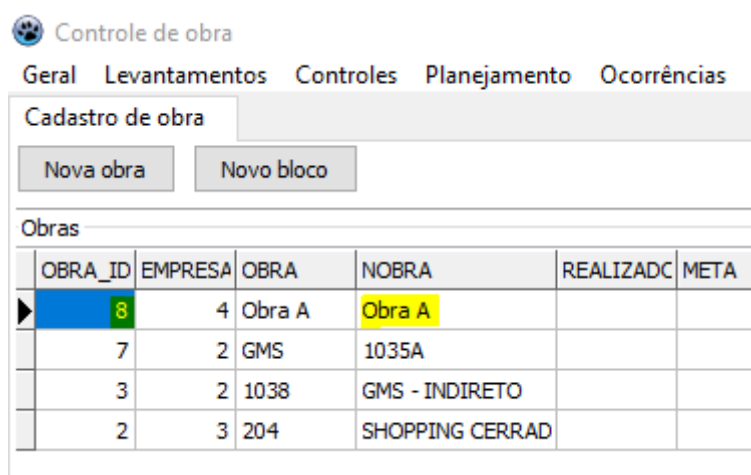


determinado pela proporcionalidade do seu custo em relação ao custo total do grupo de serviços ou por outro critério estabelecido pelo responsável pelo planejamento.

Para exemplificar o processo de geração dos códigos numéricos gerados pelo L7, que são a base de ligação entre os *softwares* e o banco de dados, será apresentado um exemplo de criação da obra, grupo de serviços e atividades, com as imagens da tela do *software*.

Inicialmente, como apresentado na Figura 11, é ilustrado o procedimento de criação de uma nova obra. Em um menu geral, há uma opção intitulada “Cadastro de obra” e, posteriormente, uma opção intitulada “Nova obra”. Neste procedimento de cadastro é possível atribuir um nome à obra cadastrada. No exemplo da Figura 11 a obra cadastrada recebeu o título de “Obra A”, cujo código numérico gerado automaticamente pelo *software* L7 (na coluna OBRA\_ID) é 8.

Figura 11- Tela de criação de uma obra no *software* L7



	OBRA_ID	EMPRESA	OBRA	NOBRA	REALIZADC	META
▶	8	4	Obra A	Obra A		
	7	2	GMS	1035A		
	3	2	1038	GMS - INDIRETO		
	2	3	204	SHOPPING CERRAD		

O próximo procedimento de cadastro consiste em criar dentro da “Obra A” os grupos de serviços vinculados a ela. Nesta pesquisa, houve o acompanhamento de três grupos de serviços: o de revestimento em granito, o de instalações hidro sanitárias e o de

instalações de incêndio. Como apresentado na Figura 12, estes grupos de serviços receberam respectivamente os códigos 63, 64 e 65.

Figura 12 - Tela de criação do grupo de serviços – *Software L7*

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

Cadastro de obra Gerenciamento grupo de serviço

Obra A Novo grupo Definir datas Relatório

Relatório

Relatório 15/12/2016 xlsx

Grupos

Código	Grupo	Ordem	Peso	Total projeto	Data da projeção	Ok?	Ativo	Orç
63	Granito	63	0,00000			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
64	Hidrossanitario 2	64	0,00000			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
65	Incêndio 2	65	0,00000			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

No último procedimento de cadastro os grupos de serviços criados são segmentados em tarefas/serviços, recebendo, automaticamente, códigos numéricos para cada uma das tarefas que compõem o grupo, como apresentado nas figuras 13 e 14.

Figura 13- Procedimento de criação dos serviços no *software L7*

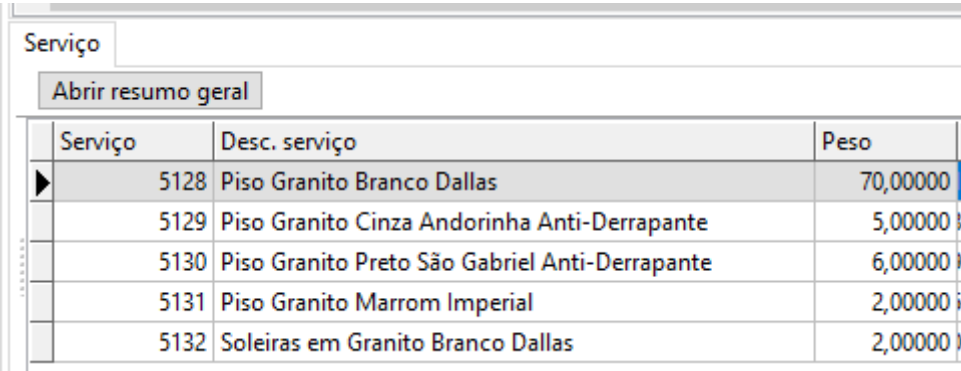
Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

Servico

Serviço	Desc. serviço	Unid	Item	Etapa	Posi
05128	Piso Granito Branco Dallas	m2	01.01.01	INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE CANTEIRO	
05132	Soleiras em Granito Branco Dallas	un	01.01.01	INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE CANTEIRO	

Figura 14 - Tela com o resumo das atividades do grupo de serviços de instalação de granito, cadastradas no *software* L7



Serviço	Desc. serviço	Peso
5128	Piso Granito Branco Dallas	70,00000
5129	Piso Granito Cinza Andorinha Anti-Derrapante	5,00000
5130	Piso Granito Preto São Gabriel Anti-Derrapante	6,00000
5131	Piso Granito Marrom Imperial	2,00000
5132	Soleiras em Granito Branco Dallas	2,00000

Na figura 14 aparece o resumo dos serviços cadastrados em relação ao grupo intitulado “Granito”. Este grupo foi segmentado nos vários serviços que o constituem. Cada serviço recebeu um código numérico (na coluna Serviço) e a atribuição de um peso, de acordo com sua participação na composição do grupo de serviços.

Assim que os códigos de grupos e de serviços dentro da obra são criados no *software* L7 ocorre o armazenamento de informações relacionadas a estas variáveis no banco de dados Firebird 3.0.

Resta ainda criar a ligação das estruturas geométricas do modelo 3D do *software* Revit® com as informações da obra criada. Para isso é necessário criar no modelo 3D parâmetros de projetos que permitam estabelecer essa ligação, que envolve a criação de dois parâmetros de projetos: um parâmetro intitulado tocGrupo e outro tocServiço, ambos do tipo numérico, que serão visualizados em dados de identidade, conforme pode ser observado nas figuras 15 e 16, que ilustram o procedimento de parametrização do *software* BIM.

Figura 15- Tela de criação de parâmetro de projetos no *software Revit®*

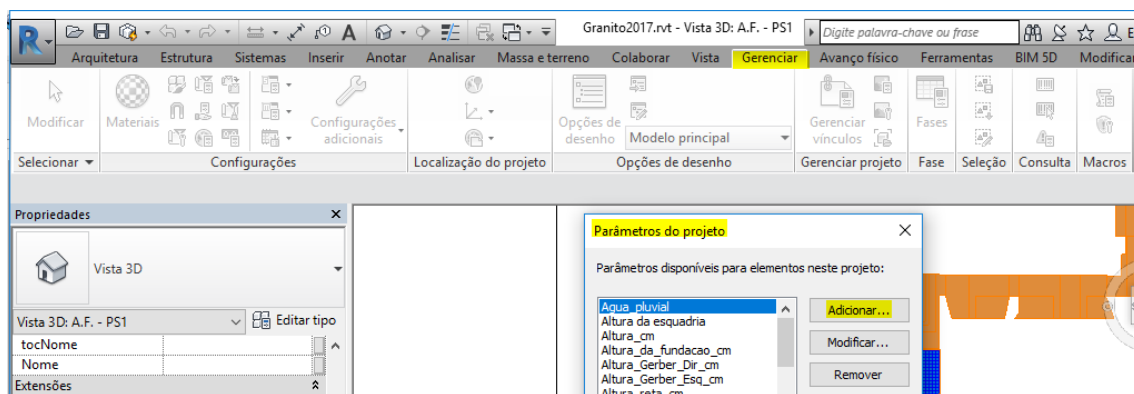
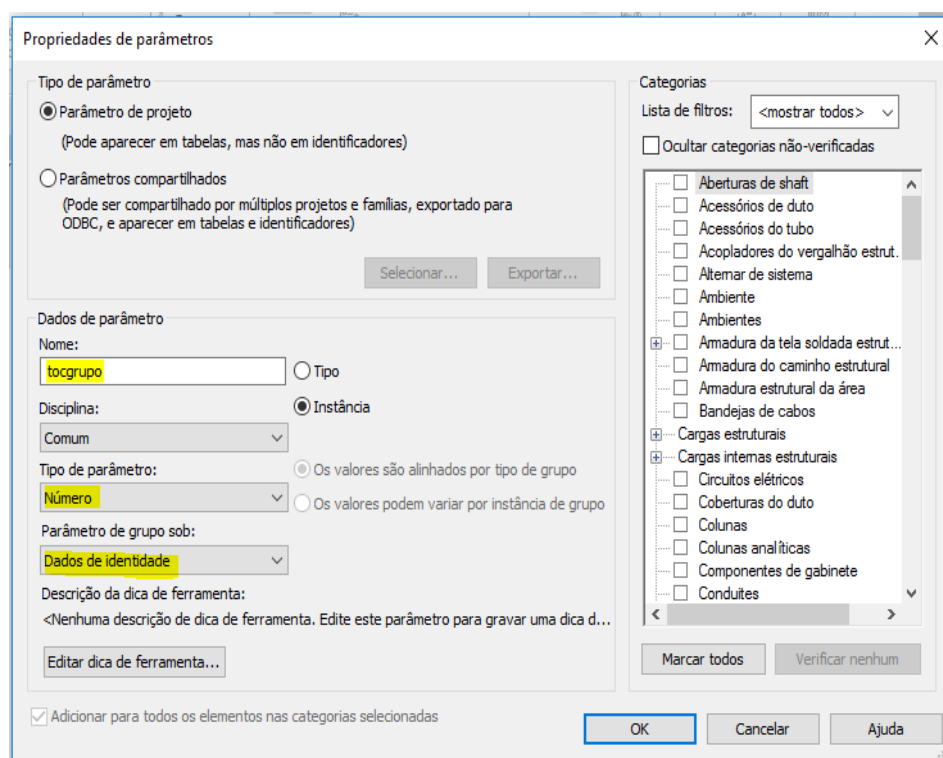
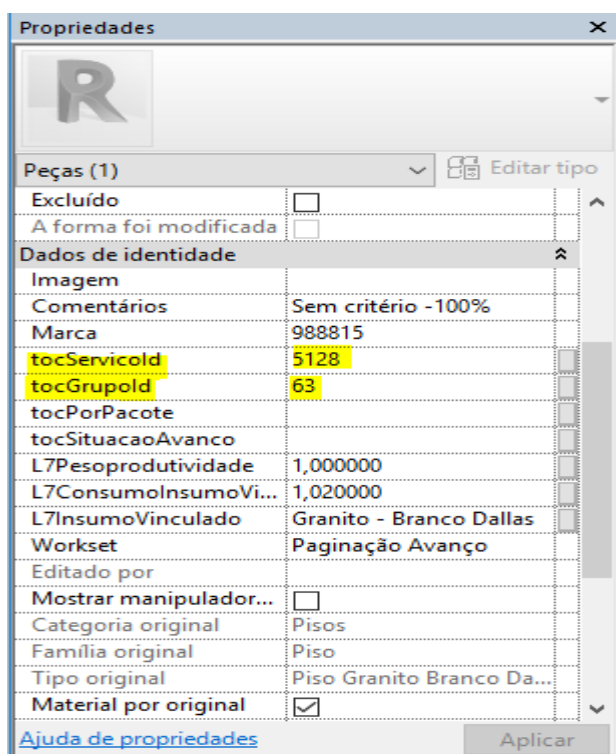


Figura 16- Tela de propriedades de parâmetro no *software Revit®*



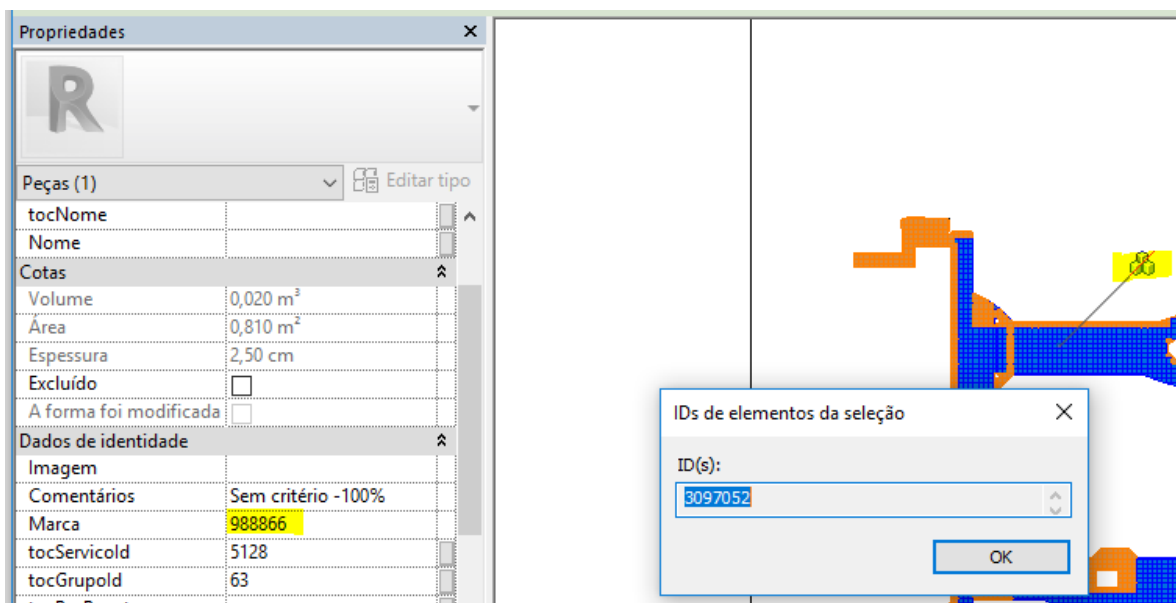
O parâmetro tocGrupo refere-se ao grupo de serviço criado (item do cronograma) e o parâmetro tocServiço é associado a qual serviço desse grupo o objeto no modelo 3D pertence. Os códigos gerados no *software L7* devem ser inseridos para cada família pertencente aos diversos grupos e serviços respectivamente, conforme pode-se visualizar na Figura 17:

Figura 17- Tela de inserção dos parâmetros de projeto no *software Revit®*



Posteriormente, ao se exportar as informações do *software Revit®* para o banco de dados Firebird, através de uma funcionalidade adicionada pelo *plug-in* criado, cada elemento geométrico com dados de identidade associados ao grupo e serviço a que pertence é armazenado com um código numérico criado dentro do banco de dados. Ao atualizar as informações do banco de dados com o modelo no *software Revit®*, esse código numérico aparece no campo “dados de identidade” intitulado “marca”, conforme observado na Figura 18:

Figura 18 - Identidade marca do elemento geométrico dentro do banco de dados



Na Figura 18 aparecem o elemento selecionado e seu ID gerado pelo *software Revit®* e no campo de “dados de identidade” o código numérico do elemento dentro do banco de dados, já relacionado com o grupo e o serviço a que pertence.

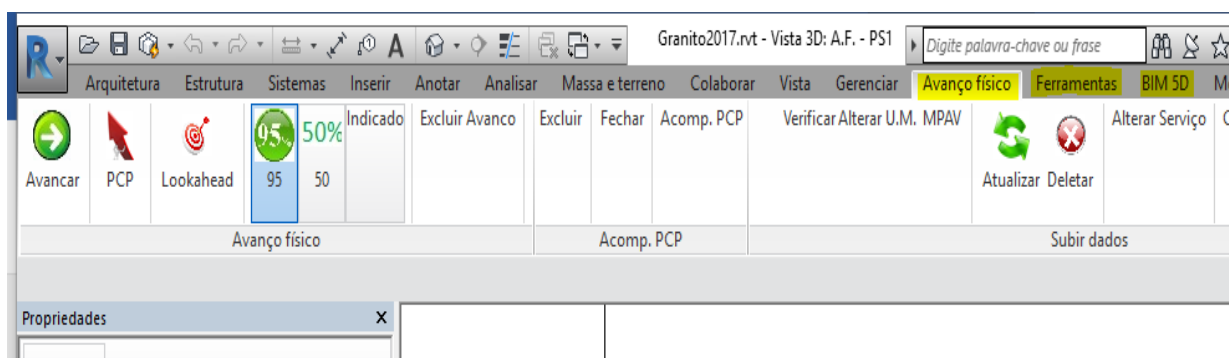
Com a integração das informações entre o modelo 3D do *software Revit®*, o banco de dados e o *software* gerenciador L7 constitui-se a solução que permitirá proporcionar a integração do sistema *Last planner* ao BIM. Porém, para tal integração é necessário acrescentar algumas funcionalidades tanto ao plug-in quanto ao L7, as quais serão apresentadas no próximo tópico.

## 4.4 Adequação do plug-in e do *software* L7 ao modelo proposto

### 4.4.1 Aperfeiçoamento da interação entre o *plug-in* e o *software* Revit®

Para a adaptação do *plug-in* à proposta da pesquisa foram criadas novas funcionalidades inseridas no programa, nas abas já existentes. A Figura 19 apresenta as abas do *plug-in* Revit®:

Figura 19 - Tela do *software* Revit® com as novas funcionalidades do *plug-in*

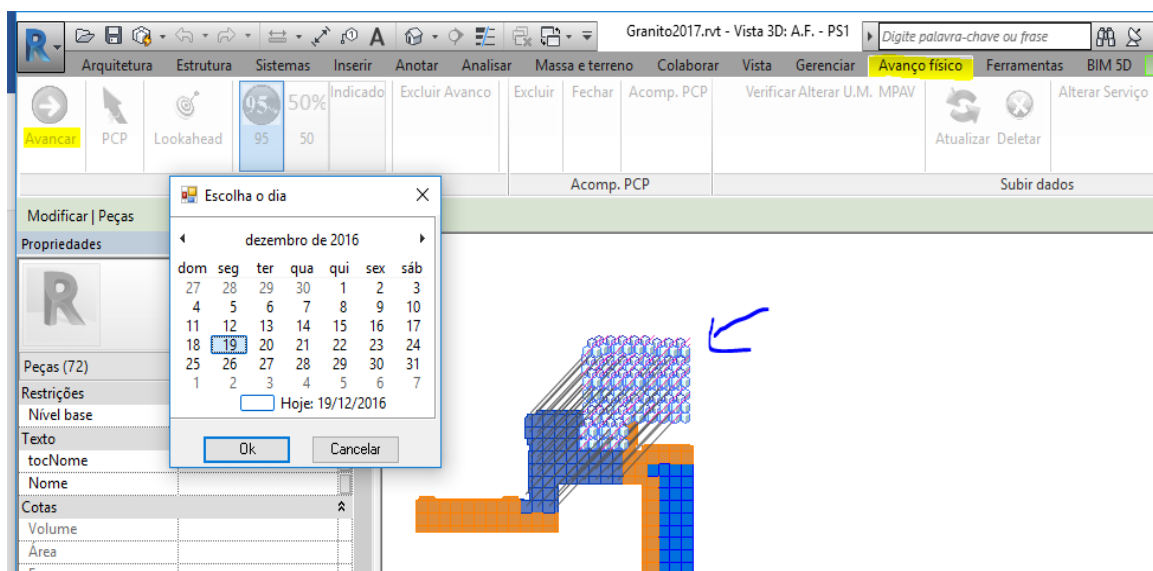


A funcionalidade mais utilizada nesta pesquisa vem da aba “Avanço físico”, a qual é subdividida em três painéis, intitulados “Avanço físico”, “Acomp. PCP” e “Subir dados”.

O painel “Avanço físico” recebeu funcionalidades que permitem fazer o planejamento da obra nos horizontes de médio e curto prazos, além de possibilitar a visualização do que foi executado na obra, para proporcionar o acompanhamento de seu progresso. A funcionalidade “Avançar” permite que seja selecionado no modelo 3D o trecho que já foi executado na obra e lhe atribuir a data da execução. Esses dados posteriormente serão lidos e visualizados numericamente e graficamente no *software* L7.

No modelo 3D, o trecho que executado mudará da cor de laranja para azul, conforme ilustrado na Figura 20.

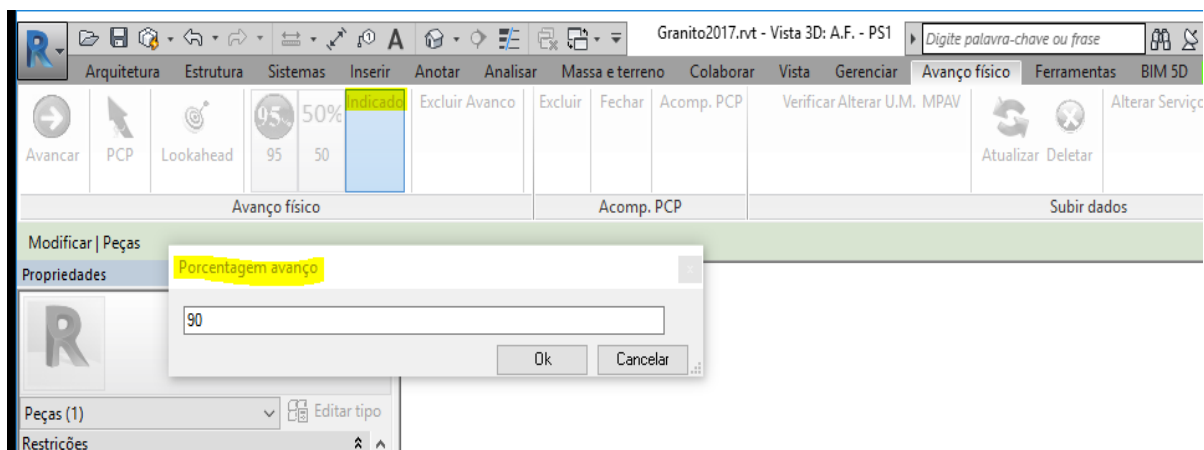
Figura 20- Tela do avanço físico do *plug-in* do software Revit®



Na figura 20 é apresentado um exemplo da funcionalidade “Avançar”. No modelo 3D foi selecionado um grupo de elementos geométricos indicados pela seta em azul e através da aba “Avanço físico” do *plug-in*, na funcionalidade “avançar”, atribuiu-se o dia em que foi executado este serviço (19/12/2016) e a porcentagem executada do serviço total, indicada na figura 21.

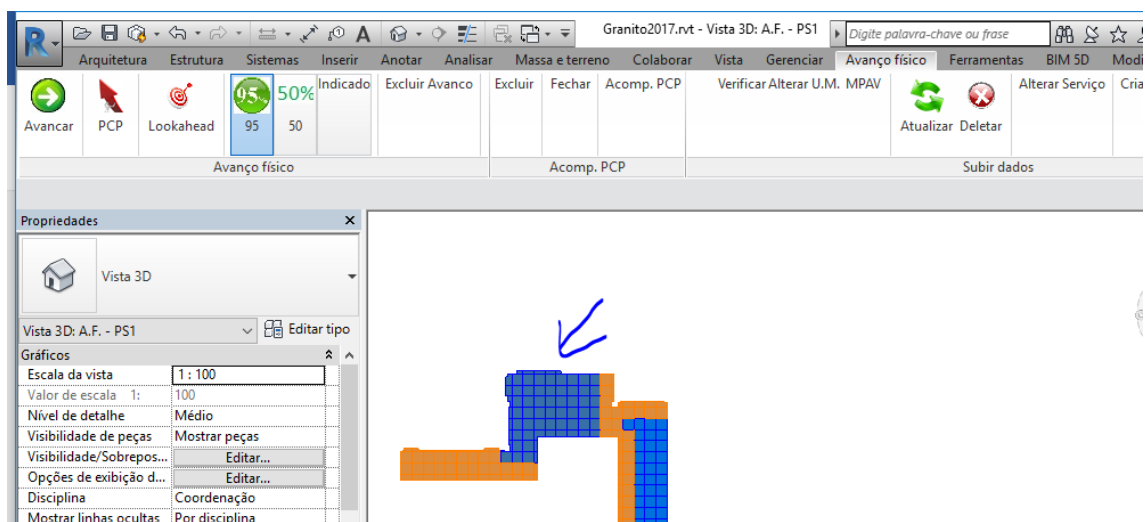


Figura 21- Tela de avanço físico do plug-in do do *software Revit®*



Depois de definido o percentual, de execução os elementos visuais do *software Revit®* aparecerão com coloração azul diferente, com um tom mais forte quando o serviço for totalmente executado (equivalente a 100% do avanço) e um tom mais claro, para serviços não concluídos (com avanços percentuais inferiores a 100%). Pretende-se com esse procedimento de visualização, facilitar o acompanhamento visual da obra. A Figura 22 exemplifica esta situação:

Figura 22 - Tela de avanço físico plug-in do *software Revit®*

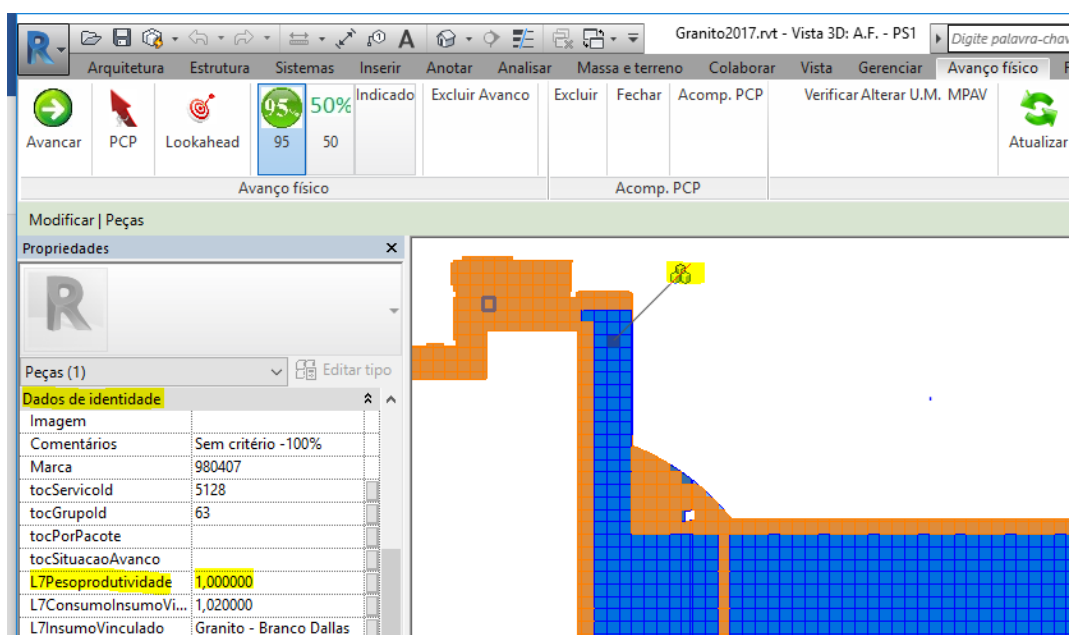


Observa-se, na figura 22, que os elementos geométricos selecionados (indicados pela cor azul escura) indicados pela seta, registram um serviço (de assentamento de granito, neste exemplo) que já foi 100% concluído, liberando a próxima frente de serviço.

Outra funcionalidade relevante para esta pesquisa disponível no painel “Avanço físico” é a intitulada *lookahead*, cujo objetivo é selecionar o trecho que se pretende realizar num horizonte de quatro a seis semanas e verificar suas restrições referentes aos insumos de mão de obra, material e projetos (pretende-se inserir outros insumos em desenvolvimentos futuros do *plug-in*). Para que essa funcionalidade fosse implantada houve a necessidade da criação de novos parâmetros que serão descritos a seguir.

Inicialmente, para a verificação da restrição referente a mão de obra, foi criado um parâmetro de projeto do tipo numérico, registrado no campo “dados de identidade”, intitulado *L7Pesoprodutividade*, onde é possível atribuir pesos diferentes em relação a trechos que envolvem níveis diferentes de produtividades em relação ao mesmo serviço. Por exemplo, no assentamento de granito, quando a peça não requer nenhum tipo de recorte, o consumo de mão-obra é menor, porém para aquelas peças onde há um trabalho acrescido pelo recorte da peça, esse consumo aumenta. Neste exemplo, as peças que não necessitam de recorte têm o parâmetro *L7Pesoprodutividade* igual a 1,00, conforme apresentado na Figura 23.

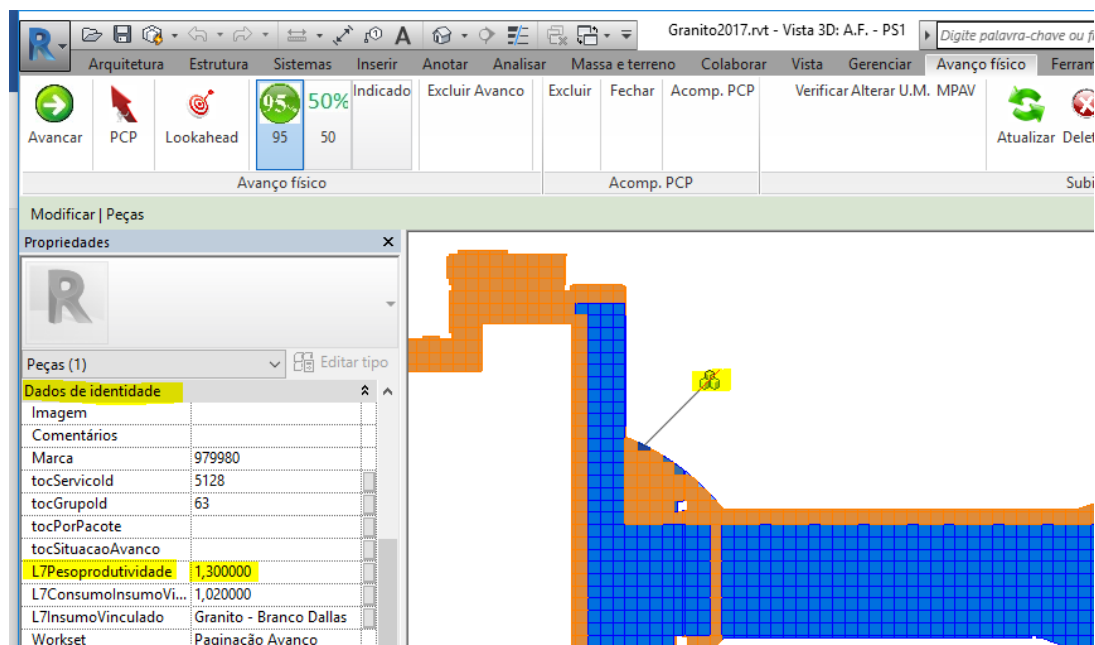
Figura 23- Tela do *software Revit®* com o *plug-in* com o parâmetro L7Pesoprodutividade= 1,00



No exemplo da Figura 23 o objeto geométrico selecionado é uma peça de granito inteira a qual não necessita de recorte, logo o parâmetro L7Pesoprodutividade que aparece nos dados de identidade tem valor igual a 1,00. Neste caso, quando a funcionalidade do *Lookahead* for determinar a quantidade de mão de obra necessária para assentar essa peça será considerado esta referência para o consumo de mão-de-obra requerida para esse serviço.

As peças com necessidade de recortes recebem um incremento no indicador de consumo de mão-de-obra, indicando uma diminuição na velocidade de execução do trecho do serviço onde as peças necessitam de um trabalho maior, acrescentado pela atividade de recorte da peça. Neste exemplo foi arbitrado que o parâmetro L7Pesoprodutividade deveria receber o indicador de consumo igual a 1,30, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Tela do *software Revit®* com o *plug-in* com o parâmetro  $L7Pesoproductividade = 1,30$



Na Figura 24 aparece um elemento geométrico correspondente a uma pedra de granito que necessita de recorte. Neste caso, o  $L7Pesoproductividade$  adotado foi igual a 1,30, pois, para o assentamento de uma peça de granito dessa natureza, o consumo de mão de obra é 30% maior, em comparação com as peças inteiras, a partir da experiência adquirida na execução de um serviço dessa natureza.

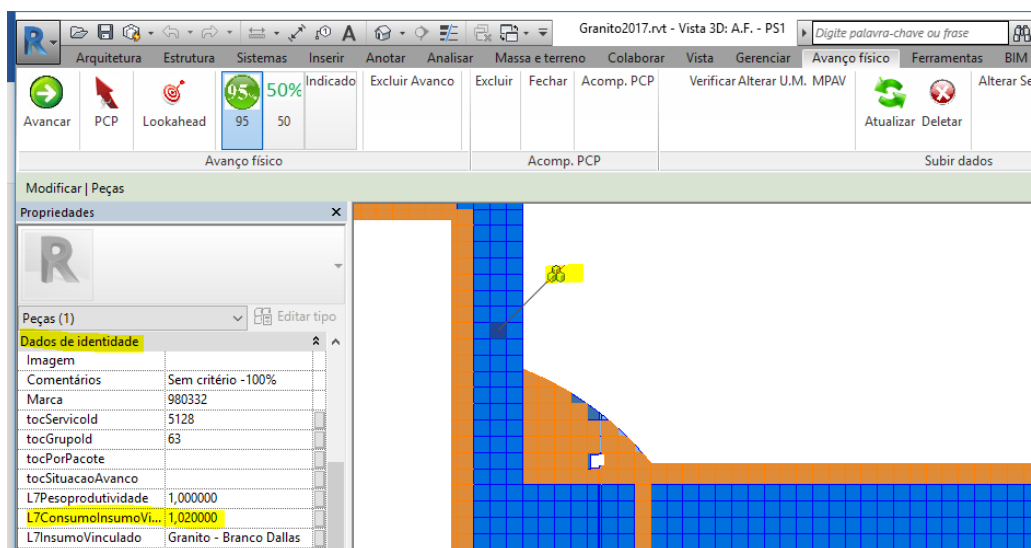
O parâmetro referente ao consumo de mão-de-obra foi criado depois de testes durante o desenvolvimento do *software*, que indicaram que nos dias em que as equipes assentavam granito em uma região em que existiam muitos recortes, havia uma flutuação em relação ao parâmetro histórico do índice de consumo de mão de obra da empresa pesquisada. Os testes após o acréscimo do parâmetro  $L7Pesoproductividade$  mostraram um comportamento mais próximo da realidade encontrada na obra.

Para a verificação da restrição referente ao material necessário à execução do serviço programado foram criados dois parâmetros de projeto: um do tipo numérico

(L7ConsumoInsumoVinculado) e outro do tipo texto (L7InsumoVinculado). Os dois parâmetros são visualizados no campo de propriedades “dados de identidade”.

O parâmetro L7ConsumoInsumoVinculado liga ao elemento geométrico o consumo do material referente ao serviço ao qual está vinculado. Por exemplo, no assentamento de granito há uma perda de material na pedra de granito. Segundo referências da obra estudada, para a execução do serviço de assentamento de revestimento em granito há uma perda de 2% deste material por metro quadrado. Logo, o parâmetro L7ConsumoInsumoVinculado é igual a 1,02, conforme ilustrado na tela da Figura 25:

Figura 25- Tela do *software Revit®*, com o parâmetro de projeto L7ConsumoInsumoVinculado

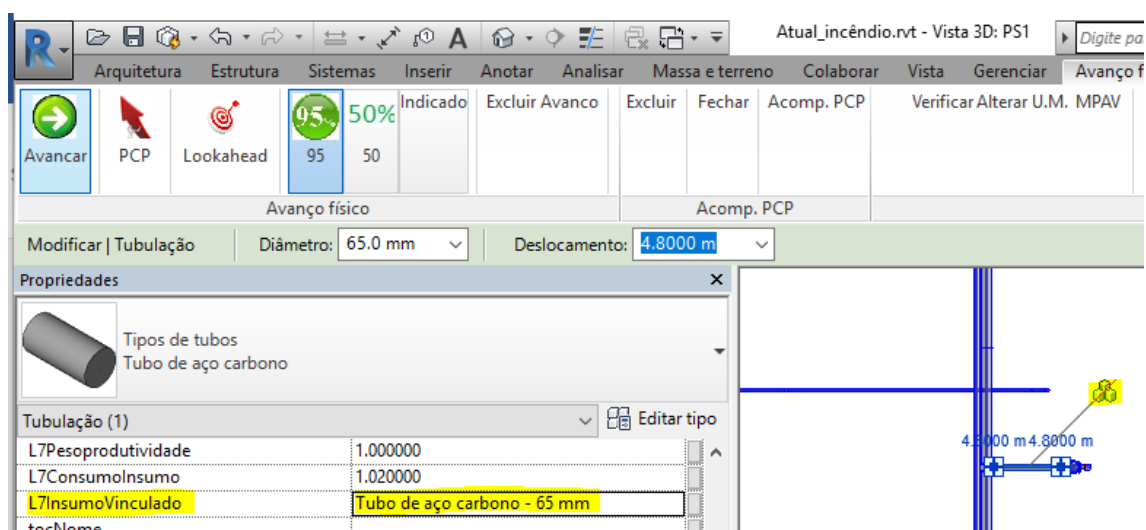


Pode-se constatar na Figura 25 que o parâmetro L7ConsumoInsumoVinculado do elemento geométrico selecionado é igual a 1,02. No sentido de efetivamente incorporar os princípios da construção enxuta ao processo construtivo da empresa estudada, o gerente de planejamento recebeu orientação para não adotar comportamento passivo em relação às perdas e se envolver em estudos buscando reduzi-las.

O outro parâmetro de projeto criado para implementar a função *Lookahead* foi o L7InsumoVinculado, cuja finalidade é vincular o elemento geométrico pertencente a um

serviço ao nome da peça que precisa constar no estoque para a execução do serviço. Por exemplo, ao selecionar um trecho do serviço de instalação de tubulação de água fria para ser executada na próxima semana é necessário saber quais as conexões, quantidades de tubos de diferentes dimensões, válvulas e outros materiais são necessários para sua execução. O parâmetro L7InsumoVinculado faz a ligação de cada elemento geométrico com um insumo específico necessário, conforme apresentado na Figura 26:

Figura 26 – Tela do *software Revit®* com o parâmetro de projeto L7InsumoVinculado



Na figura 26 pode-se verificar que o elemento geométrico selecionado foi vinculado ao parâmetro “L7InsumoVinculado” - Tubo de aço carbono - 65mm. Ao ser selecionado dentro de um trecho programado no planejamento *Lookahead* será verificada a sua disponibilidade no estoque para realização do serviço previsto.

A criação desse parâmetro tornou-se necessária porque um serviço cadastrado no banco de dados, por exemplo, o da execução de tubulação de água, tendo sua unidade de medida em metros não possibilitaria um consumo, tanto de conexões e tubos com diâmetros diferentes, em relação a 1 metro do serviço executado, já que são variáveis para cada trecho. Dessa forma, foi necessária a criação do parâmetro “L7InsumoVinculado”,

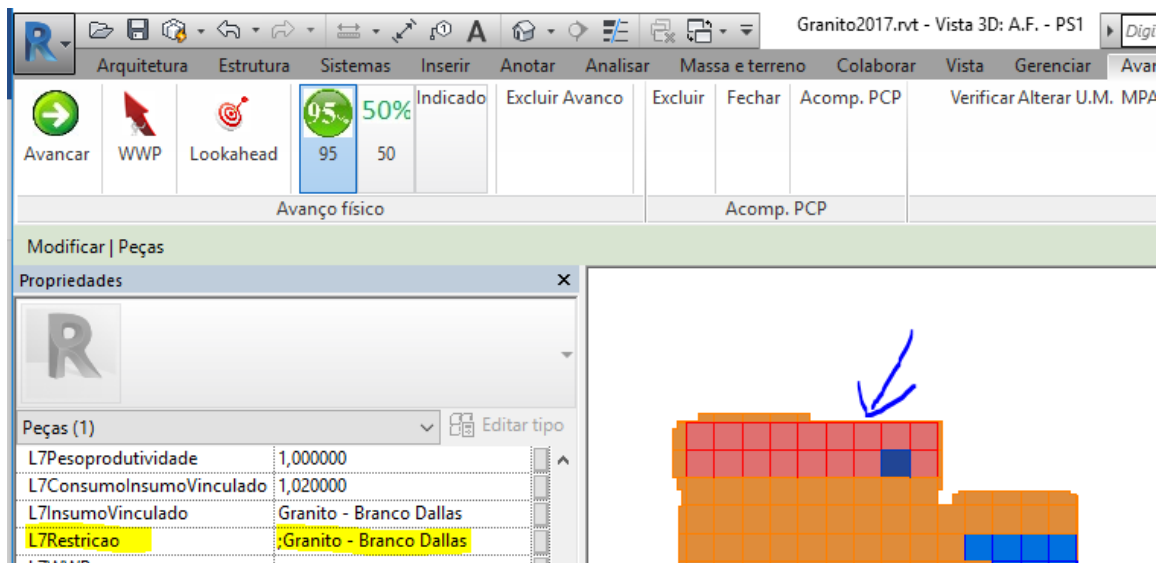
que vincula cada elemento geométrico do trecho selecionado com o insumo necessário à sua execução no que diz respeito a diâmetros e conexões de diferentes medidas, refletindo assim o que está realmente no modelo 3D.

Para a verificação da restrição do tipo projeto que, se refere a alguma mudança no projeto, adequação ou mesmo detalhamento maior de determinado elemento construtivo o qual impeça de o serviço ser realizado de maneira adequada. Houve a necessidade de criação de um parâmetro de projeto do tipo texto denominado “L7DescRestricao” cuja função é registrar a pendência relacionada aquele trecho caso seja selecionado para formação do *lookahead*.

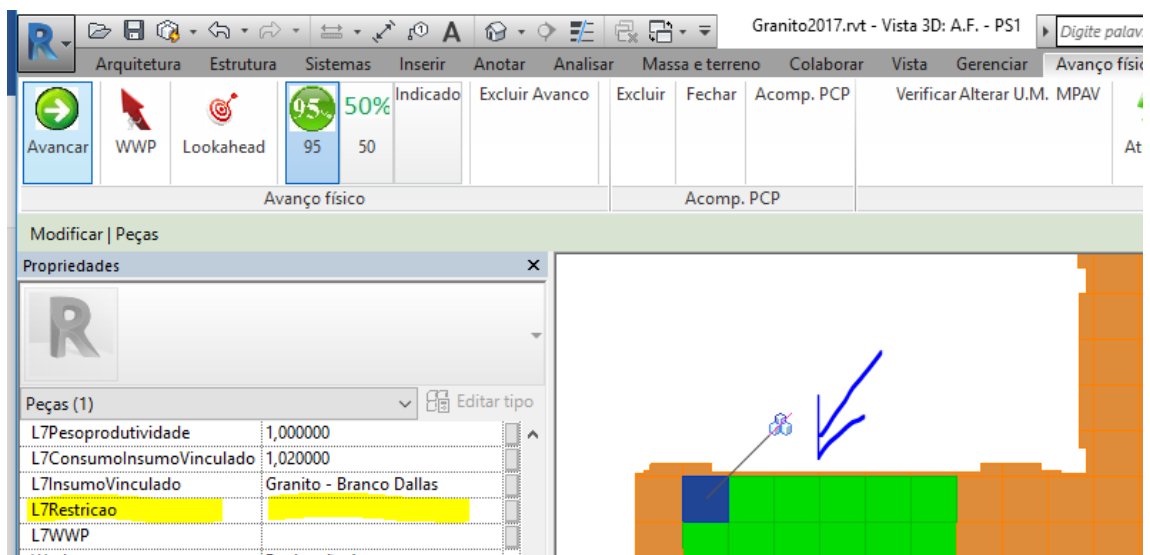
Com a criação dos parâmetros referentes a informações de projetos e dos insumos necessários aos serviços há a possibilidade de selecionar um trecho dentro do modelo 3D do *software Revit®*, atribuir um período de execução e comparar com um banco de dados o que estiver associado às restrições de material, mão-de-obra e especificações de projeto, em relação às necessidades de cada elemento geométrico que está relacionado a um grupo e a um determinado serviço.

Quando se realiza a verificação através do *plug-in* é ativado um procedimento que faz com que o trecho selecionado para ser incluído no *Lookahead* apresente a cor verde, se as necessidades de mão de obra, materiais e projeto forem atendidas ou a cor vermelha, quando o trecho selecionado não tiver suas necessidades atendidas em relação a qualquer tipo de restrição.

Além do acompanhamento visual do *lookahead* através das cores em relação as restrições, há também o registro do tipo de restrição ligada ao elemento geométrico em um outro parâmetro criado do tipo texto denominado “L7Restrição”, caso não haja nenhuma, além da coloração verde, esse parâmetro ficará em branco.

Figura 27 - Tela do Revit® - restrição no *Lookahead*

Na figura 27 destaca-se o trecho selecionado no *lookahead* com restrição de material, onde a coloração dos elementos passa a vermelho. Já o parâmetro “L7Restrição” fica registrado que a restrição se trata do insumo do tipo material “Granito Branco Dallas” conforme destacado.

Figura 28 - Tela Revit® - *Lookahead* sem restrições

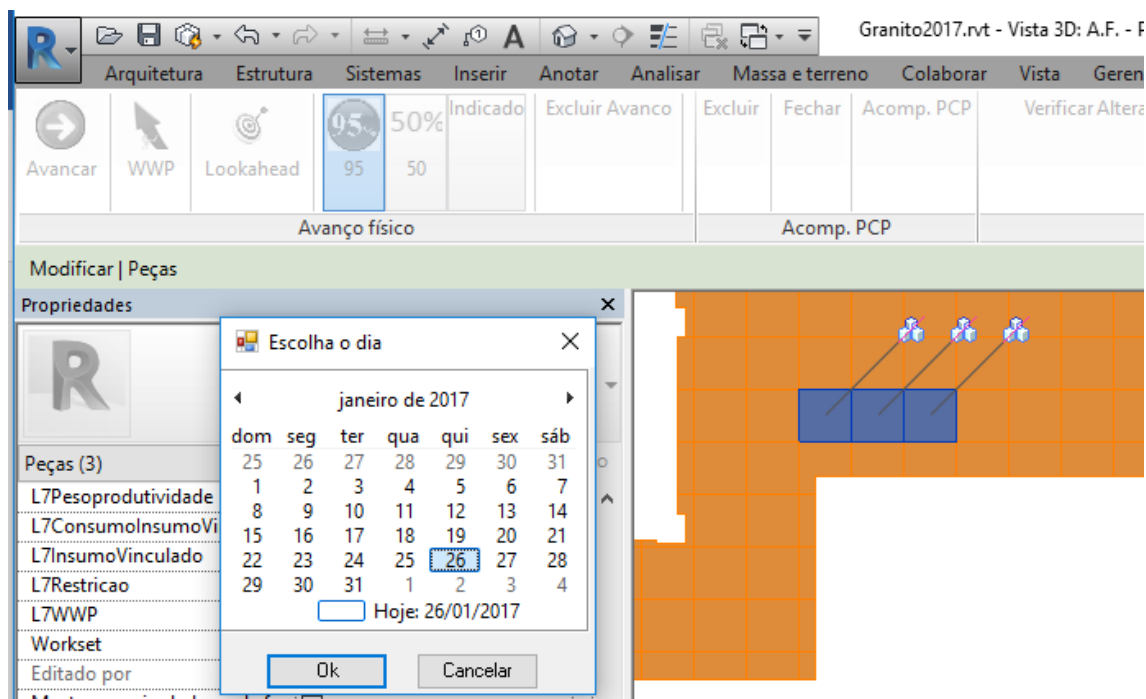
Já na figura 28 o trecho selecionado para o *Lookahead* não possui nenhum tipo de restrição, logo a coloração dos elementos geométricos passa a verde claro e em destaque



o parâmetro “L7Restrição” mostra-se em branco indicando a inexistência de restrição no que diz respeito a material, mão de obra ou projetos.

Ainda a respeito da funcionalidade *Lookahead* é necessário esclarecer como é feita a verificação em relação em relação a mão de obra. Ao acionar a funcionalidade *Lookahead* é solicitado a inserção de uma data a partir da qual a mão de obra requerida será baseada na média dos trinta dias anteriores a ela no que diz respeito a quantidade de funcionários presente na obra e a produtividade média em igual período. A inserção dessa data foi para correção produtividades não condizentes com a realidade que pode ser causada por um período onde houve falta de material ou greve de funcionários por exemplo e a média pode cair expressivamente não refletindo a realidade.

Figura 29 - Tela do Revit® - *Lookahead* data para verificação da mão de obra



Para exemplificar o período de comparação da mão de obra a figura 29 mostra que ao selecionar os elementos para serem incluídos do *Lookahead* deve ser escolher a data que, no exemplo, é 26 de janeiro de 2017, logo a equipe e a sua respectiva produtividade

utilizada para a previsão de mão de obra requerida será a média referente ao período de 26 de dezembro de 2016 a 26 de janeiro de 2017.

Feito a seleção do período para referência do cálculo requerido da mão de obra é aberta uma tela, onde mostra todos os insumos relativos ao serviço analisado, com dados de quantitativos de entrada no estoque daquele insumo, a quantidade de saída referente ao que já foi consumido até a presente data e *lookahead* referente a quantidade que virá a ser consumida no planejamento feito previamente e o saldo o que há para ser consumido. E ainda há o campo para determinação do período que esse planejamento se refere, conforme figura 30.

Figura 30 - Tela Revit® - *lookahead* - disponibilidade de insumos e determinação do período do planejamento.

The screenshot shows the Revit software interface with the 'FrmAnaliselookaHead' dialog box open. The dialog box has a header with 'Início' (27/12/2016) and 'Término' (26/01/2017) fields. Below the header is a table with the following data:

Insumo	Desc. Insumo	UNID	Entrada	Saída	Lookahead	Saldo
172	Argamassa AC3	kg	147.660,00	128.906,97	0,00	18.753,03
507	Granito - Branco Dallas	m²	8.430,00	7.734,42	0,00	695,58
132	Pedreiro	h	990,00	0,00	0,00	990,00
133	Servente1	h	1.197,00	0,00	0,00	1.197,00

At the bottom of the dialog box, there are two rows of data:

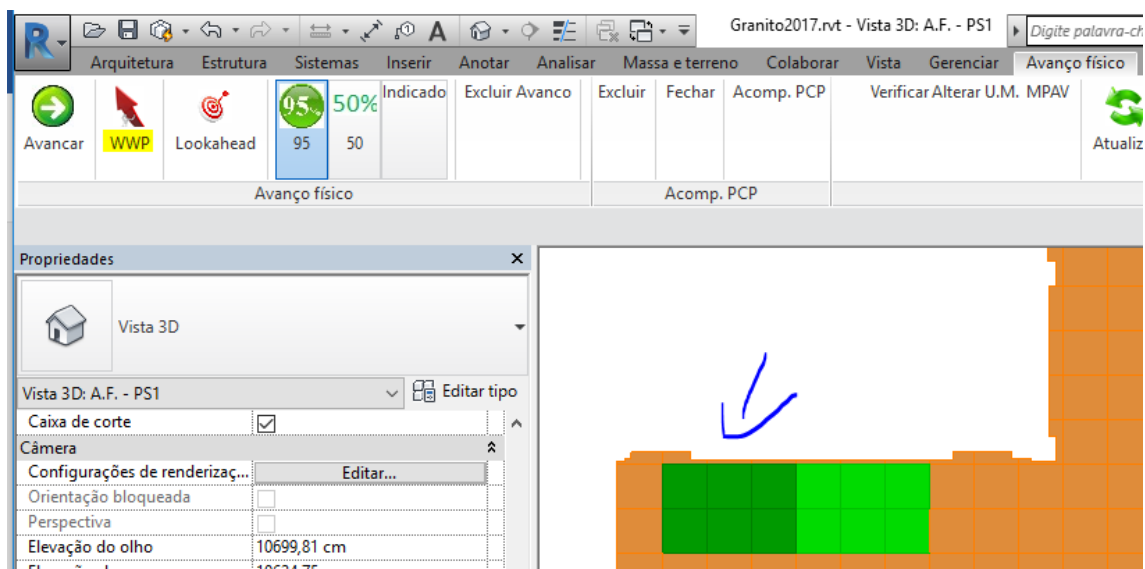
Fase criada	Construção nova
Fase demolida	Nenhum

Para exemplificar a figura 30 mostra os insumos a serem consumidos no serviço selecionado que são argamassa AC3; Granito branco Dallas; pedreiro e servente. As colunas do insumo argamassa AC3 por exemplo na “entrada” registra que foi comprado até a presente data 147.660kg, já a coluna “saída” mostra que já foi consumida 128.906,97kg desse insumo até o momento; a coluna *lookahead* mostra que não há consumo de argamassa programada e na coluna saldo que ainda há disponível 18.753,03kg de argamassa para serem utilizadas. Ainda nesta mesma tela é possível visualizar o período escolhido para realização do trecho selecionado do dia 26 de janeiro de 2017 até 27 de fevereiro de 2017. Essa tela tem a função de fazer uma análise previa sobre a formação do *Lookahead*, onde o gestor toma ciência das restrições e decide se cabe ou não determinado serviço fazer parte do planejamento nesse período.

Após essa verificação e decisão que os elementos geométricos mudam de coloração para verde claro sem nenhuma restrição ou vermelho com alguma restrição registrada no parâmetro “L7Restrição”.

A última funcionalidade inserida no Painel “Avanço Físico” é a WWP (*work week plan*), que mostra, de forma visual, depois da remoção das restrições e comprometimento da equipe em realizar determinados serviços, quais são os serviços a serem realizados na semana vindoura. Para isso, basta selecionar o trecho e lhe atribuir um período de data para sua execução, que receberá a cor verde em um tom mais escuro que o do *Lookahead*.

Figura 31 - Tela Revit® - WWP



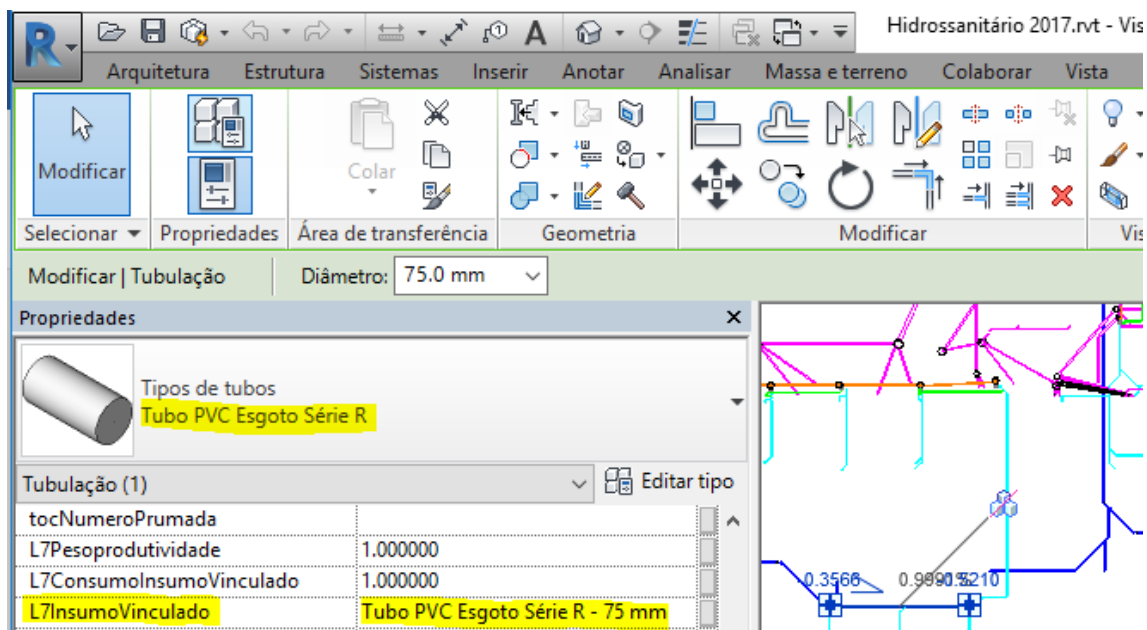
Pode se observar na figura 31 o trecho indicado pela seta azul com a coloração verde escuro que indica que o trecho foi comprometido com a equipe de ser executado naquela semana, após constatado nenhum tipo de restrição, estando apto para fazer parte do planejamento de curto prazo (WWP).

O segundo painel da aba “Avanço físico”, denominado de “Acomp. PCP”, não será utilizado nessa pesquisa, portanto não será descrito.

O terceiro painel da aba “Avanço físico”, intitulado “Subir dados”, possui a funcionalidade, através dos botões “PSA” e “Atualizar”, de vincular os elementos do modelo e exportar para o banco de dados todos os parâmetros atribuídos aos elementos geométricos. Essas informações ficarão disponíveis no banco de dados para serem gerenciadas e visualizadas em apresentações numéricas ou em gráficos para acompanhamento da obra, através do *software* L7, o qual será descrito na próxima seção.

A outra aba do plug-in intitulada “Ferramentas” apenas o painel “extrair” será utilizado nesta pesquisa cuja funcionalidade é de preencher automaticamente o campo do parâmetro “L7InsumoVinculado” transferindo nome das peças ligada ao elemento geométrico o qual foi imputado durante a construção do modelo 3D. Conforme figura 32.

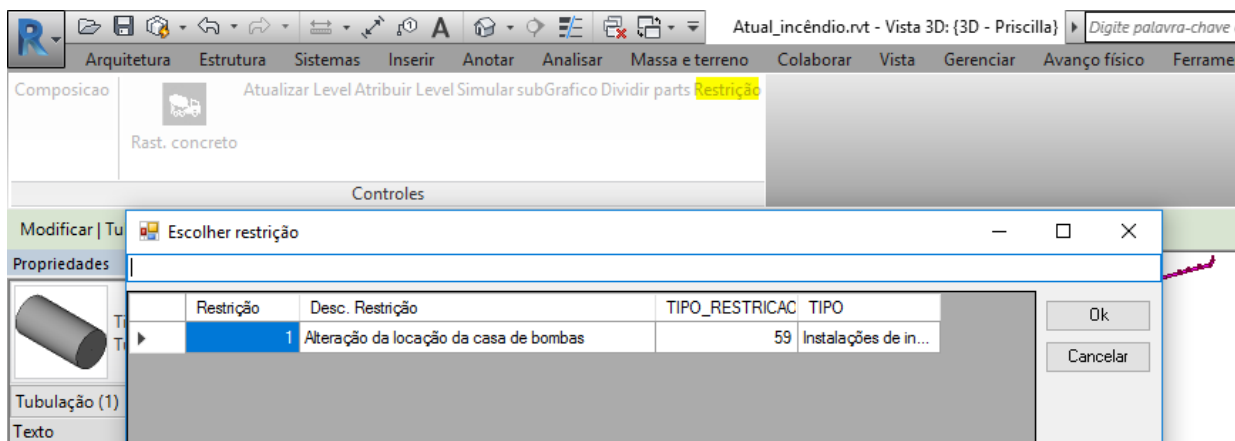
Figura 32 - Tela do Revit® - preenchimento do parâmetro “L7InsumoVinculado”



A figura 32 destaca que o parâmetro “L7InsumoVinculado” do elemento marcado foi preenchido automaticamente ao usar a funcionalidade do painel “extrair” da aba “ferramentas” com o mesmo nome do elemento geométrico, conforme destacado de amarelo na referida figura.

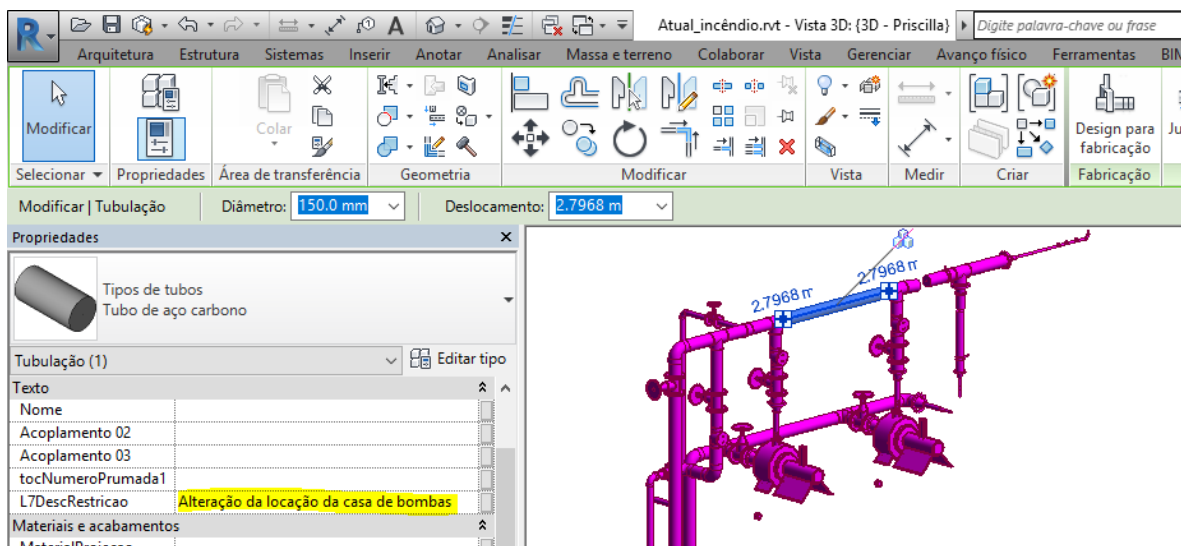
Finalmente a última aba do plug-in, onde o único painel a ser utilizado na presente pesquisa é intitulado “Restrição” cuja funcionalidade é de atribuir a um trecho a restrição de projetos, caso haja, conforme figura 33:

Figura 33 - Painel “restrição”



A figura 33 mostra a utilização da funcionalidade restrição de projetos que atribui a um trecho pendências relacionadas ao departamento de projetos e pode ser identificado qual problema a ser resolvido, no exemplo, alteração da locação da casa de bombas. Esse trecho ficará com coloração roxa e retornará à descrição da pendência ao parâmetro criado para essa finalidade “L7DescRestricao”, conforme figura 34.

Figura 34 - Tela de trecho com restrição de projetos



Na figura 34 é possível visualizar um trecho com restrição de projetos onde os elementos estão marcados de coloração diferente (roxa) para sinalizar que o trecho possui

pendências relativas a projetos e o preenchimento do parâmetro “L7DescRestricao” como Alteração da locação da casa de bombas.

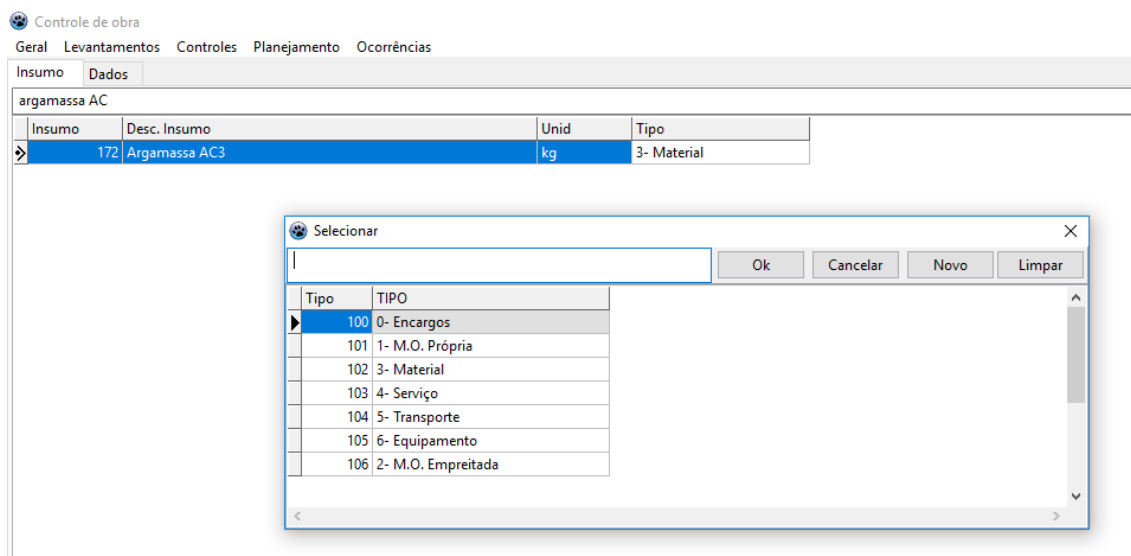
Todas as informações geradas pelo *plug-in* são automaticamente transferidas para o banco de dados e ficarão disponíveis para serem visualizadas pelo *software* “L7” descrito na próxima seção.

#### 4.4.2 Aperfeiçoamento do *software* L7

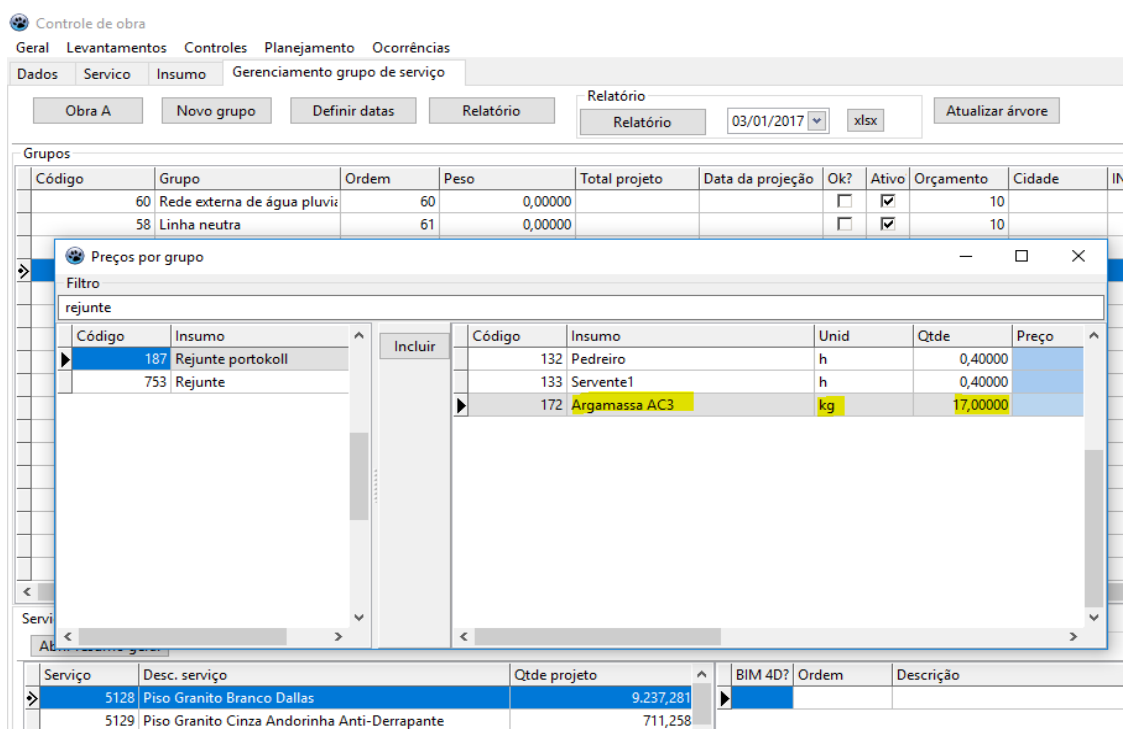
O L7 é um *software* desktop, cuja linguagem computacional é *Delphi* e o *IDE* em que foi criado é o *Lazarus*. A linguagem de programação foi desenvolvida pelo gerente de planejamento da empresa pesquisada, e a aplicação é utilizada para suprir determinadas demandas da empresa. Antes do início desta pesquisa, a versão do *software* L7 utilizada na companhia estudada não possuía as funcionalidades que foram desenvolvidas com a finalidade de integrar o sistema *Last Planner* ao BIM. Essas funcionalidades estão descritas nesta seção.

O L7 possui três funcionalidades de interesse para esta pesquisa. A primeira é intitulada de “Geral” e é dividida em vários painéis. No escopo desta pesquisa serão descritos os seguintes painéis: “Custos unitários”, “Cadastro de obra”, “Gerenciamento de grupo” e “Cadastro de restrições”.

Essa funcionalidade intitulada “Geral” permite criar a obra que será gerenciada e dividi-la em grupos de serviços, os quais serão decompostos em vários serviços específicos. Ainda nesta aba do *software* L7, no painel “Custos unitários” foi acrescentado o comando “insumo”, o qual tem como finalidade cadastrar novos insumos que serão utilizados para as composições unitárias dos serviços, conforme apresentado na Figura 35:

Figura 35- Tela do *software* L7 destinada a criação de insumos

A aba “Geral” conta com um painel de gerenciamento de grupo, que além de criar os grupos e dividi-los em serviços, também acumula a função de cadastrar a composição unitária de cada serviço, conforme apresentado na Figura 36:

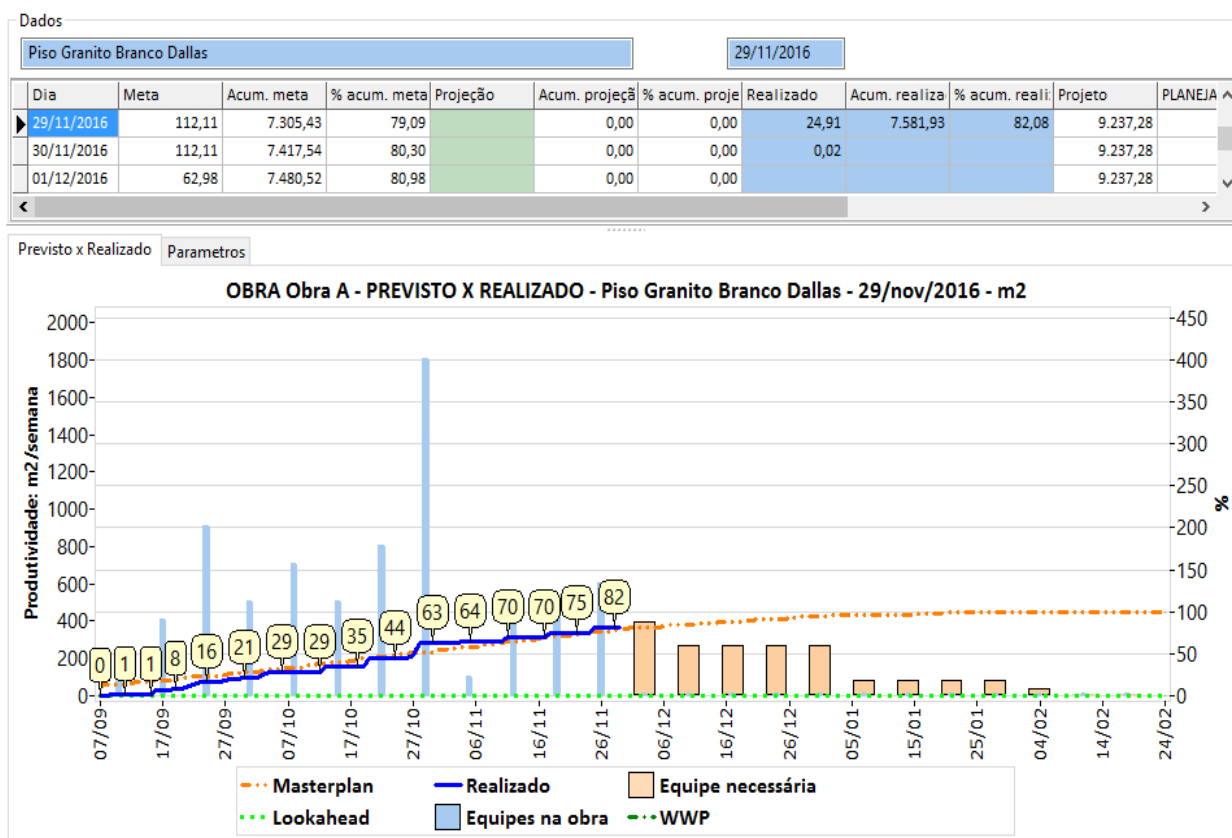
Figura 36- Tela do *software* L7 referente ao cadastro da composição unitária



Na tela da Figura 36, na aba “Geral”, no painel gerenciamento de grupo aparecem os insumos para serem inseridos na sua composição unitária, os quais ficam registrados o consumo de cada material por unidade de serviço executado.

Outra funcionalidade do *software* L7 é a de “Planejamento”, que está dividida nos painéis “Gráficos avanço físico” e “HHT”, cujo objetivo é realizar o acompanhamento e controle da obra, através de gráficos comparativos entre o que foi previsto com o que foi realizado, conforme apresentado na Figura 37:

Figura 37- Tela do *software* L7 contendo informações sobre o que foi previsto vs realizado



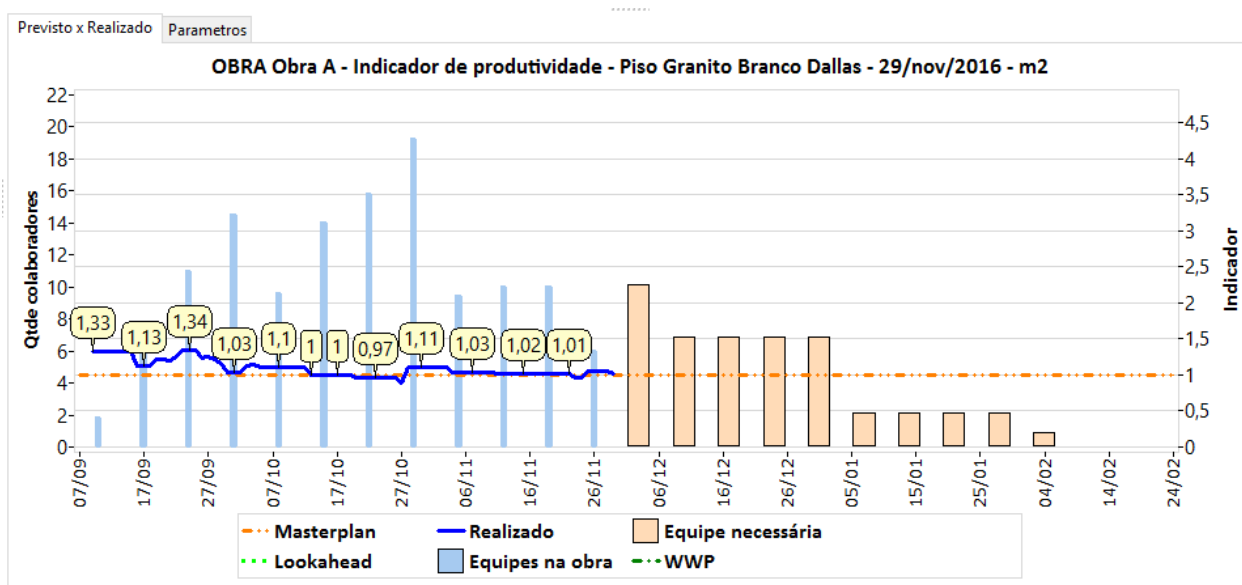
Na Figura 37 é apresentado um exemplo do painel “gráficos de avanço físico”. Pode-se observar em forma numérica e gráfica o acompanhamento do que foi previsto e o que foi realizado. Nesta figura pode-se constatar que, no dia 29/11/2016 a meta, ou seja,

o que deveria ser feito, segundo o cronograma era de 112,11 m<sup>2</sup>, mas foi realizado somente 24,91 m<sup>2</sup>.

No gráfico apresentado na Figura 37 pode ser observado o cronograma em percentual acumulado na linha em cor vermelha e na linha azul aparece o realizado, em percentual acumulado. As barras azuis indicam a quantidade, em unidades por semana, que foi realizada (exemplo: m<sup>2</sup>/semana). Já as barras em cor laranja mostram a projeção da produtividade por semana para atingir a meta.

Ainda referente ao painel “gráficos de avanço físico” é possível verificar, de forma gráfica, o consumo de mão de obra e a produtividade, desenvolvido por esta pesquisa, conforme apresentado na Figura 38:

Figura 38 - Tela do *software* L7 com o indicador de produtividade e consumo de mão de obra



Na Figura 38 pode ser visualizada a quantidade de trabalhadores envolvida no serviço ao longo da semana, através da escala numérica do lado esquerdo e o índice de produtividade na escala numérica do lado direito. A linha vermelha representa a produtividade histórica da obra (cadastrada na composição unitária de cada serviço) e a azul indica a produtividade efetiva da obra na semana.

Ainda na aba “Planejamento”, no painel “HHT” é possível inserir os dados de campo relativos a mão de obra utilizada, com a quantidade de horas trabalhadas no período, conforme apresentado na Figura 39.

Figura 39 – Tela do *software* L7 com inserção de horas trabalhadas no período

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

HHT Cadastro de material

Obra Período Inserir horas realizadas

05/06/2014 a 05/06/2014 26/12/2016 a 30/12/2016 135 Inserir horas

Árvore

- > 0041- Cortina
- > 0008- Alvenaria
- ▼ 0063- Granito
  - ▼ 05128- Piso Granito Branco Dallas
    - 00172- Argamassa AC3
    - 00132- Pedreiro
    - 00133- Servente1
  - 05129- Piso Granito Cinza Andorinha Anti-D
  - 05131- Piso Granito Marrom Imperial

Itens

Descrição Qtde

Filtro

Código	Início	Término	Qtde	Obs
256	09/09/2016	09/09/2016	27,00	
259	16/09/2016	16/09/2016	135,00	

A inserção de horas trabalhadas conforme mostrado na figura 39 é realizada por serviço, tipo de mão de obra (pedreiro ou servente) e período. Essas informações serão utilizadas no cálculo da produtividade e número de colaboradores em campo.

Outra informação necessária para o funcionamento do modelo é a inserção dos dados de material presente na obra, o qual é realizado também no *software* L7, na aba “Ocorrências” e no painel “cadastro de material”. Todo material que ingressa no estoque da obra deve ser registrado no modelo, conforme apresentado na Figura 40:

Figura 40- Tela do *software* L7, com a inserção de material no estoque

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

HHT Cadastro de material

Obra Iniciar material

Qtde total Consumida Lookahead Saldo

200,00

Insumos

- 0002- ggg
- 0047- Concreto usinado fcl
- 0172- Argamassa AC3
- 0507- Granito - Branco Dall
- 0508- Piso Granito Cinza Ar

Cadastro de material

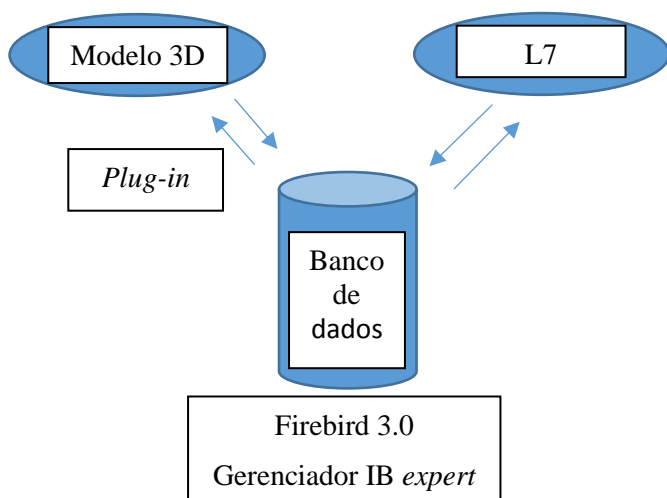
Insumo	Desc. Insumo	Unid.	Qtde	DATA_CAD	OBRA_ID
172	Argamassa AC3	kg	100,000	04/01/2017 10:51:36	8
172	Argamassa AC3	kg	100,000	19/12/2016 18:56:55	8

No preenchimento da tela apresentada na Figura 40 deve-se selecionar a obra, o insumo e então fazer a inserção da quantidade que está sendo acrescentada ao estoque. A data e a hora da inserção já aparecem automaticamente.

#### 4.4.3 Modelo desenvolvido para o estudo empírico

Após o desenvolvimento e adequação dos *softwares* descritos anteriormente, definiu-se o modelo BIM destinado a suportar o planejamento pelo sistema *Last planner*, elemento essencial no artefato construído por esta pesquisa, conforme apresentado na Figura 41:

Figura 41 - Modelo BIM para suporte à integração com o sistema *Last Planner*



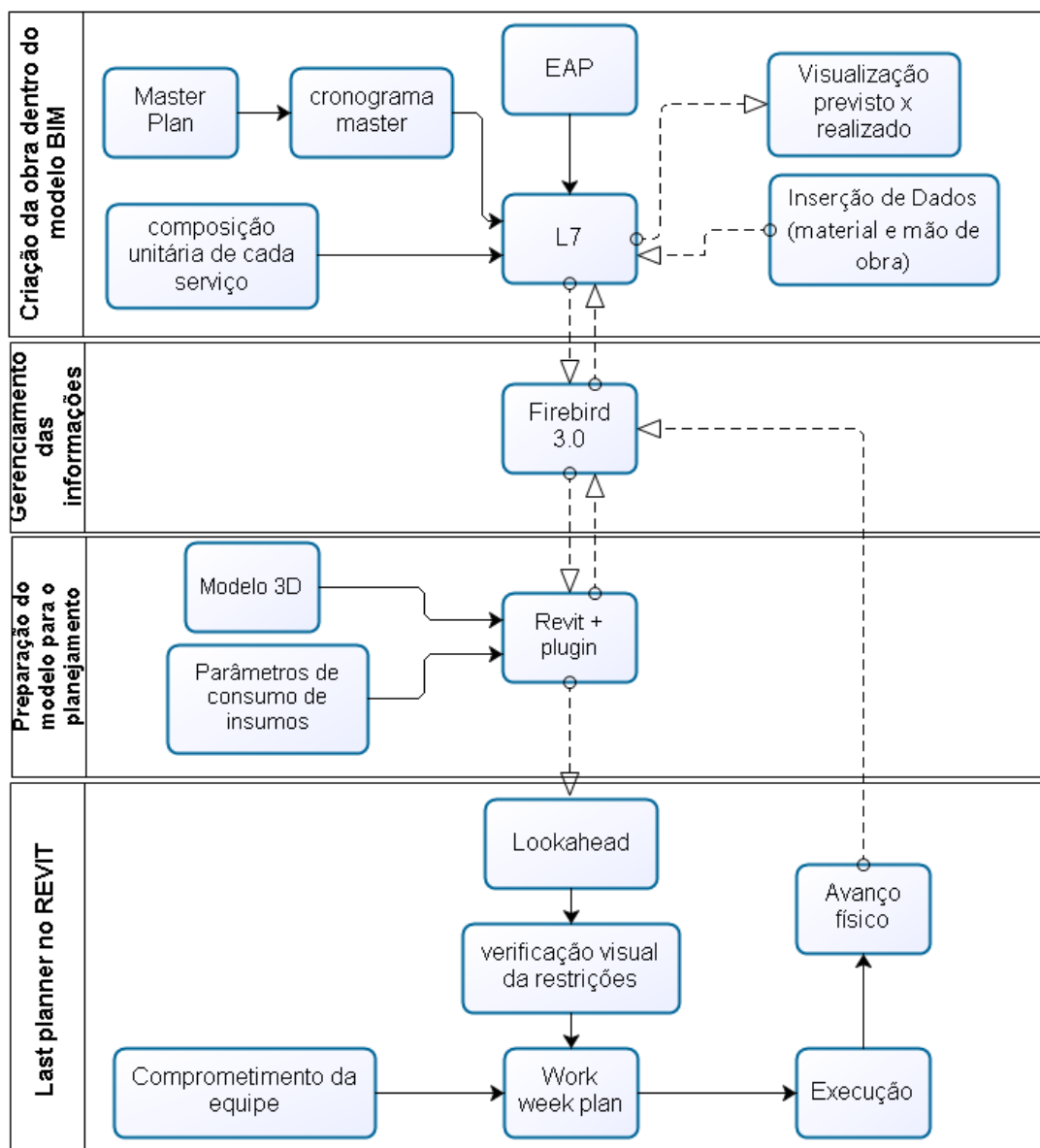
Fonte: elaborado pela autora (2016)

O modelo BIM é suportado pelo acoplamento de um *plug-in* ao *software Revit®*, cujo principal objetivo é transformar os dados *.rvt* em *.fbd* e vice versa, propiciando a

ligação dos elementos geométricos à estrutura analítica do projeto e, conseqüentemente, aos dados de consumo necessários para cada atividade, o que viabiliza o planejamento e controle da produção de forma visual dentro de um modelo 4D.

Com o desenvolvimento deste modelo BIM, o artefato desta pesquisa, que é a integração do sistema *Last Planner* com um modelo 3D, passa a funcionar conforme o modelo apresentado na Figura 42:

Figura 42 - Modelo de integração entre o sistema *Last Planner* e o BIM



O modelo de integração entre o sistema *Last planner* e o BIM inicia-se com a criação da obra dentro do modelo BIM. Onde no *software* desktop L7 insere-se a estrutura analítica do projeto, definida pelo cronograma mestre, criado através do plano mestre da produção, detalhando-o. Ainda neste momento define-se a composição unitária de cada serviço, no que diz respeito aos materiais e à mão de obra necessários a sua execução. Essa estrutura, criada no *software* L7, fica registrada através de códigos numéricos criados no banco de dados *Firebird 3.0*, gerenciado pelo *IBExpert*, onde será concentrada toda a informação gerada entre o modelo 3D e o *software* L7.

O passo seguinte é a preparação do modelo 3D para o planejamento. Faz-se necessário a ligação dos elementos geométricos do modelo 3D à estrutura analítica do projeto e ao consumo dos insumos necessários para execução de cada um dos elementos geométricos. Isso é feito com a criação dos parâmetros de projetos que foram descritos anteriormente. Desta maneira, há a ligação do modelo 3D com o banco de dados, o que é proporcionado pelo *plug-in* adicionado ao *software Revit®*, desenvolvido nesta pesquisa. Através do *plug-in* é possível a transformação dos dados em extensão .rvt oriundos do *software Revit®*, em dados com extensão .fbd, do banco de dados *Firebird*, e vice versa, tornando possível o planejamento pelo sistema *Last Planner*.

A partir desse estágio tem-se o modelo pronto para a aplicação da lógica do sistema *Last Planner*, que será realizado de forma visual no *software Revit®*. O processo é iniciado com a programação *Lookahead*, em que, através das funcionalidades adicionadas pelo *plug-in* é possível selecionar os trechos do projeto que se pretende executar em um horizonte de 4 a 6 semanas. Os serviços selecionados para inserção na programação passam por um procedimento de verificação das necessidades de material, mão de obra e projeto informadas através do *software* L7, a fim de identificar as restrições existentes para tal planejamento. O gerenciamento é feito de forma visual, uma vez que,

havendo restrições, o trecho ficará apresentado na cor vermelha, emitindo um alerta sobre qual restrição deve ser removida. Quando não existe nenhuma restrição, o trecho fica apresentado pela cor verde claro, indicando que as tarefas passam a estar disponíveis para serem incluídas no *Work Week Plan*. Este planejamento, após sessão de aprovação de comprometimento com as equipes responsáveis pelos serviços, será selecionado para ser realizado na semana em questão. Os serviços aprovados neste estágio receberão no acompanhamento visual a cor verde em tom mais escura que o *Lookahead*. Após a execução do serviço é feito o avanço físico, atribuindo a data de execução do trecho em questão. Posteriormente, o trecho executado receberá a cor azul para a gestão visual dentro do próprio *software*.

Automaticamente, através do *plug-in* desenvolvido, essas informações vão para o banco de dados *Firebird3.0*, que podem ser visualizadas no *software L7* em forma numérica e gráfica, para comparar o que foi previsto com o que foi realizado. No *software L7* é também feito a entrada das informações referentes à mão de obra e aos materiais presentes na obra. Este controle pode ser feito semanalmente, diariamente, ou quando necessário, permitindo a atualização de informações a respeito dos insumos existentes na obra.

Assim, é realizado esse ciclo de planejamento até que os serviços sejam totalmente concluídos. A implantação do modelo de planejamento na obra pesquisada será descrita na próxima seção.

## **CAPÍTULO 5 - IMPLANTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO**

Essa etapa de aplicação do modelo na obra que serviu como objeto de pesquisa, visa verificar seu comportamento no ambiente em que foi construído. A implantação do modelo ocorreu em quatro semanas. Neste período foi feita a coleta de dados e levantadas as facilidades e deficiências encontradas no modelo. O término dessa etapa se deu com apresentação para os gestores da obra dos resultados e do comportamento do modelo, com intuito analisar os constructos, o uso e a funcionalidade da proposta.

### **5.1 Preparo do modelo 3D**

Os projetos da obra em estudo foram contratados em apresentação bidimensional - 2D. Para utilização do modelo proposto houve a necessidade de transformar o projeto em um formato tridimensional - 3D. Como a construtora estava no processo de implantação do BIM, alguns projetos já estavam sendo modelados em 3D pelos estagiários da obra estudada, com a finalidade de fazer a compatibilização entre projetos. Ao ser estabelecido o acesso aos dados da empresa estudada, foi solicitado o acompanhamento de serviços que estavam em andamento. Nesse sentido, foram estudados os serviços de execução de instalações de incêndio e assentamento de revestimento em granito.

Para implantação do modelo proposto pela pesquisa nos serviços adotados, foi necessário remodelar os projetos existentes, pois haviam passado por várias modificações em relação à concepção original, devido à compatibilização com outros projetos já executados. Os projetos então foram remodelados, agora com as conexões efetivamente utilizadas e a geometria nos locais em que realmente foram executados. A modelagem ocorreu em encontros semanais durante os meses de março e abril de 2016.



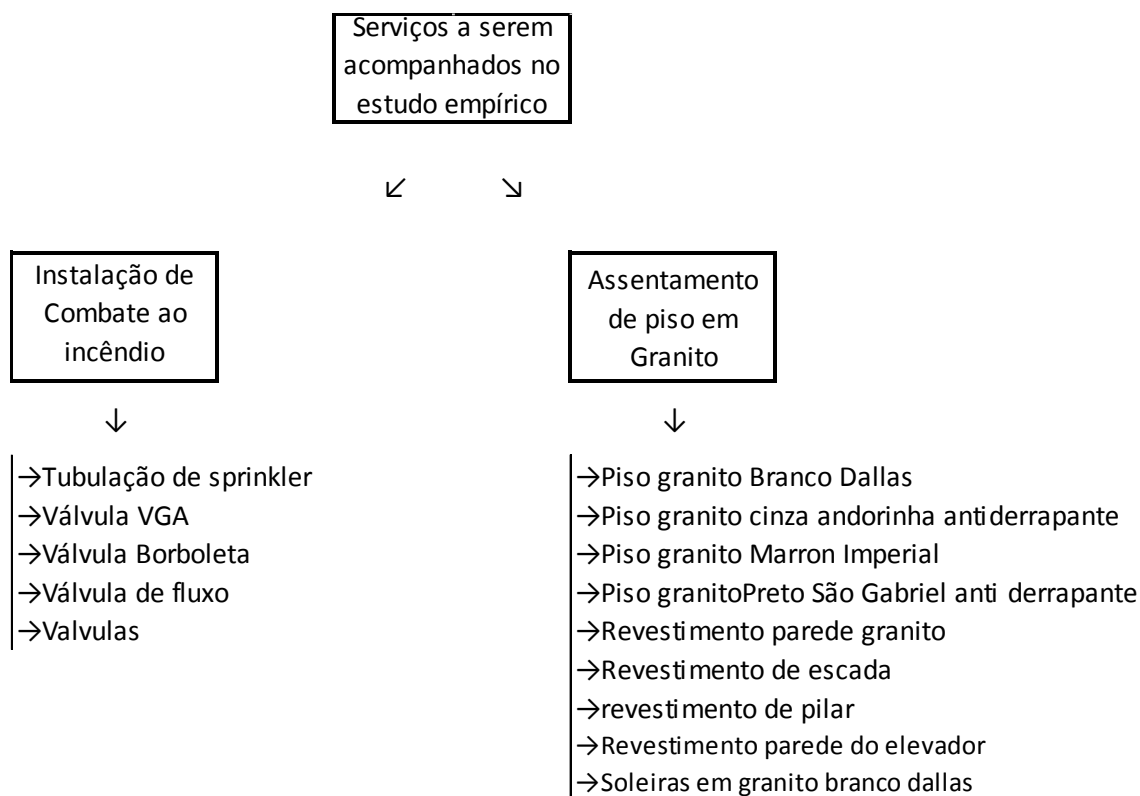
Para utilizar os modelos 3D na pesquisa e inseri-los no modelo proposto havia a necessidade de dispor de conexão à rede de informações compartilhada da empresa estudada, o que provocou dificuldades para a pesquisa, uma vez que o acesso à obra era limitado e o período de trabalho muito restrito, causando um atraso na investigação.

No sentido de agilizar o trabalho foi solicitada uma cópia dos dados da obra referentes aos modelos 3D dos serviços a serem acompanhados. Este procedimento era realizado semanalmente, no sentido de realimentar o arquivo estudado com o progresso do serviço realizado na obra.

É necessário ressaltar que a aplicação do modelo proposto integrando o BIM com o sistema *Last Planner* demandou a iniciação no modelo 3D com as devidas compatibilizações de projeto, sendo adotado como a referência definitiva de execução. O modelo BIM criado como referência trazia a restrição de não permitir que elementos geométricos existentes fossem apagados ou que novos elementos fossem inseridos, isto é, não era possível identificar novos elementos na estrutura analítica criada, representando uma limitação do modelo.

O primeiro passo da etapa de modelagem consistiu na inserção da estrutura analítica do projeto (EAP) da obra adotada como objeto de pesquisa, considerando os dois grupos de serviços estudados. Este procedimento foi realizado no *software* L7, através da criação da Obra A, cujo código numérico foi estabelecido pelo sistema foi o número 8, conforme apresentado na Figura 43:

Figura 43 - Grupos de serviços acompanhados pela pesquisa



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

O grupo Instalação de Combate ao incêndio foi dividido em cinco serviços: instalação da tubulação; instalação das válvulas VGA; instalação das válvulas borboletas; instalação de válvulas de fluxo e instalação de válvulas em geral. Para cada um desses serviços foram atribuídos pesos, os quais foram estipulados pela obra, com base no custo de cada serviço orçado. Para o lançamento do cronograma master no *software* L7 foi utilizado o planejamento master da obra, distribuindo o percentual do mês entre os serviços, levando em consideração os pesos adotados, conforme apresentado no Quadro 9, que ilustra a instalação de combate a incêndio:

Quadro 9 - Cronograma Master - Instalação de combate a incêndio

MASTER PLAN											
GRUPO			jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
INCENDIO			4%	12%	17%	17%	17%	15%	12%	5%	1%
CRONOGRAMA MASTER											
SERVIÇOS	und.	peso	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
Tubulação de sprinkler	m	84,21	50%	15%	20%	20%	20%	18%	20%		
Válvula VGA	unid.	5,26							50%	50%	
Válvula Borboleta	unid.	2,63							60%	40%	
Válvula de fluxo	unid.	2,63							60%	40%	
Válvulas	unid.	2,63							100%		
Bomba de incêndio	unid.	2,63								100%	

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Após realizar o lançamento dos dados no *software* L7, gerou-se os seguintes códigos numéricos que serviram para fazer a ligação dos elementos geométricos do *software* REVIT® ao modelo BIM, criado para proporcionar a integração com o planejamento, conforme apresentado no Quadro 10:

Quadro 10 - Código gerado no *software* L7 para cada serviço do grupo do serviço de instalação de combate ao incêndio

CÓDIGO	GRUPO	
65	INCENDIO	
CÓDIGO	SERVIÇOS	und.
5194	Tubulação de sprinkler	m
5183	Válvula VGA	unid.
5187	Válvula Borboleta	unid.
5184	Válvula de fluxo	unid.
5191	Válvulas	unid.
5189	Bomba de incêndio	unid.

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Esses códigos gerados foram atribuídos a cada elemento geométrico no modelo 3D do *software* REVIT®. O código referente ao grupo foi inserido no parâmetro TocGrupo (ex: 65 grupo incêndio) e os códigos para cada serviço no parâmetro TocServiço (ex: 5194 – tubulação sprinkler), identificando assim, cada elemento ao seu grupo e serviço a que pertence.

Na preparação do modelo 3D para utilização integrada com o sistema *Last Planner* foi necessário estabelecer os consumos de material e de mão de obra para os serviços estudados. Para o grupo de instalação de combate a incêndio foram atribuídas aos serviços os consumos apresentados no quadro 11:

Quadro 11 - Composição unitária dos serviços do grupo instalação de combate ao incêndio

Grupo - Instalação de combate á incêndio (cod. 65)					
Cod.	Serviço	Unidade do Serviço	Composição unitária		
			Insumo	Unid.	consumo
5194	Tubulação de sprinkler	m	Encanador	h	0,96
			Servente de encanador	h	0,96
			Materiais	Associado ao modelo 3D	
5183	Válvula VGA	unid.	Encanador	h	9
			Servente de encanador	h	9
			Materiais	Associado ao modelo 3D	
5187	Válvula Borboleta	unid.	Encanador	h	0,25
			Servente de encanador	h	0,25
			Materiais	Associado ao modelo 3D	
5184	Válvula de fluxo	unid.	Encanador	h	0,25
			Servente de encanador	h	0,25
			Materiais	Associado ao modelo 3D	
5191	Válvulas	unid.	Encanador	h	0,25
			Servente de encanador	h	0,25
			Materiais	Associado ao modelo 3D	
5189	Bomba de incêndio	unid.	Encanador	h	9
			Servente de encanador	h	9
			Materiais	Associado ao modelo 3D	

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

As composições unitárias de cada serviço foram utilizadas para fazer a avaliação das restrições no momento do planeamento dessas atividades no *Lookahead*, no que diz respeito à disponibilidade dos insumos, formando um banco de atividades prontas para serem programadas no planeamento de curto prazo *Work week plan*. As composições unitárias utilizadas no modelo proposto pela pesquisa foram as mesmas adotadas pela

empresa estudada. Estas composições foram formadas a partir da análise de registros históricos e da experiência do gerente de planejamento da obra estudada.

Na preparação do modelo 3D foram atribuídos pesos aos parâmetros de projeto do *software* REVIT® criados para comparar produtividade, controlar o consumo de material e associar materiais específicos de cada trecho. No quadro 12 é possível visualizar as informações existentes no *software* REVIT®, considerando o serviço de instalações de combate a incêndio:

Quadro 12 - Parâmetros de projeto do grupo Instalação de combate ao incêndio

Grupo - Instalação de combate á incêndio (cod. 65)				
Cod.	Serviço	Parametros de projetos associado ao elemento geométrico no REVIT		
		L7PesoProdutividade	L7ConsumoInsumo	L7ConsumoInsumoVinculado
5194	Tubulação de sprinkler	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5183	Válvula VGA	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5187	Válvula Borboleta	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5184	Válvula de fluxo	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5191	Válvulas	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5189	Bomba de incêndio	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Nota-se, ao analisar o Quadro 12, que o parâmetro L7PesoProdutividade é diferente para os trechos onde a produtividade variar em relação à composição unitária, podendo ser maior ou menor que esta referência. Foram atribuídos peso igual a 1,00 para

todos os serviços deste grupo. Já para o parâmetro L7ConsumoInsumo, que diz respeito às perdas de materiais que ocorrem na realização do serviço, foi atribuído peso diferente da referência apenas no serviço de instalação da tubulação de *sprinkler*, em que foi considerado um consumo adicional de 2% em cada metro de tubulação, gerando, dessa forma, um peso adotado igual a 1,02. Para os demais serviços o parâmetro adotado foi igual a 1,00. Ressalta-se que estes valores foram atribuídos de acordo com as perdas adotadas pela própria empresa executora da obra pesquisada.

O segundo grupo de serviços acompanhado pela pesquisa foi o de instalação de granito, o qual foi dividido nos seguintes serviços: instalação de piso em granito Branco Dallas; instalação de piso em Cinza Andorinha antiderrapante; instalação de piso em granito Marrom Imperial; instalação de piso em Preto São Gabriel antiderrapante; instalação de revestimento de parede; instalação de revestimento da escada; instalação de revestimento de pilar; instalação do revestimento da parede do elevador; e instalação de soleiras.

Assim como no serviço de instalações de combate ao incêndio, para o lançamento do cronograma master no *software* L7 foi utilizado o planejamento master, distribuindo o percentual do mês entre os serviços, levando em consideração os pesos adotados, conforme apresentado no Quadro 13:

Quadro 13- Cronograma master do grupo de serviços de assentamento de granito

MASTER PLAN										
CÓDIGO	GRUPO			set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
63	GRANITO			15%	20%	25%	20%	10%	3%	2%
CÓDIGO	SERVIÇOS	und.	peso	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17
5128	Piso granito Branco Dallas	m <sup>2</sup>	70,00	28%	25%	28%	15%	4%		
5129	Piso granito cinza andorinha antiderrap	m <sup>2</sup>	5,00		15%	30%	40%	15%		
5131	Piso granito Marron Imperial	m <sup>2</sup>	2,00		30%	25%	25%	20%		
5130	Piso granito Preto São Gabriel anti der	m <sup>2</sup>	6,00		15%	30%	40%	15%		
5133	Revestimento parede granito	m <sup>2</sup>	4,00			30%	40%	30%		
5134	Revestimento de escada	und.	4,00			30%	40%	30%		
5135	Revestimento de pilar	m <sup>2</sup>	5,00			30%	40%	30%		
5136	Revestimento parede do elevador	und.	2,00			30%	40%	30%		
5132	Soleiras em granito branco dallas	und.	2,00			30%	40%	30%		

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Quando foi feita a criação no *software* L7, o grupo intitulado granito recebeu, em seus respectivos serviços, códigos para inserção no modelo 3D, ligando cada elemento geométrico pertencente ao serviço, conforme apresentado no Quadro 14:

Quadro 14 - Códigos gerados no *software* L7 para o grupo de assentamento de granito

CÓDIGO	GRUPO	
63	GRANITO	
CÓDIGO	SERVIÇOS	und.
5128	Piso granito Branco Dallas	m <sup>2</sup>
5129	Piso granito cinza andorinha antiderrap	m <sup>2</sup>
5131	Piso granito Marron Imperial	m <sup>2</sup>
5130	Piso granito Preto São Gabriel anti der	m <sup>2</sup>
5133	Revestimento parede granito	m <sup>2</sup>
5134	Revestimento de escada	und.
5135	Revestimento de pilar	m <sup>2</sup>
5136	Revestimento parede do elevador	und.
5132	Soleiras em granito branco dallas	und.

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Para cada um desses serviços foram adotadas as mesmas composições unitárias utilizadas na obra estudada. Estas foram inseridas no *software* L7, conforme apresentado no Quadro 15:

Quadro 15 - Composições unitárias para os serviços do grupo assentamento de granito

Grupo - Instalação granito (cod. 63)					
Cod.	Serviço	Unidade do Serviço	Composição unitária		
			Insumo	Unid.	consumo
5128	Piso granito Branco Dallas	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5129	Piso granito cinza andorinha antiderrapante	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5131	Piso granito Marron Imperial	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5130	Piso granito Preto São Gabriel anti derrapante	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5133	Revestimento parede granito	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5134	Revestimento de escada	und.	Pedreiro	h	0,333
			Servente	h	0,333
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5135	Revestimento de pilar	m <sup>2</sup>	Pedreiro	h	0,4
			Servente	h	0,4
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5136	Revestimento parede do elevador	und.	Pedreiro	h	0,333
			Servente	h	0,333
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	
5132	Soleiras em granito branco dallas	und.	Pedreiro	h	0,333
			Servente	h	0,333
			Argamassa AC3	kg	17
			Granito	Associado ao modelo 3D	

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)



Para concluir a preparação do modelo 3D foram adotados os seguintes parâmetros de projetos, apresentados no Quadro 16:

Quadro 16 - Parâmetros de projeto adotados para o grupo de assentamento de granito

Grupo - Instalação granito (cod. 63)					
Cod.	Serviço	Parâmetros de projetos associados ao elemento geométrico no REVIT			
		L7Peso	Produtividade	L7ConsumoInsumo	L7ConsumoInsumoVinculado
5128	Piso granito Branco Dallas	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5129	Piso granito cinza andorinha antiderrapante	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5131	Piso granito Marron Imperial	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5130	Piso granito Preto São Gabriel anti derrapante	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5133	Revestimento parede granito	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5134	Revestimento de escada	Todas as peças	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5135	Revestimento de pilar	Peças sem recortes	1,00	1,02	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
		peças com recortes	1,30		
5136	Revestimento parede do elevador	Todas as peças	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada
5132	Soleiras em granito branco dallas	Todas as peças	1,00	1,00	Extraído automaticamente com o mesmo nome da peça modelada

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Neste grupo houve a necessidade de ajustar o parâmetro relativo aos consumos de mão de obra dos serviços de assentamento de peças com recortes, uma vez que estas peças envolviam trabalhos mais demorados para a instalação. Logo, o parâmetro

L7PesoProdutividade adotado foi de 1,30, ou seja, o consumo de mão-de-obra aumenta 30% para o assentamento dessas peças.

No caso do consumo de granito nos serviços em diversos casos foram adotadas perdas de 2%, como apresentado no Quadro 16. Logo, o parâmetro L7InsumoConsumo foi fixado no valor de 1,02. Os serviços cujas medidas foram apresentadas em unidades (conforme Quadro 15) o parâmetro L7InsumoConsumo foi determinado como igual a 1,00. Neste caso as peças eram encomendadas nos tamanhos exatos definidos no projeto para instalação e, portanto, não geravam perdas.

Após criar a estrutura analítica do projeto e as composições unitárias de cada serviço no *software* L7, fazer as ligações com as estruturas geométricas dos modelos 3D dos serviços a serem acompanhados e definir os parâmetros de projetos utilizados nas definições de quantidades de mão de obra e material requeridas em cada trecho a ser executado, o modelo BIM 3D foi considerado preparado para ser utilizado no modelo de integração proposto nesta pesquisa. Como a obra já estava em andamento e vários trechos já haviam sido executados, houve a necessidade de atualizar o avanço físico para que se pudesse fazer o acompanhamento dos serviços aplicando o modelo proposto.

Essa atualização foi feita através da análise do mapa de avanço físico executado pela obra. Porém, como os períodos programados era de 6 meses (junho a novembro de 2016) para execução das instalações de combate ao incêndio e 3 meses para instalação de granito, o avanço foi feito quinzenalmente. Nesse sentido, eram selecionados no modelo de avanço utilizado pela obra os períodos do primeiro ao décimo quinto dia e do décimo sexto até o trigésimo primeiro dia. Posteriormente, eram geradas vistas 3D para cada período que, posteriormente, foram lançadas no modelo de aplicação da pesquisa.

Ainda para a atualização do modelo foi necessário inserir no *software* L7 as informações referentes à mão-de-obra utilizada. Para isto, foi analisado o documento de

obra intitulado “Diário informativo”, em que era registrado todo o pessoal presente na obra, bem como os equipamentos e o maquinário, tanto da própria empresa quanto dos empreiteiros.

Foi então elaborado uma planilha com a mão de obra presente, dividida pelo grupo de serviço e profissional atuante. Para distribuir a mão de obra entre os diferentes serviços do grupo foram consultados o mestre de obras e o encarregado responsável por cada frente.

Essa etapa de atualização foi importante para o ajuste do modelo em desenvolvimento, no que diz respeito ao número de funcionários presentes na obra, pois o avanço físico era feito em 15 dias corridos e a duração das atividades (em dias) considerava os dias não úteis, causando uma diminuição na equipe presente na obra verificada no gráfico do *software* L7. Para que a duração de uma atividade refletisse a realidade foi feita uma correção, com a inserção do calendário e a exclusão do cálculo dos dias não úteis, conforme apresentado pela equação 1:

Equação 1 - Cálculo da equipe requerida

$$E = \frac{Qu \times Pr}{Du \times J}$$

Onde: E = tamanho da equipe;

Qu = quantidade de serviço a ser executada

Pr = consumo de mão-de-obra em horas-homens/unidade de serviço;

Du = duração da atividade (dias);

J = jornada de trabalho (9 horas-homens).

Além do modelo 3D, de informações sobre o avanço físico e a mão de obra retroativa, houve a necessidade de alimentar o banco de dados com informações

referentes aos materiais que foram utilizados no planejamento de médio prazo, aqui denominado de *Lookahead*. As informações a respeito dos materiais foram inseridas de acordo com os pedidos de compra aprovados, pois as notas fiscais de entrada dos materiais na obra não foram autorizadas para serem utilizadas nessa pesquisa.

Esta etapa foi realizada com certa dificuldade, uma vez que os insumos oriundos automaticamente do *software* Revit® para o *software* L7, através do parâmetro de projeto L7Insumovinculado, nem sempre tinha o mesmo nome das peças comerciais. Logo, foi necessário fazer a compatibilização desses nomes antes do lançamento no modelo. Este problema agravou-se pelo fato de uma mesma peça ter denominações diferentes, dependendo do fornecedor.

Após o modelo ser alimentado com as informações de mão de obra presente nos serviços desde o seu início, com os materiais que haviam sido comprados, com o avanço físico de todos os trechos já executados e com a passagem pelo setor de projetos, para indicar trechos que estavam com restrição (falta de detalhamento ou mudança de locação), o modelo proposto foi considerado pronto para o uso. Foi realizado, então, o primeiro planejamento de médio prazo (*lookahead*) referente ao mês de janeiro de 2017, seguido do planejamento semanal (*Work week plan*) e acompanhamento do serviço executado, conforme descrição apresentada nas seções seguintes.

## **5.2 Planejamento e acompanhamento da obra A**

No planejamento de janeiro de 2017, realizado de acordo com as diretrizes da obra usando os percentuais de avanço físico pré-determinados para esse mês, foram acompanhados apenas os serviços de assentamento de granito e instalações de combate a incêndio. O período de 4 semanas foi escolhido devido ao tempo disponível para o cumprimento dos prazos da presente pesquisa.

O objetivo da pesquisa neste momento foi o de demonstrar para os usuários o funcionamento do modelo de integração, com as informações que ficavam disponíveis, o que era possível visualizar e operar os *softwares* que faziam a integração do BIM com o sistema *Last Planner* proposto. Ao final do processo os usuários da empresa foram convidados a avaliar o modelo, quanto a sua utilidade e funcionalidade. Outra finalidade desta etapa foi verificar o comportamento do modelo.

A seguir será descrito primeiramente o *Lookahead* seguido do *work week plan* e dos serviços executado em cada semana, envolvendo a execução do assentamento de granito, instalação de combate a incêndio.

## **5.2.1 Programação da execução do serviço de assentamento de granito**

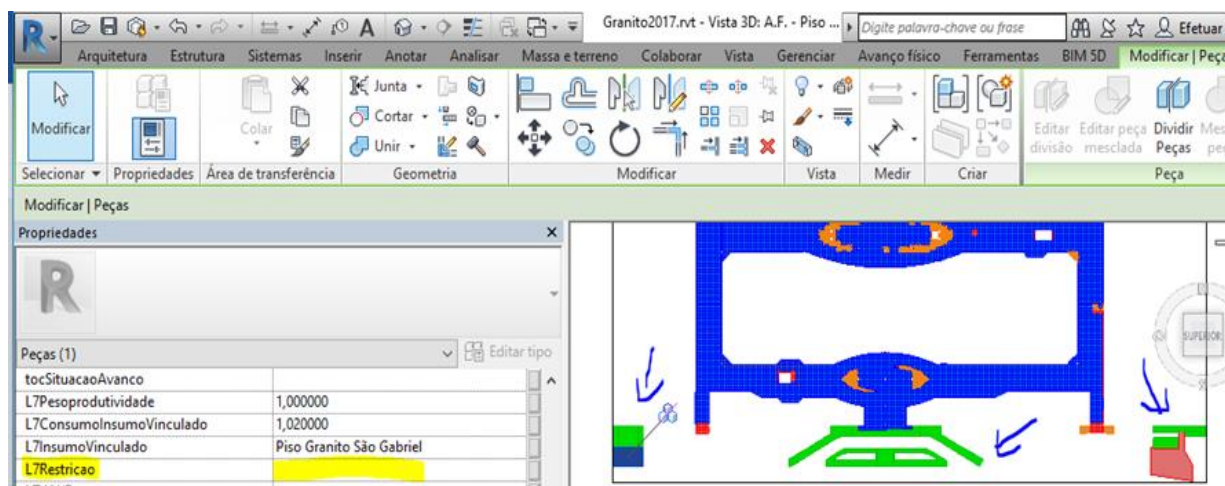
### 5.2.1.1 Elaboração da programação *Lookahead*

Conforme o cronograma master, esse serviço deveria ser 100% concluído no mês de janeiro de 2017. Como a empresa seguia o padrão de produção empurrada, desconhecendo princípios da filosofia *Lean construction*, foi imputado à programação *lookahead* a quantidade solicitada para os 100% de conclusão requeridos.

Quando o planejamento foi lançado no modelo, foi possível verificar que não atingiria a totalidade da execução dos serviços previstos para o mês, pois não havia mão-de-obra suficiente, nem alguns materiais, conforme descrito a seguir.

O primeiro trecho selecionado para o *Lookahead* foi o referente ao assentamento do granito tipo São Gabriel, agendado para a primeira semana de janeiro, após serem verificados as disponibilidades de material e mão de obra, conforme apresentado na figura 44:

Figura 44 - *Lookahead* visual - mês de janeiro/2017



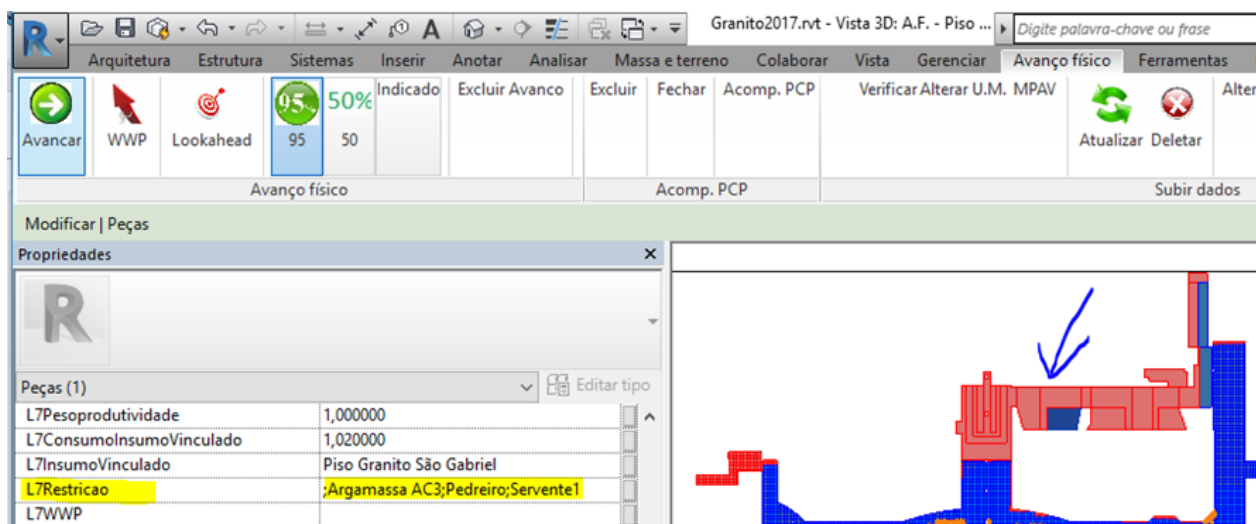
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na figura 44, os trechos selecionados, indicados pelas setas azuis, passaram pela verificação de disponibilidade de mão-de-obra, materiais e detalhamento de projeto, após acionamento da funcionalidade *Lookahead* do *plug-in*. Nesse sentido, os trechos receberam uma cor verde claro e o parâmetro L7Restricao (marcado em amarelo) ficou vazio, indicando ausência de restrições.

Assim como nos trechos destacados na figura 44, outros trechos do serviço de assentamento de granito com piso Marrom Imperial, no mesmo pavimento, e Branco Dallas, no segundo pavimento, foram selecionados para o *Lookahead* do mês de janeiro de 2017, sem restrições.

Já o último trecho referente ao assentamento de piso com revestimento em granito São Gabriel, ao ser selecionado para fazer parte do *lookahead* do mês de janeiro, recebeu um alerta visual, passando a assumir a cor vermelha, indicando restrição para sua execução, que pode ser verificada no parâmetro L7Restricao, conforme apresentado na figura 45:

Figura 45 - *Lookahead* com restrições identificadas



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

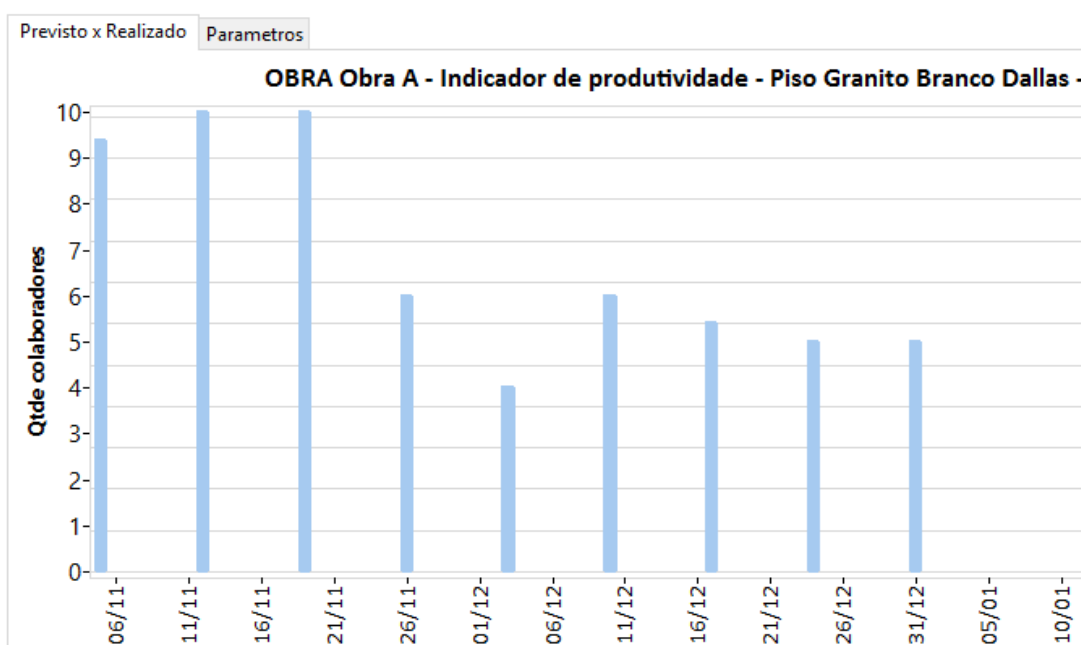
Pode se notar na figura 45 o trecho com o alerta visual em cor vermelha, indicado pela seta azul. Além disso, no parâmetro L7Restricao pode-se identificar que as restrições dos insumos são argamassa, pedreiro e servente.

Essas restrições foram discutidas com os engenheiros de planejamento e produção e o trecho continuou na programação do mês de janeiro. Contudo, o serviço foi agendado

somente para última semana deste mês, pois a argamassa era de fácil aquisição, já possuía um pedido pré-aprovado e foi imediatamente solicitada. Com relação à mão de obra, já havia um acordo com o empreiteiro responsável pelo serviço de retornar a equipe similar ao mês de novembro para consequentemente aumentar a produção.

A diminuição da equipe do mês de novembro para dezembro pode ser acompanhada pelo *software* L7 conforme apresentado na figura 46:

Figura 46 - Número de colaboradores no serviço de assentamento de granito Branco Dallas



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

É notória na figura 46 a diminuição da equipe presente na obra, do mês de novembro em relação a dezembro. No período entre 16 e 21 de novembro haviam 10 colaboradores e no mesmo período de dezembro a equipe ficou reduzida a aproximadamente 5 funcionários. Assim, ficou definido o *lookahead* do mês de janeiro de 2017, que foi seguido pelo planejamento semanal após o comprometimento da equipe de produção, conforme descrição apresentada na próxima seção.

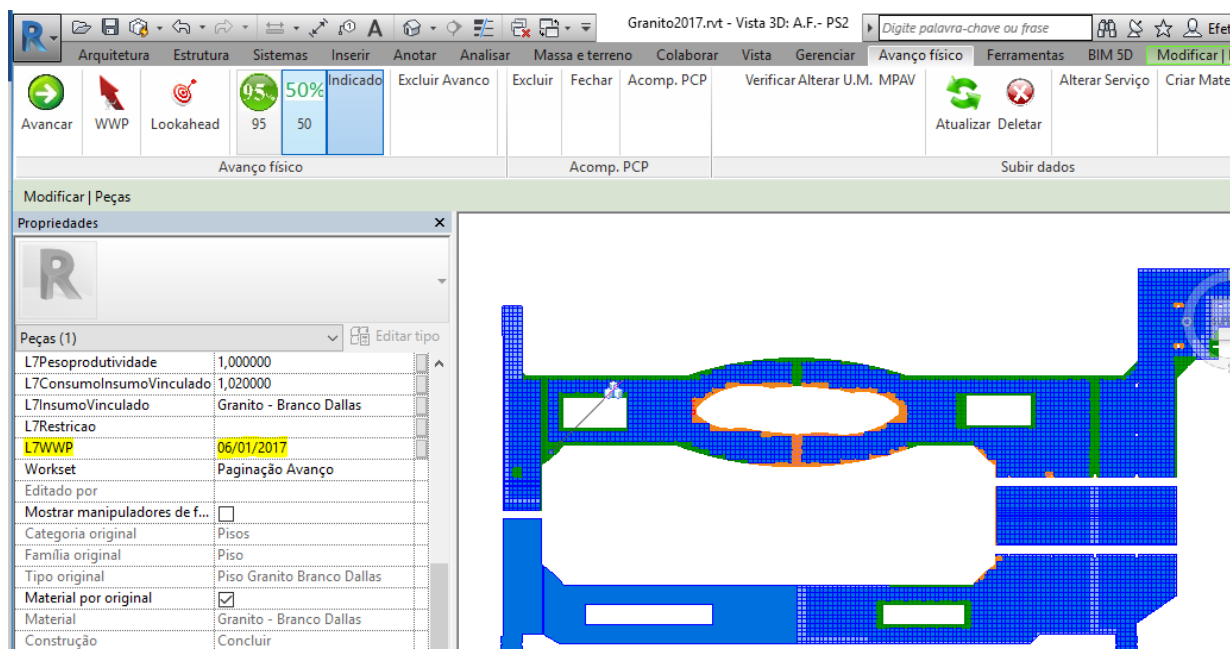


### 5.2.1.2 Work Week Plan - WWP

#### a) Primeira semana – 2 a 6 de janeiro de 2017

Em reunião, houve o comprometimento da equipe de produção em realizar o assentamento no segundo pavimento da quantidade disponível em estoque para o revestimento de piso do granito Branco Dallas. A quantidade desse granito não era suficiente para terminar todo o serviço do pavimento, conforme já antecipado pelo modelo, no momento da elaboração do *lookahead*. Dessa forma, foi solicitada a entrega do material para a última semana de janeiro, conforme gerenciamento visual proporcionado pelo modelo em avaliação apresentada na figura 47:

Figura 47 - Gerenciamento visual do WWP da primeira semana de janeiro 2017 – 2º pavimento.



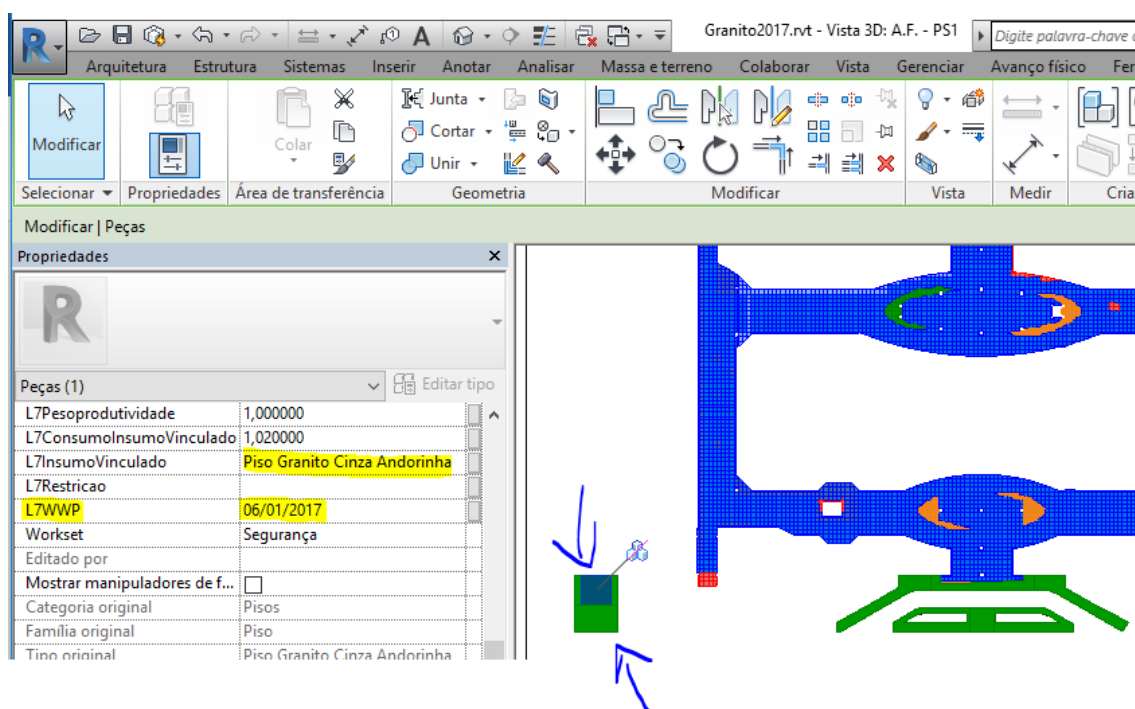
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na figura 46 é possível visualizar a região selecionada para o WWP da primeira semana de janeiro, cuja cor é verde em um tom mais escuro e ainda visualizar a data na

qual foi agendado o término do serviço, visto no parâmetro criado para este fim, denominado L7WWP. Neste exemplo, o encerramento do serviço ocorreu no dia 06 de janeiro de 2017.

Ainda na primeira semana ficou agendado um trecho no primeiro pavimento de assentamento de revestimento de piso em granito Cinza Andorinha, conforme gestão visual no modelo do *software* Revit®, apresentado na figura 48:

Figura 48 - Gerenciamento visual do WWP da primeira semana de janeiro 2017 – 1º pavimento.



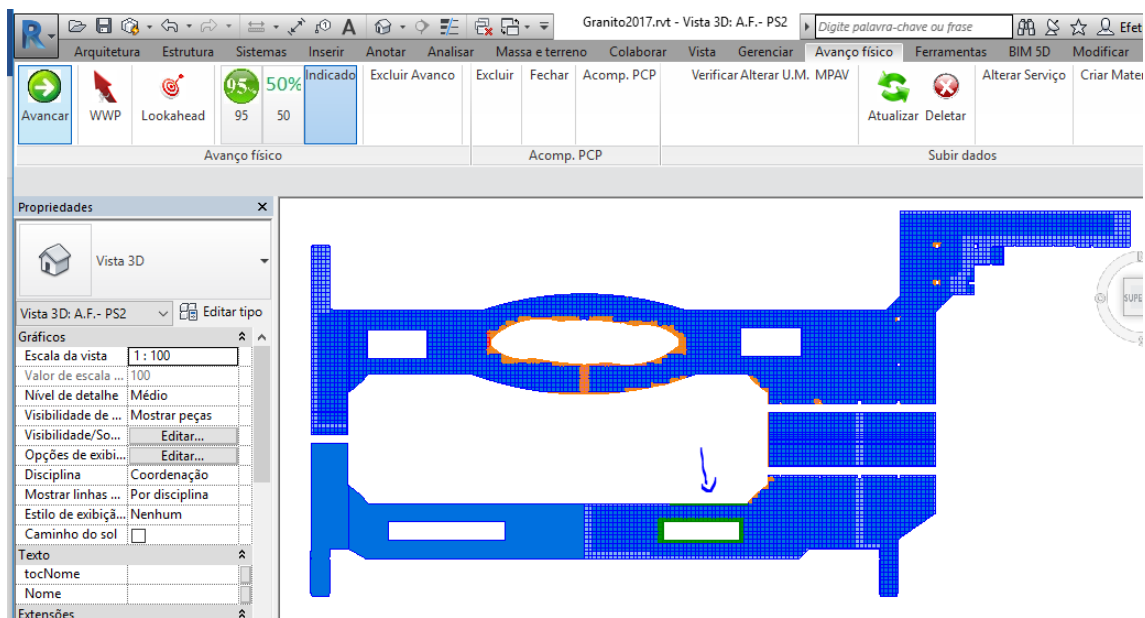
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na figura 48 é possível visualizar o trecho agendado para essa semana, apresentado na cor verde escuro com a data programada em relação ao parâmetro L7WWP para 6 de janeiro de 2017.

Após o término da semana foram coletadas as informações de campo e realizado o avanço físico no modelo. Na figura 47 o que estava apresentado na cor verde escuro passou a ser indicado na cor azul, indicando que o serviço foi executado. Porém, também

se nota que na região indicada pela seta há uma pequena região ainda apresentada na cor verde, sinalizando o trecho que não foi executado na data prevista, conforme apresentado na figura 49:

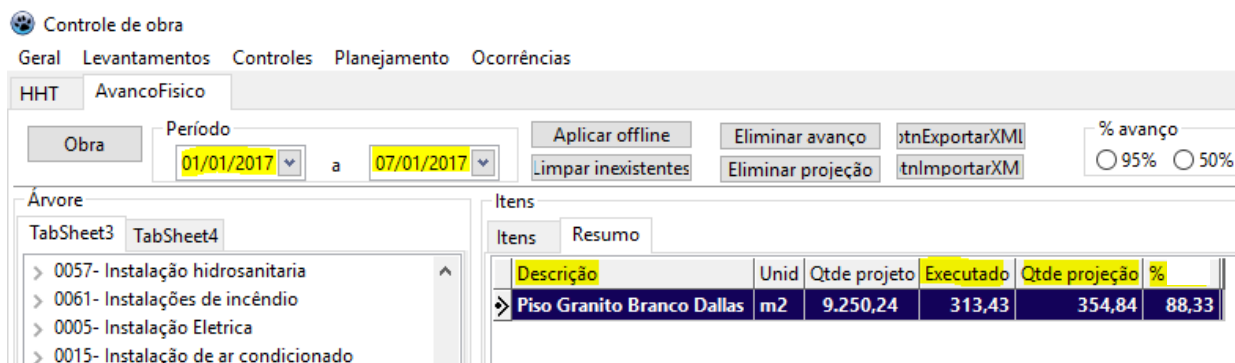
Figura 49 - gerenciamento visual do Avanço físico da primeira semana de janeiro/2017



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Em reunião com a produção para verificação do trecho não executado, foi identificado como causa a falta de material (granito Branco Dallas), gerada por uma faixa de granito Marrom Imperial que foi diminuída e substituída pelo revestimento da cor branca, consumindo, portanto, a quantidade que aparecia disponível no modelo, no momento da formação do planejamento WWP.

Ainda sobre o mesmo trecho, é possível verificar no *software* L7 o percentual de serviços concluídos em relação ao planejado no WWP do serviço de assentamento de granito Branco Dallas, conforme apresentado na figura 50:

Figura 50 - Acompanhamento numérico no *software* L7 e cálculo do índice de efetividade

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

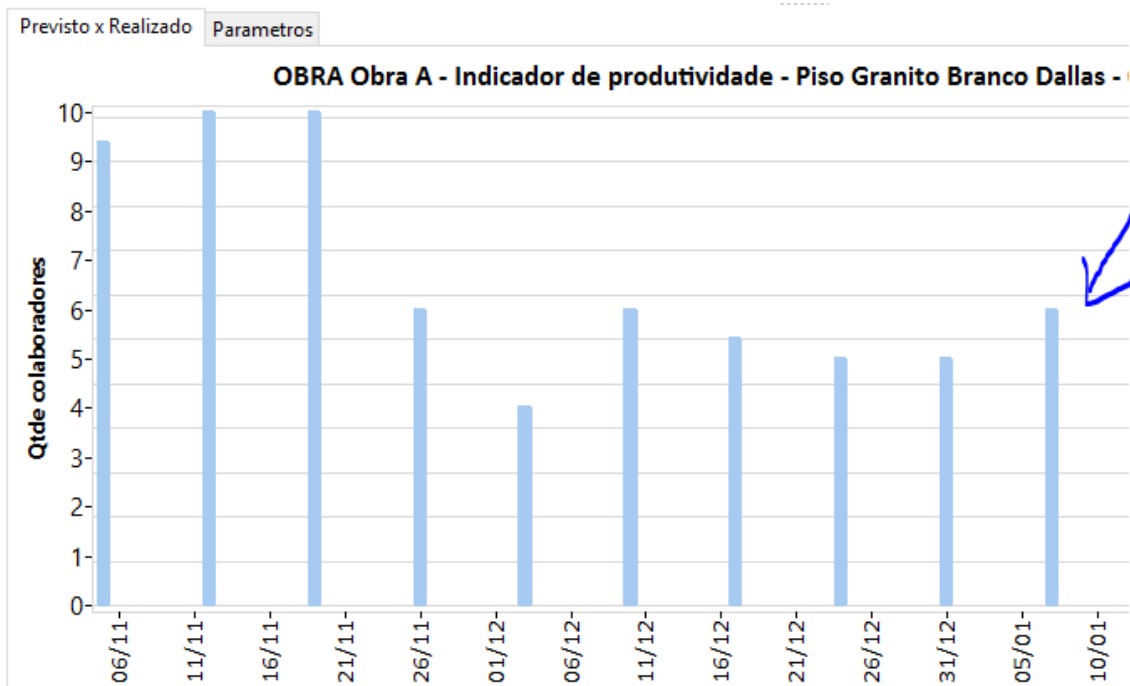
Na figura 50, o período selecionado para análise foi o referente a 01/01/2017 a 07/01/2017, em que fica registrada a quantidade executada de 313,43 m<sup>2</sup>, a quantidade de projetada para o período, de 354,84 m<sup>2</sup>, determinado a formação do WWP e o índice de efetividade de 88,33%. Estes dados apresentaram, em forma numérica, a confirmação o que já havia sido registrado, de forma visual, no modelo BIM, ilustrado pela figura 49.

Ao verificar com a arquiteta responsável pela obra a razão de não ter sido assinalado no modelo a restrição de projetos indicando a troca da paginação, constatou-se que havia sido realizada antes da implantação do modelo.

Nesta semana fazia parte também do WWP um trecho de assentamento de granito na cor Cinza Andorinha na parte da frontal do shopping, conforme destacado na figura 48. Esse trecho não foi executado e a causa não foi facilmente identificada pela produção. Porém, analisando as informações do modelo, constatou-se que não havia mão-de-obra suficiente, conforme os gráficos das figuras 51 e 52.

Figura 51- Número de colaboradores presentes na frente de serviço de assentamento de granito

## Branco Dallas



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Haviam apenas 6 assentadores presentes na frente de serviço de assentamento do granito Branco Dallas, conforme visualizado na figura 51 e nenhum alocado para o assentamento do granito Cinza Andorinha, conforme apresentado na figura 52.

Figura 52 - Número de colaboradores presentes na frente de serviço de assentamento de granito  
Cinza Andorinha



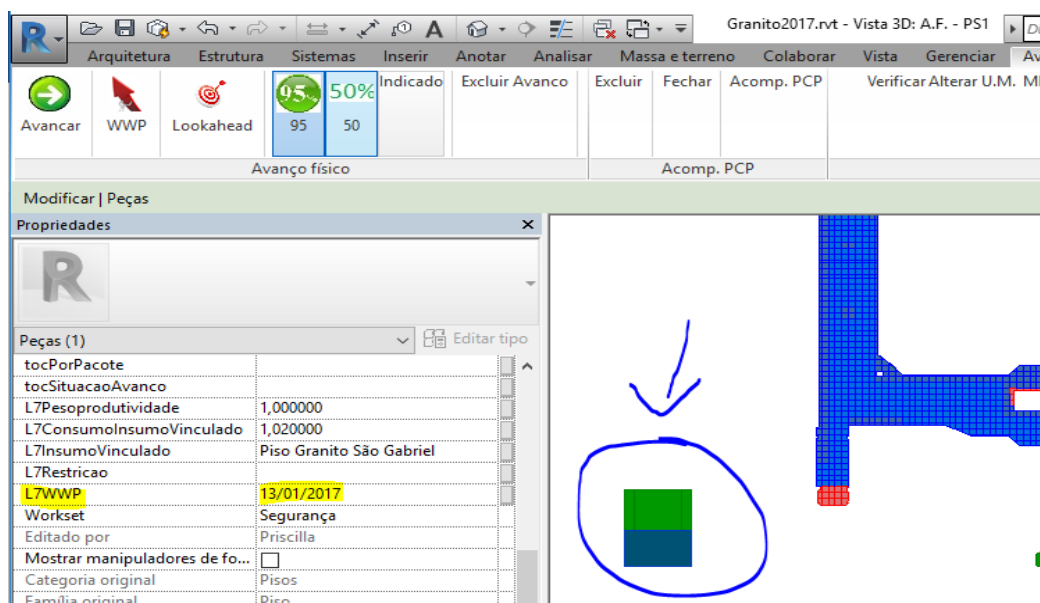
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Apesar de o número de funcionários do empreiteiro ter voltado ao que havia na obra no mês de novembro de 2016, alguns deles foram desviados para o serviço de assentamento de porcelanato, não acompanhado por esta pesquisa, comprometendo o que havia sido planejado para a primeira semana do mês de janeiro de 2017, referente ao assentamento de granito. Essa situação possivelmente teria sido detectada se todos os serviços estivessem no modelo de integração, pois o número de funcionários requerido para todas as frentes de serviço ficaria evidente, tanto pela função *Lookahead*, como de forma numérica e gráfica no *software L7*.

### b) Segunda semana – 9 a 13 de janeiro de 2017:

Em reunião, foi acertado que seriam incluídos na programação desta semana os trechos de assentamentos do granito Cinza Andorinha e São Gabriel, que não foram realizados na semana anterior, conforme apresentado na figura 53:

Figura 53 - Gerenciamento visual do planejamento da segunda semana de janeiro/2017, no primeiro pavimento – trecho 01

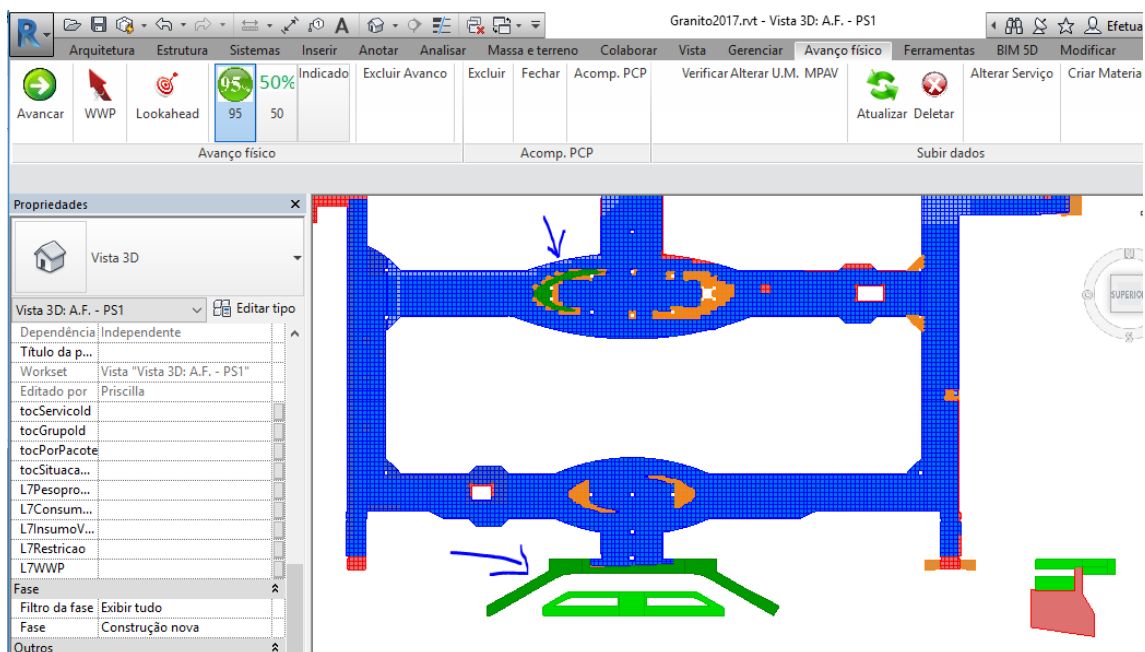


Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

É destacado na figura 53 o trecho não realizado na semana anterior, por falta de mão-de-obra e agora reagendado para a segunda semana, cuja nova data agendada aparece registrada no parâmetro L7WWP, destacado em amarelo.

Outro trecho agendado para esta semana, foi o referente ao revestimento em granito Marrom Imperial e em granito São Gabriel na entrada da obra, conforme registrado na figura 54:

Figura 54 -Gerenciamento visual do planejamento da segunda semana de janeiro/2017, no primeiro pavimento – trecho 02



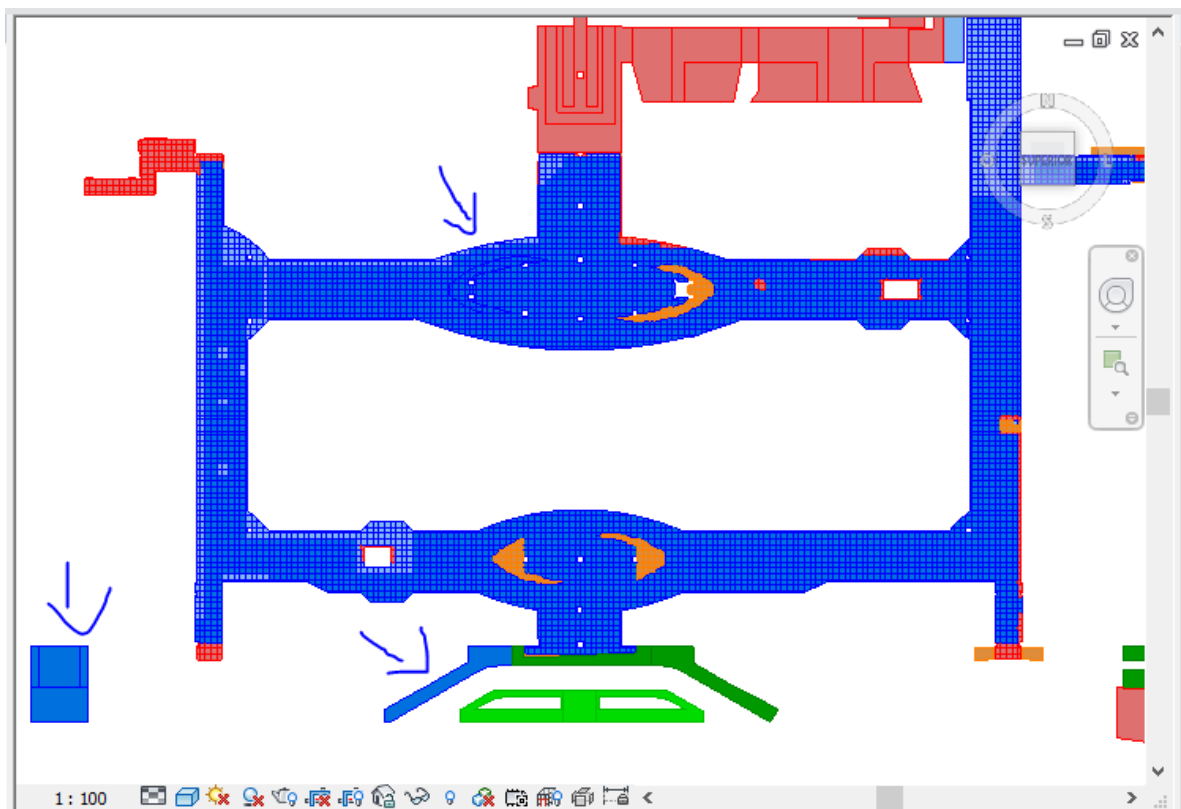
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Os dois trechos selecionados para execução na segunda semana de janeiro não tinham qualquer restrição, conforme se pode perceber no gerenciamento visual apresentado nas figuras 53 e 54, indicados na cor verde.

Ao final da semana foi realizado o avanço físico no modelo, conforme coleta de campo. Nesse momento foi possível verificar visualmente que nem todos os trechos selecionados foram executados, conforme apresentado na figura 55:



Figura 55 - Gerenciamento visual do serviço realizado na segunda semana de janeiro/2017



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na Figura 55 é possível visualizar os trechos que estavam agendados e executados, apresentados na cor azul, indicando o cumprimento do planejamento semanal. Porém, o trecho em cor verde um tom mais escuro, indica que o trecho estava agendado para a semana e não foi realizado.

O controle do que foi realizado na semana também pode ser acompanhado pelo *software* L7 de forma numérica, conforme apresentado nas figuras 56, 57 e 58.

Figura 56 - Controle semanal do previsto e executado, de forma numérica - serviço assentamento de piso Cinza Andorinha – segunda semana de janeiro/2017

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

Cadastro de material AvancoFisico

Obra Período 08/01/2017 a 14/01/2017

Aplicar offline Eliminar avanço ttnExportarXML % avanço 95% 50% Outros Avançar

Limpar inexistentes Eliminar projeção ttnImportarXML

Árvore

TabSheet3 TabSheet4

- > 0041- Cortina
- > 0043- Estrutura Metálica
- > 0044- Impermeabilização
- > 0007- Drywall

Itens

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	%
Piso Granito Cinza Andorinha Anti-Derrapante	m2	711,26	39,69	39,69	100,00

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Figura 57 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso marrom imperial – segunda semana de janeiro/2017

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

Cadastro de material AvancoFisico

Obra Período 08/01/2017 a 14/01/2017

Aplicar offline Eliminar avanço ttnExportarXML % avanço 95% 50% Outros Avançar

Limpar inexistentes Eliminar projeção ttnImportarXML

Árvore

TabSheet3 TabSheet4

- > 0041- Cortina
- > 0043- Estrutura Metálica
- > 0044- Impermeabilização
- > 0007- Drywall

Itens

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	%
Piso Granito Marrom Imperial	m2	354,50	33,37	33,37	100,00

Figura 58 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso preto São Gabriel – segunda semana de janeiro/2017

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

Cadastro de material AvancoFisico

Obra Período 08/01/2017 a 14/01/2017

Aplicar offline Eliminar avanço ttnExportarXML % avanço 95% 50% Outros Avançar

Limpar inexistentes Eliminar projeção ttnImportarXML

Árvore

TabSheet3 TabSheet4

- > 0041- Cortina
- > 0043- Estrutura Metálica
- > 0044- Impermeabilização
- > 0007- Drywall

Itens

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	%
Piso Granito Preto São Gabriel Anti-Derrapante	m2	835,85	121,07	174,92	69,21

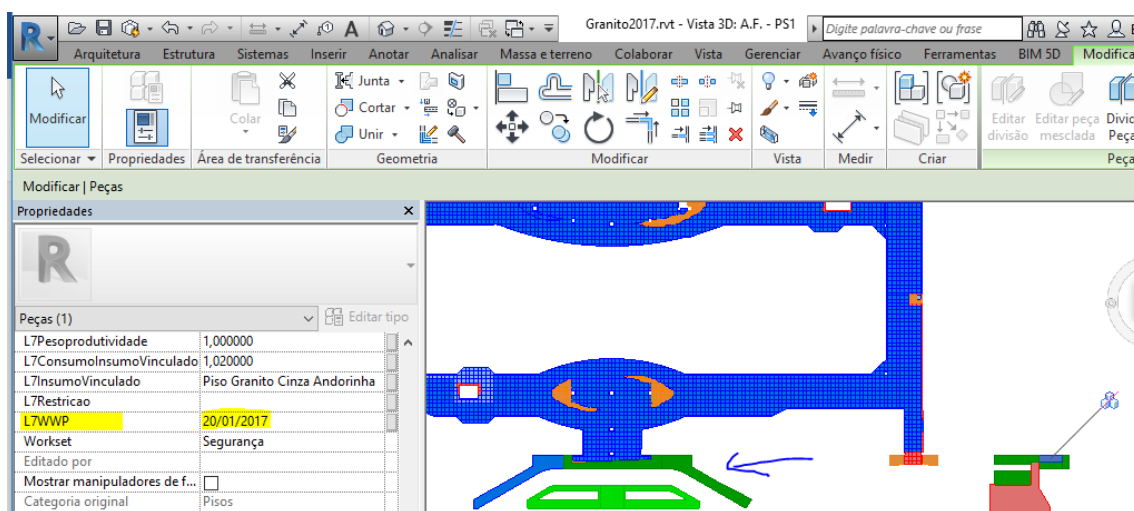
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

As figuras 56 e 57 registram a quantidade executada e a quantidade programada para o período de 08/01/2017 a 14/01/2017, indicando que ambos os serviços foram realizados em sua totalidade prevista. Já na figura 58 é possível verificar que para igual período a quantidade programada é superior à quantidade executada, registrando um índice de efetividade de 69,21%. A causa do não cumprimento do programa foi novamente o desvio da mão-de-obra para o serviço de assentamento de porcelanato.

**c) Terceira semana – 16 a 20 de janeiro de 2017:**

Em reunião inicial para formação do WWP foi resolvido com a equipe de planejamento diminuir a quantidade de piso em granito a ser executado nesta semana, uma vez que continuaria o desvio da equipe para o assentamento do porcelanato, que era mais importante para o cumprimento do prazo de entrega das unidades aos lojistas. Portanto, os trechos agendados foram os da parte da frente da obra, conforme apresentado na figura 59:

Figura 59 - Gerenciamento visual do WWP da semana de 16/01/2017 a 20/01/2017



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)



O não cumprimento da meta foi justificado pela equipe de produção como sendo a baixa produtividade nesta região, devido a várias outras frentes de serviços da obra.

No *software* L7 também ficou registrado de forma numérica, conforme apresentado nas figuras 61 e 62, o que estava programado, o que foi realizado e o índice de efetividade por serviço.

Figura 61 - Controle semanal do serviço previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso Cinza Andorinha – terceira semana de janeiro/2017

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	%
Piso Granito Cinza Andorinha Anti-Derrapante	m2	711,26	104,28	104,28	100,00

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Figura 62 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço assentamento de piso preto São Gabriel – terceira semana de janeiro/2017

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	%
Piso Granito Preto São Gabriel Anti-Derrapante	m2	835,85	53,85	0,00	0,00

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

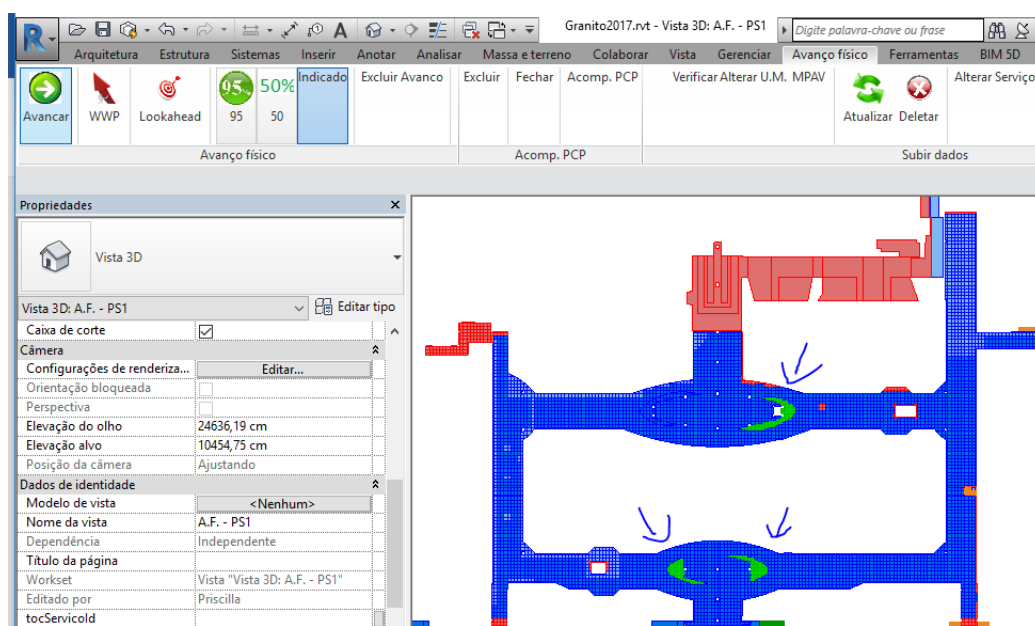
No *software* L7, conforme apresentado na figura 62, fica confirmado o trecho não executado, o qual estava previsto no WWP da semana, que foi registrado na coluna vazia do executado, tornando o índice de efetividade igual a zero.

**d) Quarta semana – 23 a 27 de janeiro de 2017**

O fornecimento de granito Branco Dallas solicitado para o término do assentamento de piso com esse revestimento no pavimento superior não havia chegado. Dessa forma, não foi possível fazer a programação para essa última semana como previsto no *Lookahead*.

Foi discutido pela equipe de planejamento a diminuição da mão-de-obra, que ocorreu nas três primeiras semanas do mês de janeiro. Como seria mantida a equipe pequena resolveu-se diminuir a área planejada para a quarta semana de janeiro. O local de aplicação também foi modificado, já que a região da entrada da obra continuava com muitos outros serviços sendo executados, o que gerava uma baixa produtividade.

Apesar do trecho a ser revestido com granito Marrom Imperial não ter sido selecionado inicialmente no *Lookahead* de janeiro, essa parte da obra parecia ser a mais indicada para ser executada nesta semana. Logo, foi lançado o trecho no modelo acionando a funcionalidade *Lookahead*, a fim de verificar a disponibilidade de material para essa região, conforme apresentado na figura 63:

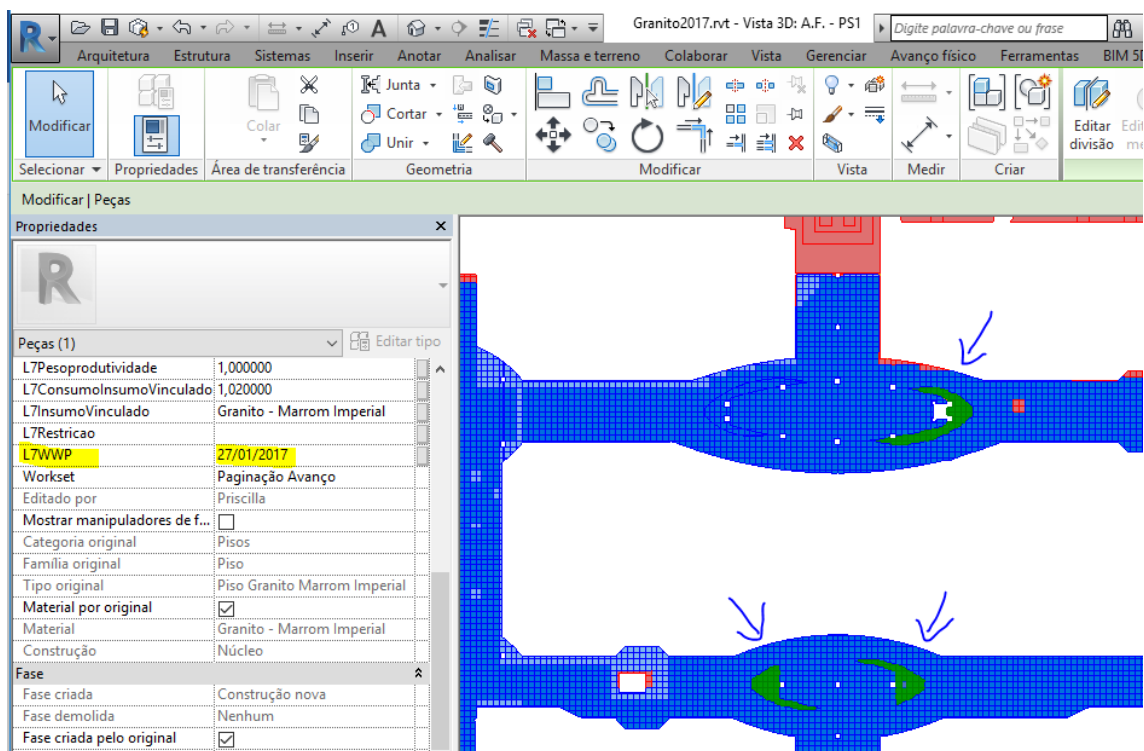
Figura 63 - *Lookahead* da quarta semana de janeiro/2017

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

As regiões selecionadas para a verificação das restrições são as apresentadas na figura 63, destacadas pela seta azul. Percebe-se pela cor verde na figura que não havia nenhum tipo de restrição e, além disso, a equipe que tinha ficado a cargo desse serviço era suficiente para o assentamento do trecho selecionado.

Esse trecho de assentamento de granito Marrom Imperial foi incluído no WWP da semana analisada, conforme apresentado na figura 64 em destaque pela seta na cor azul, onde é possível visualizar a mudança de cor para verde em um tom mais escuro, indicando o planejamento semanal e a data de entrega registrada no parâmetro L7WWP.

Figura 64 - WWP da quarta semana do mês de janeiro/2017



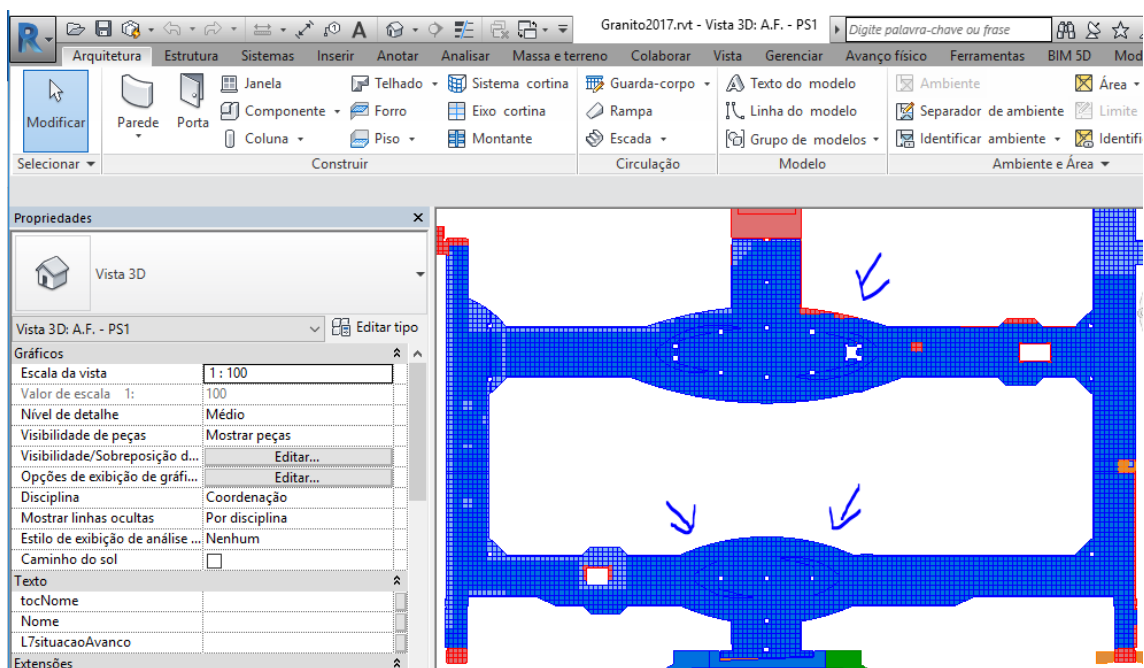
Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Os outros trechos que inicialmente constavam no planejamento de médio prazo do mês de janeiro de 2017 foram substituídos, pois não havia mão de obra suficiente, nem condições de trabalho apropriadas para a execução. Logo, não foram agendados no WWP.

Com o término da semana e a coleta das informações de campo, o modelo foi alimentado em relação ao trecho executado e à mão de obra presente na frente de serviço. Na figura 65 pode se verificar visualmente o que foi executado.



Figura 65 - Gerenciamento visual do executado na semana de 23/01/2017 a 27/01/2017



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Também é possível visualizar no *software* L7 a relação entre o serviço que foi executado e o previsto, calculado pelo índice de efetividade, conforme apresentado na figura 66:

Figura 66 - Controle semanal do previsto e executado de forma numérica - serviço de assentamento de piso marrom imperial – quarta semana de janeiro/2017

Controle de obra

Geral Levantamentos Controles Planejamento Ocorrências

AvançoFísico HHT

Obra Período 22/01/2017 a 28/01/2017

Aplicar offline Eliminar avanço jtnExportarXML % avanço 95% 50% Outros Avançar

Limpar inexistentes Eliminar projeção tnlImportarXML

Árvore

TabSheet3 TabSheet4

- > 0041- Cortina
- > 0043- Estrutura Metálica
- > 0044- Impermeabilização
- > 0007- Drywall
- > 0008- Alvenaria
- > 0012- Reboco

Itens

Itens Resumo

Descrição	Unid	Qtde projeto	Executado	Qtde projeção	% PPC
Piso Granito Marrom Imperial	m2	354,50	82,70	82,70	100,00

Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Conforme registrado na figura 66, o planejamento semanal foi todo concluído, uma vez que foi feita a adequação em relação à mão de obra disponível e ao local mais adequado, de acordo com as condições apontadas pelo modelo.

#### 5.2.1.3 Comentários

Com a aplicação do modelo no serviço de assentamento de granito foi possível identificar que ele traz informações importantes sobre a mão-de-obra, que anteriormente era registrada em outra planilha, sem conexão alguma com o planejamento. Nesse sentido, os gestores puderam tomar conhecimento de onde estava sendo aplicada a mão-de-obra do empreiteiro e entender a razão do atraso no serviço, além de identificar o melhor local para atuação da equipe.

Também foi possível observar que as restrições ligadas às especificações de projeto precisavam ser apontadas antes do início do planejamento. Como exemplo, quando a paginação do revestimento em granito Branco Dallas foi alterada, caso a mudança tivesse sido comunicada ao responsável pelo planejamento, a previsão de material seria mais precisa e a solicitação antecipada. O trecho possivelmente seria executado, ainda que manualmente, já que a paginação não poderia ser alterada diretamente no modelo de planejamento. Nesse sentido, o modelo promove a interação das partes interessadas, aumentando a comunicação entre os setores da empresa e ainda a importância de todos usarem o modelo.

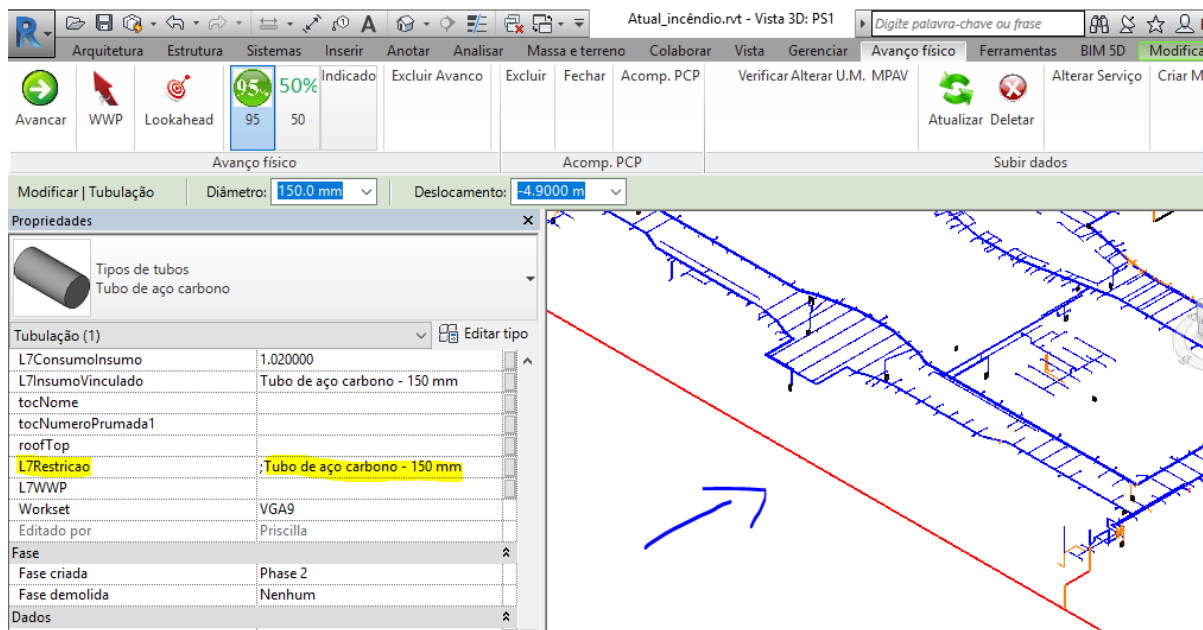
A mudança do planejamento da última semana, alterando os serviços, só foi possível através da identificação das causas das outras semanas, proporcionando uma melhor gestão e, conseqüentemente, melhorando a eficiência do planejamento de curto prazo e o tornando formal, com a utilização do modelo.

## 5.2.2 Programação da execução do serviço de instalação de combate a incêndio

### 5.2.2.1 Programação Lookahead

O cronograma master previa o término deste serviço no mês de janeiro de 2017. Nesse sentido, foi programada a execução de todo o serviço que ainda não havia sido executado. Ao ser lançado na programação *Lookahead*, houve a indicação da falta de material para realização do serviço, conforme apresentado na figura 67:

Figura 67 - *Lookahead* visual do serviço de instalação de combate a incêndio- mês de janeiro/2017

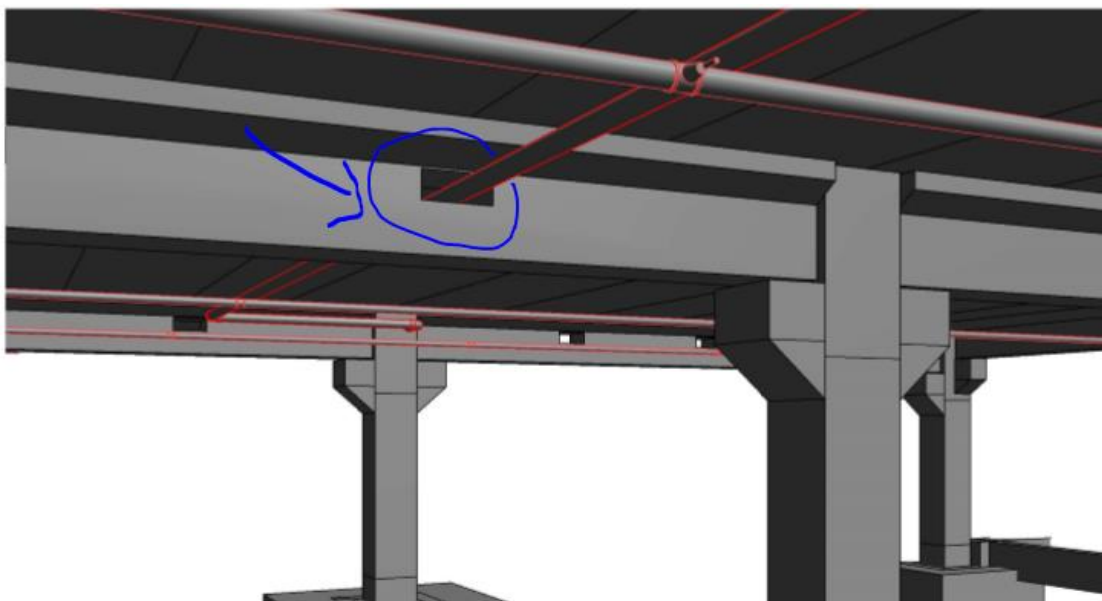


Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

A figura 67 indica um dos trechos selecionados para o planejamento do mês de janeiro de 2017, indicado em cor vermelha, registrando uma restrição. O tipo de restrição registrada no parâmetro L7Restricao era do tipo material, especificamente o tubo de aço carbono 150 mm, principal insumo para a execução dos trechos programados.

Alguns materiais já haviam sido solicitados pelo encarregado. Porém, o modelo apontava para a necessidade de outros que não constavam na lista e também vários materiais solicitados que não eram previstos no modelo. Ao se investigar esta situação foi constatado que vários trechos foram executados diferentes do projeto, conforme ilustrado nas figuras 68 e 69:

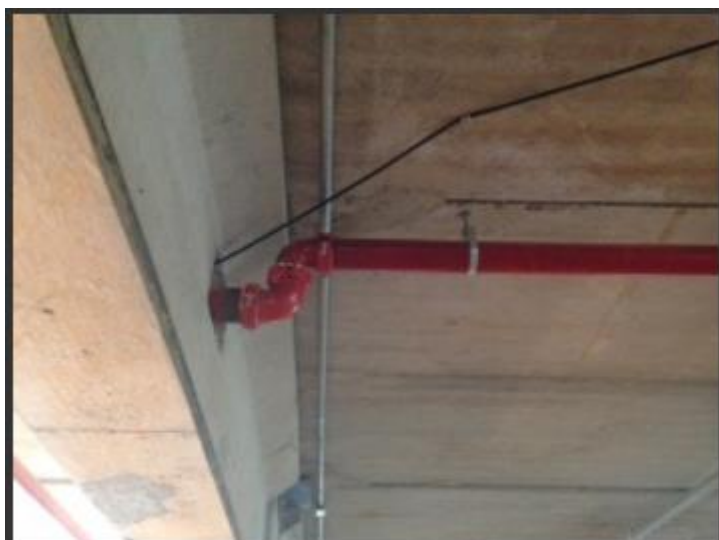
Figura 68 - Detalhe da tubulação que transpassa a viga como previsto em projeto



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na figura 68 há uma ilustração de como deveria acontecer a passagem da tubulação de aço carbono pela viga. Porém, esse trecho foi executado de outra maneira, conforme apresentado na figura 69:

Figura 69 - Detalhe da tubulação que transpassa a viga como executado



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Pode-se notar na figura 69 que a tubulação foi executada com a cota diferente da prevista em projeto acarretando o consumo de duas outras conexões não previstas. Isso ocorreu porque a tubulação perpendicular a ela foi executada anteriormente, em cota diferente da prevista no projeto, conforme apresentado na figura 70:

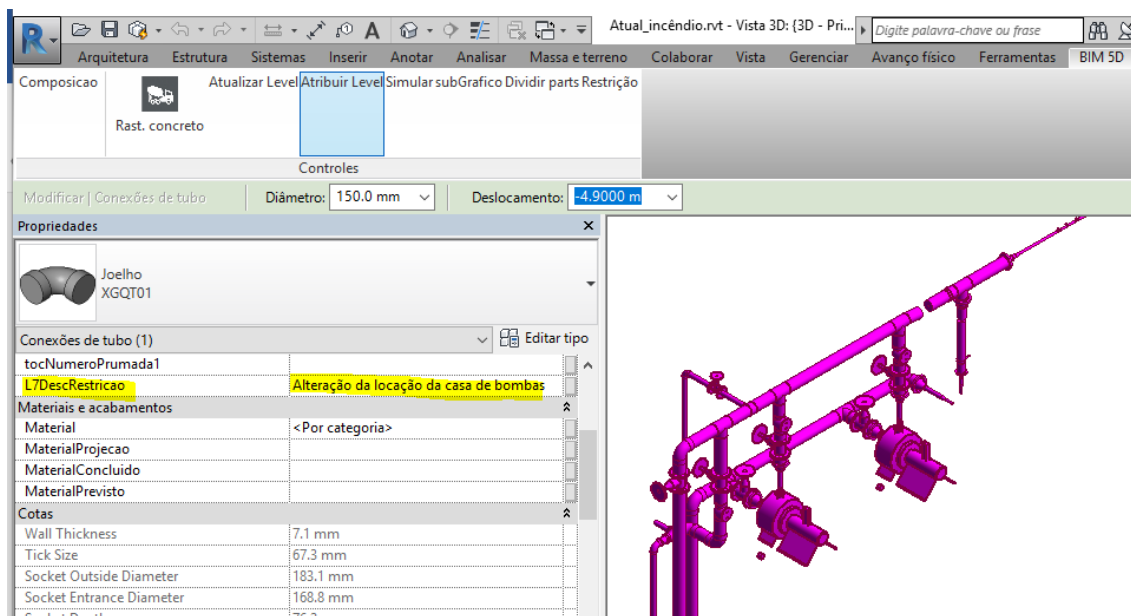
Figura 70 - Tubulação executada em cota diferente da prevista em projeto



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Outro apontamento do modelo foi a alteração da locação das bombas, gerando um alerta visual no trecho programado, indicando uma restrição de projeto, conforme apresentado na figura 71:

Figura 71 - Gerenciamento visual de restrição do tipo projeto



Fonte: elaborado pela autora do trabalho (2017)

Na figura 70 pode-se notar a mudança de coloração nos elementos geométricos alterados devido a uma mudança de locação das bombas e, portanto, tornando-se uma restrição do tipo projeto. Fica também registrado no parâmetro criado para essa finalidade denominado L7DescRestricao, o tipo de restrição deste trecho, intitulado “alteração da locação da casa de bombas”, que foi previamente assinalado pelo setor de projetos.

#### 5.2.2.2 *Work Week Plan - WWP*

Devido aos ajustes na lista de compras, pedidos tardios dos materiais faltantes e previsão de entrega dos materiais para fevereiro, não houve planejamento de curto prazo para nenhuma das atividades deste grupo.

As equipes foram redirecionadas aos serviços inacabados e testes na rede. Portanto, não houve nenhum avanço físico neste grupo no mês de janeiro de 2017.

#### 5.2.2.3 Comentários

Com esse grupo de serviços ficou claro que o modelo poderia antecipar a falta de material e evitar o atraso na execução dos serviços. Também foi constatado que se a execução não seguir o projeto, o modelo pouco adiantará uma vez que os quantitativos gerados não serão condizentes com a realidade e, logo, a verificação das restrições na funcionalidade *Lookahead* também não serão verdadeiras, no que diz respeito aos materiais.

A sinalização do departamento de projetos da alteração na locação da casa de bombas também alertou a suspensão da programação do trecho, mostrando a importância desse tipo de restrição. Essa sinalização também poderia ter acelerado a definição do local da casa de bombas, uma vez que a visualização da restrição seria antecipada, visto que até o final do mês de janeiro de 2017 essa discussão ainda não havia sido encerrada.

Outro ponto verificado foi a quantidade de trechos apontados como terminados que necessitavam de finalização. Como o modelo tem a opção de avanço parcial do serviço em porcentagem, isso poderia ter sido utilizado para sinalizar que era necessária a formação de equipes para essas finalizações e entrar como programação de uma nova

frente de serviços, ou mesmo não iniciar outros trechos sem a finalização dos anteriores, evitando assim o *making do*.

### **5.3 Avaliação dos constructos**

Após a aplicação do modelo no estudo empírico foi realizada uma reunião com os envolvidos para avaliação do modelo no que diz respeito à sua utilidade e funcionalidade, através de entrevista não estruturada, baseada nos questionamentos apresentados no Quadro 7.

Os entrevistados foram: o engenheiro responsável pelo setor de planejamento, o estagiário do setor de planejamento, a arquiteta responsável pelo setor de projetos, o engenheiro responsável pelo setor de produção e o estagiário deste setor. As entrevistas foram realizadas em cada setor envolvido em momentos diferentes.

#### **5.3.1 Avaliação do subconstructo utilidade**

Esse subconstructo foi dividido em quatro questionamentos: Confiabilidade da informação; Aumento da comunicação; Utilização das informações geradas e Integração das informações utilizadas.

Quanto à confiabilidade da informação, todos foram unânimes em afirmar que o modelo 3D de projeto não refletia a realidade, uma vez que muitas estruturas foram executadas em divergência com o que previa o projeto. Essa questão levantada refletiu, conforme discutido anteriormente, na divergência entre o material solicitado ao departamento de suprimentos e o requerido pelo modelo, no planejamento do serviço de instalação de combate a incêndio, o que ocasionou a parada da frente de serviço no mês de janeiro de 2017. Entretanto, todos os entrevistados concordaram que o modelo era



afetado por um comportamento inadequado de ser permissivo na execução do serviço, em discordância com o projeto e que, se sanado esse comportamento, o modelo iria ser confiável quanto aos materiais requeridos. Já no que se referiu à mão-de-obra, o setor de produção confirmou a produtividade e o número de colaboradores em cada frente de serviço, se mostrando confiável. Outro item de confiabilidade foi em relação aos trechos executados, os quais podiam ser identificados por meio do gerenciamento visual, através das diferentes cores implantadas.

O item aumento da comunicação foi o mais comentado do modelo de integração, através da participação do departamento de projetos indicando as mudanças realizadas diretamente no modelo, de forma visual.

Um dos relatos dos envolvidos no processo de planejamento (engenheiro responsável pelo setor de produção) foi: “*Esse sistema e essas reuniões que fazem a gente pensar na obra*”. E ainda ressaltou que envolver o setor de projetos era ótimo, pois, segundo o engenheiro, era o maior problema enfrentado na obra, pois as atualizações de projetos eram postadas em um sistema central, onde nem sempre o setor de produção tomava conhecimento, fazendo com que as alterações só se tornassem evidentes na hora de executar, acarretando falta de material, dentre outros problemas.

Já sobre a integração das informações em um banco de dados únicos os envolvidos no planejamento vislumbraram a possibilidade de analisar e utilizar determinadas informações para fazer a gestão, tanto na preparação do planejamento quanto na execução, como, por exemplo, a formação de equipes mais eficientes. As informações integradas foram notadas na formação do *work week plan* no serviço de assentamento de granito, em que foi preciso diminuir a quantidade previamente agendada, visto que não havia mão-de-obra suficiente.

Outro aspecto enfatizado foi a utilidade do gerenciamento visual com cores diferentes para serviços executados, planejados com restrição e sem restrição. A inserção do *Lookahead* também foi notada como um ponto positivo, uma vez que antecipava as restrições, de maneira a eliminá-las antes do início da execução.

A busca automática das necessidades de mão-de-obra e material dentro do modelo proporcionado pelo *plug-in* e banco de dados também foram apontados como facilitadores da programação, contribuindo para a melhoria do planejamento, uma vez que tal verificação não era realizada de maneira sistemática.

### **5.3.2 Avaliação do subconstructo funcionalidade**

Esse subconstructo também foi segmentado em quatro questionamentos: facilidade de uso; facilidade de entender as informações; retroalimentação eficaz e interesse em continuar o uso da ferramenta apresentada.

Um dos primeiros questionamentos no momento da apresentação do modelo foi sobre quem deveria operá-lo. Foi explicado que seriam os responsáveis pelos setores envolvidos, pois a intenção era a de promover a integração. O setor de projetos iria lançar as informações sobre as mudanças; o planejamento iria, orientado pelo cronograma master, fazer o *Lookahead*, a fim de antecipar as restrições; e o setor de produção, diante das tarefas sem restrições, seria encarregado de definir o que seria realizado no planejamento semanal.

Outro ponto abordado tanto pelo planejamento, quanto pela produção foi a preocupação em alimentar o modelo com os dados de mão-de-obra e material. Foi então apresentado com mais detalhe a inserção dos dados e sugerido que quem inseria os dados em outros documentos já usuais da empresa alimentassem o modelo em substituição. Por isso foi desenvolvida uma interface parecida com o Excel® no modelo proposto.

A facilidade em entender as informações geradas foi reconhecida pela gestão visual apontada como de simples entendimento.

Quanto à facilidade de operação da ferramenta, o setor de produção não mostrou interesse em aprender: só queriam as informações. Já o setor de planejamento que opera o *software* Revit® para fazer o avanço físico teve uma interação satisfatória com o modelo, não apresentando dificuldade em operar a ferramenta.

O interesse em continuar o uso da ferramenta ficou explícito com a pergunta: “*Já será implementado na próxima obra desde o começo?*”.

As maiores dificuldades encontradas pela pesquisadora em operar o modelo foi a inserção de dados referente ao material, pois cada fornecedor adotava uma nomenclatura diferente para o mesmo insumo, que, por sua vez, era diferente do que estava registrado no elemento geométrico. Além disso, também, foi constatada uma restrição relativa à coleta de dados de mão-de-obra para cada serviço, pois a obra registrava apenas o número de colaboradores por grupo de serviços e no modelo deve ser registrado por serviço.

Por fim, a percepção da pesquisadora em interpretar as informações geradas e utilizá-las para formação do planejamento, tanto de médio quanto de curto prazo foi feita de maneira prática e clara. Além disso, outro ponto positivo foi a gestão visual por cores, que facilitou muito o entendimento do serviço programado em relação ao realizado.

## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as principais conclusões e sugestões para pesquisas futuras no tema a fim de contribuir com o conhecimento teórico-prático a respeito da integração entre a tecnologia BIM e o sistema *Last Planner*.

### 6.1. Principais conclusões

A pesquisa teve como principal questão utilizar a modelagem da informação da construção (BIM) de maneira integrada à lógica do sistema *Last Planner* no planejamento e controle da produção em empreendimentos do setor da construção civil. Para isso, teve como objetivo a construção de um modelo que promovesse essa integração de forma a atuar na melhoria da eficiência do planejamento de médio e curto prazo.

Foi proposto o desenvolvimento de um *plug-in* para o *software* Revit®, capaz de transformar as informações com extensão .rvt em .fbd, para que pudessem ficar disponível em um banco de dados e serem utilizadas em outro *software* desktop, aqui desenvolvido e intitulado de *software* L7. Isto possibilitou que fossem administradas com a finalidade de utilização na remoção de restrições e melhorassem, principalmente, a qualidade do planejamento de curto prazo, tornando-o formal e explícito em empresas da construção civil.

O *plug-in* desenvolvido acrescentou funcionalidades ao *software* BIM capazes de promover o gerenciamento visual do planejamento *Lookahead*, verificando automaticamente as restrições do tipo mão-de-obra, material e projetos, através da emissão de alertas visuais com cores diferentes para trechos com tarefas sem restrições e para trechos com tarefas que possuíam restrições. Desta forma, tornou-se possível gerar

um banco de tarefas sem restrições que pudessem ser incluídas no planejamento de curto prazo *work week plan*.

O *software* desktop foi desenvolvido para gerenciar as informações que necessitavam ser atreladas a cada elemento geométrico do modelo e identifica-las em uma estrutura analítica de projeto, bem como as necessidades específicas de insumos referentes a cada serviço do planejamento da produção.

Através do modelo proposto as informações necessárias à lógica do sistema *last planner* foram reunidas em um único banco de dados, promovendo a interação dos departamentos e das partes interessadas e agregando informações que antes ficavam em documentos isolados e por vezes deixavam de ser utilizados na formação do planejamento e controle da produção.

A avaliação do modelo construído foi feita através de sua aplicação em um estudo empírico, em uma construtora goiana, acompanhando dois grupos de serviços, em que foram inseridos os dados históricos de consumo de mão de obra e materiais presentes em estoque. Isto permitiu que fossem feitas as antecipações de consumo de insumos e eliminadas as restrições previamente identificadas, no período programado.

Durante a implantação da proposta foi possível observar a aproximação e a melhoria da comunicação entre os departamentos de planejamento, produção, projetos e suprimentos, uma vez que o modelo concentrava as informações necessárias à formação do planejamento de médio e curto prazos, que se encontravam isolados nos diversos departamentos e muitas vezes nem eram utilizados para a programação dos serviços.

A identificação das restrições e o gerenciamento visual foram alcançados de maneira satisfatória, uma vez que houve a ligação de cada elemento geométrico com suas necessidades em relação ao material, mão-de-obra e detalhamento de projetos, verificados

de forma automática pela função *lookahead* do *plug-in* instalado. O gerenciamento visual através das cores se mostrou bastante atrativo aos usuários possibilitando uma maior facilidade de interpretação das informações verificadas.

A verificação das restrições de forma antecipada também propiciou a formação do planejamento operacional (*work week plan*) mais factível e livre de restrições. A reunião semanal para a formação desse planejamento também propiciou uma maior comunicação entre os diversos setores envolvidos, uma vez que as reuniões não existiam antes da implantação da pesquisa.

O modelo também facilitou a verificação da produtividade de uma equipe e a possibilidade de acompanhamento do desempenho dos empreiteiros terceirizados presentes na obra. Além disso, tornou possível a atribuição de produtividades diferentes do mesmo serviço em trechos que apresentavam maior dificuldade de execução.

É relevante citar ainda que o modelo proposto propiciou o acompanhamento de forma gráfica e numérica, além de visual, o que facilitou a elaboração de relatórios entregues às partes interessadas, aumentando a comunicação, bem como auxiliando na antecipação da aquisição dos insumos necessários para execução dos serviços programados, a fim de evitar a interrupção do fluxo de trabalho.

Para uma melhor retroalimentação do modelo quanto aos dados vindos do campo, deve-se criar procedimentos, como a padronização do nome dos materiais a serem modelados e inseridos no banco de dados, para minimizar o problema de um mesmo insumo ser inserido no sistema com designações diferentes.

Outro procedimento a ser implementado é a coleta de dados a respeito da mão-de-obra presente na obra. Essa deve ser realizada de acordo com os serviços determinados na estrutura analítica utilizada pela obra, uma vez que a coleta somente por um tipo de

profissional dificulta a entrada dos dados, já que devem ser divididos por tarefas e não por grupo de serviços.

Para um melhor funcionamento do modelo também se deve evitar que sejam executados serviços diferentes do previsto no modelo de projeto, pois os consumos tanto de mão-de-obra quanto de materiais ficam diferentes da realidade, dificultando o planejamento e, por consequência, o fluxo de trabalho contínuo.

A maior limitação do modelo de integração foi a impossibilidade de alteração dos elementos geométricos no modelo 3D, pois o ideal seria que a atualização ocorresse de forma automática, refletindo a realidade e, portanto, influenciando positivamente a eficiência do planejamento. Essa limitação pode ser contornada com a implantação de projetos com o uso do BIM pela construtora.

Para melhorar o fluxo das atividades deveria também ser acrescentado ao modelo de integração a verificação de outra restrição do tipo término do serviço antecessor, liberando apenas o serviço subsequente se esse estivesse 100% concluído a fim de promover o fluxo de trabalho contínuo.

## **6.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Desta pesquisa emergiram novos questionamentos que são apresentados como sugestões para trabalhos futuros:

- a) Implementar o modelo aqui proposto em uma obra com todos os projetos modelados e acompanhar os serviços para que possam ser melhor avaliados;
- b) Elaborar aplicativos para *tablet*, que auxiliem a coleta de dados de campo diretamente no modelo; e

- c) Desenvolver um parâmetro para verificação da restrição de término da atividade predecessora.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, A. M. P. **Interligação entre planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSProject**. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BALLARD, G. **The Last Planner System of production control**. Ph.D. Dissertation. England: University of Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Implementing lean construction: improving downstream performance**. Lean construction, p. 111-125, 1997.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: An Essential Step in Production Control**. Technical Report N°. 97 -1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1998.

BALLARD, Glen. **Look ahead planning: The Missing Link in Production Control**, In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 4., 1997, Gold Coast. Proceeding.... . Gold Coast, Australia: IGLC, pp 13-26,1997.

BERNARDES, M. M. S.. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2003.**

BERNARDES, M.. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese de Doutorado. 310 p. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2001.

BHATLA, A.; LEITE, F. **Integration Framework of BIM with the Last Planner System.** In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2012, Proceedings.... San Diego, United States: IGLC, 2012.

BIOTTO, C. N. **Método de Gestão da Produção na Construção Civil com Uso da Modelagem BIM 4D.** Dissertação de mestrado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2012.

CAMARA, E. **Lean Construction como estratégia para melhorias em canteiros de obras: Uma revisão sistemática na literatura nacional.** Dissertação de Mestrado – Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP- São Paulo, Bauru, 2015.

COELHO, H. **Diretrizes e requisitos para planejamento e controle da produção em nível médio prazo na construção civil.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DRESCH, A., LACERDA, D.P., MIGUEL CAUCHICH, P.A.. **Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a design Science Research.** Revista Brasileira de gestão de negócios, p. 1116-1133, 2015.

DRESCH, A.. **Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção.** Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, RS, Brasil, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K.; **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** 2nd e. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.1. ed. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc., 2008.

FARIA, Renato. **Construção Integrada**. Techne. São Paulo, n. 127, p. 44-49, outubro 2007.

FORMOSO, C, et al. **Termo de Referência para Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999.

FORMOSO, C. BERNARDES, M., OLIVEIRA, K. (1999). **Termo de referência para o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HEVNER, A. R.; MARCH, S.T.; PARK, J. **Design Science in Information Systems Research**. MIS Quaterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

KOSKELA, L. **Making-do – the eighth category of waste**. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen. Proceedings. Copenhagen: IGLC, 2004.

KOSKELA, L.; SACKS, R.; DAVE, B. A.; OWEN, R. **The interaction of lean and building information modeling in construction**. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, p. 1307-1315. nov. 2010.

KUNZ, Jhon; FISCHER, Martin. **Virtual Desing and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions**. Stanford: CIFE Working Paper 097, 2011.

LACERDA, D. P., DRESCH, A., PROENÇA, A., & ANTUNES Jr., J. A. V. **Design science research: A research method to production engineering.** *Gestão & Produção*, 20(4), p.741-761, 2013.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process.** *Construction Management and Economics*, p 243-266. 1987.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MACHADO, R.L. **A Sistematização de Antecipações Gerenciais no Planejamento da Produção de Sistemas da Construção Civil.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MANSON, N. J. **Is operations research really research?** *Orion*, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006.

MARCH, S. T., & STOREY, V. C.. **Design Science in the Information Systems Discipline: An Introduction to the Special Issue on Design Science Research.** *MIS Quaterly*, 2008.

MARCH, S. T.; Smith, G. F. **Design and natural science research on information technology.** *Decision Support Systems*, v. 15, n 4, p. 251-266, dez 1995.

MENDES JÚNIOR, R.; CLETO, M. G.; GARRIDO, M. C. **Levantamento de estudos das interações entre building information modeling (BIM) e construção enxuta.** Encontro de Engenharia de Produção, Curitiba, 2014.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; SANTOS, A.B.; DE PAULA, F. A.; GOUVÊA, L. B. **Comunicação do modelo integrado com o planejamento de prazo e custo.** In:

Simpósio brasileiro de qualidade do projeto no ambiente construído, 3; encontro de tecnologia de informação e comunicação no ambiente construído, 6., 2013, Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013.

MORAES, R. M. M. (2007). **Procedimentos para o processo de planejamento da construção: estudo de caso**. São Carlos. 186 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos.

MORKOS, R.; MACEDO, J.; FISCHER, M.; SOMU, C. **Quantifying Effects of Specific 4D Tool Functionalities on 4D Modeling Productivity**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 2011, Beirut. Proceedings... Beirut: CSTB, 2012. Não paginado.

N. B. I. M. S. **National Building Information Modeling Standard - Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies**. 2007.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. NBIM-US V2: **national BIM standard** – United States version 2. Washington, 2012.

OWEN, R. **CIB White Paper on IDDS Integrated Design and Delivery Solutions**. Rotterdam: CIB, 2009.

RODAS, I. A. R. F. **Aplicação da metodologia BIM na gestão de edifícios**. Dissertação de mestrado. Portugal: Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, 2015.

SACKS, R, et al. **Introducing a new Methodology to Develop the Information Delivery Manual for AEC Projects**. In: 27th International Conference – Applications of IT in the AEC Industry & Accelerating BIM research Workshop, 2010, Cairo, Egypt. Proceeding. 2010.

SACKS, R.; BARAK, R.; BELACIANO, B.; GUREVICH, U.; PIKAS, E. **KanBIM workflow management system: prototype implementation and field testing**. Lean Construction Journal, p. 19-35. may. 2013.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: **A research and delivery foundation for industry stakeholders**, Automation in Construction. v. 18, n. 3 p. 357-375. 2009. Elsevier B.V.

UNDERWOOD, J; ISIKDAG, U. **Preface: being lost or becoming lost**. Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies. 2010.

VEGGIAN, V. A.; SILVA, T. F. **Planejamento e controle da produção**. Revista FAEF. 2015.

YIN, Robert K.. **Case study research: design and methods**. 3. Ed. California, USA: SAGE Publications, 2003.( Applied social research methods series). V. 5.